

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la tierra**

Diseño estructural de Reservorio para Campus Gustavo Galindo ESPOL

INGE-2313

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Nombre de la titulación:**

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Josselyn Milena Aray Silva

David Alejandro Prado Sanchez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## **Dedicatoria**

---

Este proyecto va dedicado a nuestros padres, profesores y amigos que demostraron su interés y apoyo incondicional durante el desarrollo de esta investigación y nuestra formación académica. Su ayuda fue fundamental para alcanzar esta meta y seguirá siendo indispensable para nuestro éxito como profesionales.

Josselyn Aray Silva y David Prado Sánchez

## Agradecimientos

---

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que formaron parte de este proceso ya sea de manera indirecta o directa, todos fueron un gran apoyo para poder culminar este proyecto. Gracias a mi familia por la paciencia y el apoyo incondicional. Gracias a la Espol por abrirme sus puertas y brindarme su enseñanza.

Josselyn Aray Silva

Agradezco a mis padres, hermanos y amigos por su constante amparo desde que empecé este camino universitario. Sus consejos me permitieron mantener la fortaleza mental para siempre salir adelante. Doy gracias también a la Espol por darme la oportunidad de representar su logo y sentirme orgulloso de los aprendizajes alcanzados.

David Prado Sánchez

## Declaración Expresa

---

Yo/Nosotros Josselyn Aray y David Prado acuerdo/acordamos y reconozco/reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

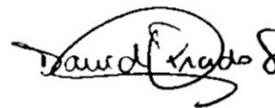
En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autores/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 22 de Enero del 2024.



---

Josselyn Milena Aray  
Silva



---

David Alejandro Prado  
Sanchez

## Evaluadores



Firmado electrónicamente por:  
LUIS DANILLO DAVILA  
GUAMAN

---

**Ing. Danilo Dávila**

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:  
WALTER FRANCISCO  
HURTARES ORRALA

---

**Ing. Walter Hurtares**

Tutor de proyecto

## Resumen

Este proyecto propone el diseño estructural sismorresistente de un reservorio destinado a abastecer el Campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. La investigación surge ante la urgencia de restablecer la red de distribución y mantener el actual reservorio, que en 2021 experimentó pérdidas significativas del 71%, según el estudio “*Análisis del Sistema Existente y Diseños de Optimización del Sistema Matriz de Agua Potable*”, realizado por López y Zambrano. Para este fin, se aplicaron las normativas ACI-318, ACI-350 y NEC. En colaboración con el cliente, se acordó conservar la forma original del tanque del campus. El dimensionamiento y refuerzo estructural se determinaron mediante softwares como SAP2000, SAFE y Excel, mientras que la elaboración de planos se desarrolló con Revit y AutoCAD. Para asegurar la rigidez, se evaluó el periodo fundamental, participación de masas, límite de derivas y desplazamientos laterales. Los resultados indicaron que más del 90% de las masas influyen en el análisis, con un periodo de 5.66 segundos, derivas inferiores al 0.01 en todos los niveles y un coeficiente de estabilidad  $\theta$  de 0.000232. El acero de refuerzo necesario para todos los elementos se detalló en los planos estructurales. Adicionalmente, se realizó un análisis de impacto ambiental que evidenció la necesidad de restaurar la vegetación retirada durante la construcción. Por último, se elaboró un presupuesto referencial que arrojó un valor de 453,390.49 dólares para su construcción. En general, este proyecto abarca desde la concepción estructural hasta consideraciones medioambientales y financieras, proporcionando una solución integral para esta problemática.

**Palabras Clave:** Diseño estructural sismorresistente, Pérdidas significativas, Rigidez, Impacto ambiental, Presupuesto referencial.

## **Abstract**

*This project proposes the seismic-resistant structural design of a reservoir intended to supply the Gustavo Galindo Campus of the Escuela Superior Politécnica del Litoral. The research arises in response to the urgency of restoring the distribution pipeline and maintaining the current reservoir, which experienced significant losses of 71% in 2021, according to the study "Analysis of the Existing System and Optimization Designs of the Drinking Water Matrix System," conducted by López and Zambrano. For this purpose, the ACI-318, ACI-350, and NEC regulations were applied. In collaboration with the client, it was agreed to preserve the original shape of the campus tank. Structural sizing and reinforcement were determined using software such as SAP2000, SAFE, and Excel, while the drafting of plans was carried out with Revit and AutoCAD. To ensure rigidity, the fundamental period, mass participation, drift limits, and lateral displacements were evaluated. The results indicated that more than 90% of the masses influence the analysis, with a period of 5.66 seconds, drifts below 0.01 at all levels, and a stability coefficient  $\theta$  of 0.000232. The reinforcement steel required for all elements was detailed in the structural plans. Additionally, an environmental impact analysis was conducted, highlighting the need to restore the vegetation removed during construction. Finally, a reference budget was prepared, yielding a value of \$453,390.49 for construction. Overall, this project covers everything from structural conception to environmental and financial considerations, providing a comprehensive solution to this issue.*

**Keywords:** *Seismic-resistant structural design, Significant losses, Rigidity, Environmental impact, Reference budget.*

## Índice general

Resumen .....	I
Abstract .....	II
Índice general .....	III
Abreviaturas .....	VI
Simbología .....	VII
Índice de figuras .....	VIII
Índice de tablas .....	XII
ÍNDICE DE PLANOS .....	XIV
Capítulo 1 .....	1
1    Introducción .....	2
1.1    Antecedentes.....	2
1.2    Descripción del Problema.....	3
1.3    Justificación del Problema.....	3
1.4    Objetivos.....	4
1.4.1    Objetivo general .....	4
1.4.2    Objetivos específicos.....	5
Capítulo 2 .....	6
2    Materiales y métodos .....	7
2.1    Revisión de literatura.....	7
2.1.1    Hormigón armado .....	7
2.1.2    Análisis Hidrostático .....	8
2.1.3    Definición de Cargas .....	9
2.1.4    Caracterización del suelo .....	10
2.1.5    Reservorio .....	12
2.2    Área de Estudio .....	12

2.3	Trabajo de campo y laboratorio.....	16
2.4	Análisis de Datos.....	17
2.5	Análisis de alternativas.....	20
Capítulo 3.....		29
3	Diseños y Especificaciones.....	30
3.1	Pre-Diseño del Reservorio de Agua.....	30
3.1.1	Dimensiones del Reservorio.....	30
3.1.2	Pre-dimensionamiento de elementos.....	31
3.1.3	Redimensionamiento de la estructura.....	34
3.1.4	Cargas.....	40
3.1.5	Parámetros necesarios para el diseño según la norma ACI 350-3.06.....	49
3.1.6	Análisis sísmico estático y dinámico.....	61
3.2	Diseño de elementos del tanque.....	77
3.2.1	Diseño de Muros.....	83
3.2.2	Diseño de Vigas.....	94
3.2.3	Diseño de Columnas.....	100
3.2.4	Diseño de cimentación.....	106
3.3	Especificaciones técnicas.....	124
Capítulo 4.....		128
4	Estudio del Impacto Ambiental.....	129
4.1	Descripción del proyecto.....	129
4.2	Línea Base Ambiental.....	130
4.3	Actividades del proyecto.....	132
4.4	Identificación de impactos ambientales.....	133
4.5	Valoración de impactos ambientales.....	136
4.6	Medidas de prevención/mitigación.....	140

Capítulo 5 .....	142
5 Presupuesto.....	143
5.1 Estructura Desglosada de Trabajo .....	143
5.2 Rubros y Análisis de Precios Unitarios .....	143
5.3 Descripción de Cantidades de Obra.....	145
5.4 Valoración integral del costo del proyecto .....	147
5.5 Cronograma de obra .....	148
Capítulo 6 .....	150
6 Conclusiones y recomendaciones.....	151
6.1 Conclusiones.....	151
6.2 Recomendaciones .....	154

## **Abreviaturas**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
NEC	Normativa Ecuatoriana de la Construcción
NACE	National Association of Corrosion Engineer
ASCE	American Society of Civil Engineers
RQD	Rock Quality Designation
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
CIS	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido
ACI	American Concrete Insitute

## Simbología

g	Gramos
kg	Kilogramos
mm	Milímetro
m	Metro
$m^2$	Metro Cuadrado
$m^3$	Metro Cúbico
N	Newton
kN	Kilo Newton
$cm^2$	Centímetro Cuadrado
cm	Centímetro
$mm^2$	Milímetro Cuadrado

## Índice de figuras

Figura 2.1 <i>Grafica de presión Hidrostática</i> .....	9
Figura 2.2 <i>Mapa Parroquial de Guayaquil</i> .....	13
Figura 2.3 <i>Mapa Satelital del área de estudio</i> .....	14
.....	17
Figura 2.4 <i>Localización de puntos de extracción de rocas</i> .....	17
.....	17
Figura 2.5 <i>Topografía del área de construcción y del tanque</i> .....	17
Figura 2.6 <i>Clasificación de la roca según su resistencia</i> .....	20
Figura 2.7 <i>Depósito cilíndrico vertical, fondo plano y techo cilíndrico</i> .....	21
Figura 2.8 <i>Deposito cilíndrico horizontal</i> .....	21
Figura 2.9 <i>Deposito cilíndrico vertical, fondo y techo esféricos</i> .....	22
Figura 2.10 <i>Reservorio de agua metálico</i> .....	23
Figura 2.11 <i>Tanque elevado de agua de estructura mixta</i> .....	24
Figura 2.12 <i>Reservorio de agua de hormigón armado</i> .....	25
Figura 3.1 <i>Dimensiones del Tanque en Revit</i> .....	31
Figura 3.2 <i>Vista Corte del tanque y etiquetado</i> .....	32
Figura 3.3 <i>Factores de masa impulsiva y convectiva vs. Relación L/HI</i> .....	33
Figura 3.4 <i>Dimensiones del Casquete esférico</i> .....	34
Figura 3.5 <i>Dimensiones del cono truncado 3</i> .....	35
Figura 3.6 <i>Dimensiones del cono truncado 2</i> .....	35
Figura 3.7 <i>Dimensiones del casquete esférico LOSA</i> .....	36
Figura 3.8 <i>Dimensiones del cono truncado 1</i> .....	37
Figura 3.9 <i>Dimensiones del cilindro</i> .....	37
Figura 3.10 <i>Dimensiones de vigas en nivel 3</i> .....	38
Figura 3.11 <i>Dimensiones de vigas nivel 2</i> .....	39
Figura 3.12 <i>Dimensiones de columnas</i> .....	39
Figura 3.13 <i>Elevaciones y altura total del tanque</i> .....	40
Figura 3.14 <i>Modelado en SAP2000 del tanque</i> .....	41
Figura 3.15 <i>Presión hidrostática en el tanque</i> .....	43
Figura 3.16 <i>Zonas sísmicas y valor del factor de zona Z</i> .....	44

Figura 3.17	<i>Valores de Z en función de las zonas sísmicas</i>	45
Figura 3.18	<i>Clasificación de los perfiles de suelo A, B y C</i>	45
Figura 3.19	<i>Tipos de suelo y factores de sitio Fa</i>	46
Figura 3.20	<i>Tipos de suelo y factores de sitio Fd</i>	46
Figura 3.21	<i>Tipos de suelo y factores de sitio Fs</i>	47
Figura 3.22	<i>Espectro elástico Sa vs Periodo</i>	47
Figura 3.23	<i>Espectro elástico del proyecto</i>	49
Figura 3.24	<i>Factor de Importancia I</i>	52
Figura 3.25	<i>Factor de modificación de respuesta R</i>	52
Figura 3.26	<i>Grafica para obtener coeficiente Cw</i>	54
Figura 3.27	<i>Grafica de coeficiente <math>2\pi/\lambda</math> vs D/HL para periodo convectivo</i>	55
Figura 3.28	<i>Grafica de espectro sísmico de zona en USA</i>	57
Figura 3.29	<i>Características definidas en el software SAP2000</i>	62
Figura 3.30	<i>Definición de Shell-Thin para las cascaras</i>	63
Figura 3.31	<i>Modelado Tanque con elementos tipo Shell y Frame</i>	64
Figura 3.32	<i>Sistema de coordenadas para cargas sísmicas</i>	66
Figura 3.33	<i>Carga sísmica reactiva en la altura impulsiva</i>	67
Figura 3.34	<i>Espectro de Respuesta sísmica impulsiva</i>	68
Figura 3.35	<i>Parámetros del caso de carga sismo dinámico</i>	69
Figura 3.36	<i>Presión hidrostática del agua</i>	70
Figura 3.37	<i>Masa impulsiva</i>	71
Figura 3.38	<i>Rigidez del resorte de masa convectiva</i>	72
Figura 3.39	<i>Masa convectiva y resortes de modificación sísmica</i>	73
Figura 3.40	<i>Combinaciones de carga para el proyecto</i>	74
Figura 3.41	<i>Combinaciones de carga en SAP2000</i>	75
Figura 3.42	<i>Combinación con factor sísmico negativo</i>	75
Figura 3.43	<i>Fuente de masa en SAP2000</i>	76
Figura 3.44	<i>Resultados de la participación modal de masas</i>	77
Figura 3.45	<i>Resultados de la participación modal torsional del tanque</i>	78
Figura 3.46	<i>Modelo de masas equivalentes</i>	79
Figura 3.47	<i>Límites de deformación unitaria</i>	81
Figura 3.48	<i>Convención de ejes locales</i>	84
Figura 3.49	<i>Esfuerzos del reservorio en la dirección local 1</i>	85

Figura 3.50	<i>Esfuerzos del reservorio en la dirección local 2</i>	86
Figura 3.51	<i>Esfuerzos por carga sísmica en la dirección local 1</i>	87
Figura 3.52	<i>Esfuerzos por carga sísmica en la dirección local 2</i>	88
Figura 3.53	<i>Cantidad de acero requerido por metro lineal</i>	89
Figura 3.54	<i>Cuantías mínimas de refuerzo corrugado</i>	90
Figura 3.55	<i>Factores de reducción de resistencia</i>	95
Figura 3.56	<i>Momento ultimo de viga intermedia</i>	98
Figura 3.57	<i>Combinaciones de diseño para columnas</i>	101
Figura 3.58	<i>Características y parámetros de diseño</i>	101
Figura 3.59	<i>Cuantía requerida mediante SAP2000</i>	102
Figura 3.60	<i>Diagrama de interacción de columna</i>	103
Figura 3.61	<i>Resultados de refuerzo a cortante</i>	104
Figura 3.62	<i>Distribución de estribos en columnas</i>	105
Figura 3.63	<i>Peso total de la estructura en análisis dinámico</i>	107
Figura 3.64	<i>Momento de volteo del tanque por combinación S1.4</i>	107
Figura 3.65	<i>Patrones de carga de la cimentación</i>	109
Figura 3.66	<i>Asignación de cargas puntuales</i>	110
Figura 3.67	<i>Trazado de franjas de diseño</i>	111
Figura 3.68	<i>Asignación del coeficiente de Balasto</i>	111
Figura 3.69	<i>Presión del suelo producida por las cargas</i>	112
Figura 3.70	<i>Diagrama de momento de las franjas de diseño</i>	113
Figura 3.71	<i>Características de diseño del refuerzo</i>	114
Figura 3.72	<i>Resultados de refuerzo con espaciamiento de 200 mm</i>	115
Figura 3.73	<i>Resultados de refuerzo con espaciamiento de 150 mm</i>	115
Figura 3.74	<i>Revisión de falla por punzonamiento</i>	116
Figura 3.75	<i>Longitud de desarrollo para alambres y barras corrugadas en tracción</i>	117
Figura 3.76	<i>Factores de modificación para longitud de desarrollo de barras y alambre en tracción</i>	118
Figura 3.77	<i>Normativa ACI318 longitud de desarrollo para barras corrugadas que terminan en gancho estándar</i>	121
Figura 3.78	<i>Factores de modificación para la longitud de desarrollo de alambres corrugados en tracción que terminan en gancho</i>	121
Figura 3.79	<i>Geometría del gancho para alambres galvanizados en tracción</i>	123

Figura 4.1 <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible</i> .....	130
Figura 4.2 <i>Escala de Valoración Cualitativa</i> .....	137
Figura 4.3 <i>Escala de Valoración del Impacto Ambiental</i> .....	139
Figura 5.1 <i>Diagrama de Trabajo</i> .....	143
Figura 5.2 <i>Análisis de Precios Unitarios</i> .....	144
Figura 5.3 <i>Volumen de Hormigón en Vigas de Nivel 2</i> .....	145
Figura 5.4 <i>Valoración Integral del Costo del Proyecto</i> .....	147
Figura 5.5 <i>Cronograma de Obra</i> .....	149

## Índice de tablas

Tabla 2.1 <i>Clasificación de la Roca</i> .....	11
Tabla 2.2 <i>Puntos límites de la zona</i> .....	14
Tabla 2.3 <i>Localización de puntos de muestra</i> .....	16
Tabla 2.4 <i>Resultados del ensayo</i> .....	18
Tabla 2.5 <i>Relación L/D y Área de las probetas</i> .....	18
Tabla 2.6 <i>R0, R1, Resistencia corregida y Compresión resultante</i> .....	19
Tabla 2.7 <i>Escala de valoración</i> .....	26
Tabla 2.8 <i>Ponderación de criterios</i> .....	27
Tabla 2.9 <i>Análisis de alternativas</i> .....	27
Tabla 3.1 <i>Dimensiones del Tanque</i> .....	30
Tabla 3.2 <i>Dimensiones de Vigas y Columnas</i> .....	31
Tabla 3.3 <i>Peso Propio de las secciones del tanque</i> .....	41
Tabla 3.4 <i>Peso Propio de las vigas y columnas del tanque</i> .....	42
Tabla 3.5 <i>Datos conocidos del tanque</i> .....	50
Tabla 3.6 <i>Datos conocidos del tanque para periodo impulsivo</i> .....	54
Tabla 3.7 <i>Pesos de las secciones del tanque</i> .....	59
Tabla 3.8 <i>Especificaciones de los materiales</i> .....	62
Tabla 3.9 <i>Distribución de cargas laterales</i> .....	65
Tabla 3.10 <i>Resultados de derivas</i> .....	82
Tabla 3.11 <i>Resultados de acero requerido según SAP2000</i> .....	90
Tabla 3.12 <i>Diámetro y área de varillas para área requerida</i> .....	92
Tabla 3.13 <i>Detalle de refuerzo para cada sección</i> .....	94
Tabla 3.14 <i>Dimensiones de vigas intermedias del tanque</i> .....	96
Tabla 3.15 <i>Resumen de acero para vigas</i> .....	100
Tabla 3.16 <i>Datos para diseño de cimentación</i> .....	107
Tabla 3.17 <i>Cargas por punto asignadas en la losa de cimentación</i> .....	110
Tabla 3.18 <i>Datos para cálculo de longitud de desarrollo de la cúpula</i> .....	119
Tabla 3.19 <i>Traslape horizontal y vertical de barras y alambres corrugados en tracción</i> .....	120
Tabla 3.20 <i>Datos para obtener longitud de empalme de vigas intermedias</i> .....	122
Tabla 3.21 <i>Resultados de longitud de desarrollo en vigas y columnas</i> .....	122
Tabla 3.22 <i>Resultados de geometría de gancho de alambres en tracción</i> .....	124

Tabla 4.1 <i>Árbol de Factores para el Diseño de un Reservorio de Agua</i> .....	131
Tabla 4.2 <i>Lista de Revisión del Reservorio de Agua</i> .....	134
Tabla 4.3 <i>Valoración Cualitativa de los Impactos Ambientales</i> .....	138
Tabla 4.4 <i>Medidas de Mitigación</i> .....	141

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Dimensiones generales del tanque (Hormigón Armado)

PLANO 2 Detalle de refuerzo estructural 1

PLANO 3 Detalle de refuerzo estructural 2

PLANO 4 Detalle de refuerzo estructural 3

## **Capítulo 1**

## **1 Introducción**

### **1.1 Antecedentes**

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol) fue inaugurada en 1959, ubicada en la calle Chile con solo 51 estudiantes; sin embargo, con los años se vio la necesidad de implementar un campus que permita albergar a una mayor cantidad de estudiantes y docentes, así como departamentos de investigación, nuevas facultades y carreras que faciliten el aprendizaje y desempeño de los estudiantes.

Por lo tanto, debido al constante crecimiento del alumnado hubo la necesidad de implementar varios sistemas tales como, la red de agua potable, alcantarillado, lluvias, vías, etc. Dando así paso a la inauguración del Campus Gustavo Galindo en 1991 como principal sede para el desarrollo académico de los alumnos de pregrado.

En el año 2022, Espol contó con 9464 estudiantes de pregrado, 1005 de postgrado y 976 docentes de la universidad. Donde, el mayor porcentaje del alumnado se encuentra en el 21% que corresponde a la Fcsh (Facultad de Ciencias Sociales y humanidades) y quien le sigue es el 20% a Fimcp (Facultad de ingeniería en Mecánica y ciencias de la producción) y Fiec (Facultad de ingeniería en electricidad y computación). (Espol - Gerencia de planificación estratégica, 2022)

El Campus cuenta con un reservorio elevado como principal fuente de almacenamiento para la distribución de agua potable, ubicado en el punto más alto de la zona según las curvas de nivel del terreno. Este tanque, también denominado como “El cohete” cuenta con aproximadamente 1000 m<sup>3</sup> de volumen con una altura aproximada de 27 metros desde el nivel del suelo. (López y Zambrano, 2021)

Este reservorio fue construido en los inicios del Campus y hoy en día lleva cerca de 30 años de funcionamiento, abasteciendo a toda la población de la Espol con excepción del edificio de Admisiones.

## **1.2 Descripción del Problema**

El abastecimiento de agua potable del Campus Gustavo Galindo se ha visto limitado en los últimos años por pérdidas en la línea de distribución, uso del agua potable para el riego de extensas áreas verdes, crecimiento de la población, entre otros factores, provocando quejas de un grupo de consumidores que exigen la optimización o mejora del sistema de distribución actual de este recurso.

De acuerdo con López y Zambrano (2021), los porcentajes de pérdida de agua potable a partir del año 2017 han sido excesivos, alcanzando hasta un 71%, lo que puede ocurrir en sistemas de abastecimiento de ciudades, pero no en poblaciones pequeñas como lo es la del Campus politécnico. Esto se debe en parte a la condición actual de la red de distribución, es decir, que las tuberías y accesorios requieren mantenimiento inmediato o en su defecto, su reposición; no obstante, la ejecución de este proceso no es óptima por el difícil acceso que se tiene hacia la red, puesto que una parte de esta atraviesa el lago y se debería suspender el flujo del agua para tratar dicho tramo, dejando sin agua potable a los estudiantes, profesores y demás profesionales que conviven en el Campus. Por lo tanto, es necesaria la construcción de un nuevo reservorio que permita duplicar el almacenamiento del agua en conjunto con una red alternativa que facilite el mantenimiento y reparación de las tuberías, sin la necesidad de cortar la distribución del agua.

Por otro lado, el sistema existente lleva más de 30 años en uso, es decir que las tuberías de PVC deben estar próximas a culminar su vida útil, pues estas garantizan un periodo de uso de 50 años, pero debido a la falta de mantenimiento, este puede reducirse significativamente.

## **1.3 Justificación del Problema**

Es importante abastecer a la comunidad politécnica de agua potable, dado que esta es indispensable para el buen desarrollo de las personas, pues la mayoría de los estudiantes y docentes pasan la mayor parte del día en estas instalaciones y deben consumir agua para mantenerse

hidratados y con la capacidad de desempeñar sus funciones. Además, dentro del Campus se destaca la presencia de canchas deportivas y gimnasios que ayudan a sus usuarios a desestresarse, mantener una buena condición física y sobresalir como deportistas, pero es preciso que consuman agua para que su cuerpo se mantenga a una temperatura adecuada y no se vean expuestos a problemas por deshidratación.

Por otro lado, la presencia de áreas verdes es notoria dentro de todas las instalaciones debido a la ubicación geográfica del Campus, siendo necesarias para la producción de oxígeno, regulación de la humedad, estabilidad del clima y demás funciones que ayudan a las personas y animales a sentirse cómodos y saludables. Sin embargo, para su preservación se deben regar constantemente en temporadas donde la cantidad de agua proveniente de lluvias y filtraciones subterráneas no es suficiente para su supervivencia.

Actualmente el Campus dispone de la suficiente agua para satisfacer estas necesidades a pesar de las existentes pérdidas mencionadas anteriormente, empero, se debe construir un nuevo reservorio de agua potable que le permita a la población futura de estudiantes y trabajadores abastecerse de este recurso sin comprometer la vida animal y vegetal, sino más bien permitiendo que todas se desarrollen como un ecosistema equilibrado. De igual forma, este reservorio permitiría que se realicen mantenimientos con mayor constancia y que ambas fuentes de agua funcionen de forma óptima para garantizar un acceso sostenible al agua potable, minimizando las pérdidas y beneficiando al desarrollo económico de la institución.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar un reservorio de agua potable mediante el análisis geotécnico y estructural, para el debido abastecimiento de la comunidad politécnica en el Campus Gustavo Galindo.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el diseño estructural sismorresistente del tanque de almacenamiento de Espol a nivel de prefactibilidad.
- Elaborar los planos estructurales del tanque de almacenamiento utilizando softwares de dibujo como Revit y AutoCAD.
- Desarrollar un análisis de impacto ambiental de la construcción de un nuevo reservorio en Espol que permita elaborar un proyecto sostenible.
- Elaborar un presupuesto referencial del proyecto a partir del diseño y Análisis de Precios Unitarios.

## **Capítulo 2**

## **2 Materiales y métodos**

### **2.1 Revisión de literatura**

#### **2.1.1 Hormigón armado**

Las estructuras de hormigón armado están compuestas por concreto y acero de refuerzo, el primero es una mezcla entre piedra, arena, cemento y agua en dosificaciones específicas según la resistencia a la compresión que se necesite; mientras que la armadura de acero está conformada por varillas corrugadas que se colocan de forma longitudinal y transversal al elemento estructural para proporcionarle resistencia a los esfuerzos cortantes y por flexión (Campoverde, 2012).

Con el paso del tiempo este material se ha ido modificando según las necesidades constructivas y los avances ingenieriles, de manera que tanto las proporciones del hormigón como la colocación de las varillas en los elementos han ido cambiando para garantizar seguridad y sostenibilidad.

A pesar de que existen diferentes materiales de construcción, en Ecuador siguen predominando las edificaciones de hormigón armado debido a la disponibilidad de recursos, experiencia constructiva y avances en las normativas con respecto a los esfuerzos causados por cargas laterales que son de vital importancia en nuestra región.

En obras hidráulicas, el aprovechamiento del agua es fundamental para un desarrollo sostenible, por lo que la permeabilidad del hormigón se debe tener en cuenta durante el diseño de estas estructuras mediante el uso de aditivos o proponiendo una dosificación que permita obtener un elemento con baja permeabilidad. El concreto diseñado con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> es el más apto para construcciones hidráulicas, ya que se verá menos afectado por la infiltración de agua (Huaricallo Vilca et al., 2023).

### 2.1.2 Análisis Hidrostático

La hidrostática es una rama de la hidráulica que estudia el comportamiento estático de los fluidos y su interacción con los límites sólidos, la cual está dada en términos de fuerza y esfuerzo (Izquierdo, 2020).

Un fluido en reposo que se encuentra en contacto con la superficie de un sólido ejerce una fuerza perpendicular sobre todos los puntos de dicha superficie, así como sobre cualquier objeto sólido que se halle sumergido en el fluido (Alberto et al., 2013). Si se relaciona esta fuerza con el área de la sección perpendicular de donde se aplica, se puede obtener una nueva magnitud denominada presión, la cual puede ser medida de diferentes maneras según el comportamiento del fluido.

En el análisis de tanques de almacenamiento, el líquido se encuentra en reposo, por lo que la presión actuante se nombra presión hidrostática, la cual se refiere a la presión que ejerce el peso gravitatorio de una porción de líquido sobre un cuerpo o superficie (Martín y Salcedo, 2011).

El teorema fundamental de la hidrostática estipula que, en los líquidos la presión aumenta con la profundidad, dando paso a la siguiente ecuación que permite determinar la presión aplicada en un punto:

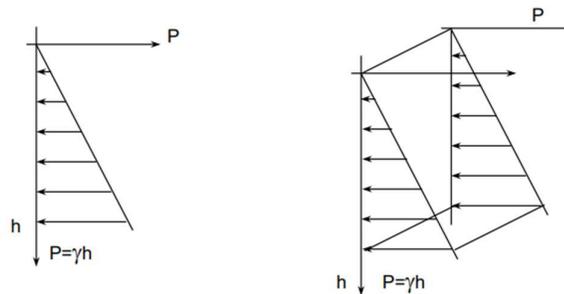
$$P = \gamma h \quad (2.1)$$

Donde:

$\gamma$ : Peso específico del líquido

$h$ : Profundidad medida desde la superficie libre del líquido

Este teorema puede ser representado gráficamente mediante un triángulo o cuña de presiones que demuestra la variación de la carga de presión a medida que aumenta la profundidad, el cual es de mucha utilidad en el diseño de estructuras hidráulicas como diques.

**Figura 2.1***Grafica de presión Hidrostática*

*Nota.* La figura muestra el comportamiento de la presión del agua en las paredes del tanque. Elaborado por Izquierdo (2020)

### 2.1.3 Definición de Cargas

Las cargas que se consideran para el cálculo y diseño de cualquier tipo de estructuras se clasifican en cargas permanentes, cargas variables y cargas accidentales (NEC-SE-DS, 2015).

Las cargas permanentes están compuestas por todos los pesos de los elementos estructurales y cualquier artefacto integrado permanentemente en la estructura (NEC-SE-CG, 2015). En los tanques de almacenamiento no es común la colocación de instalaciones que produzcan una carga significativa sobre ellos, por lo que la consideración del peso de los elementos estructurales supone una carga suficiente para su diseño.

Por otro lado, las cargas variables dependen del uso u ocupación para la que esté destinada la estructura, las cuales están conformadas por el peso de muebles, equipos, personas y demás cargas que no necesariamente permanecen de forma fija (NEC-SE-CG, 2015). Sin embargo, para el diseño de reservorios, la consideración de mobiliarios o personas es impertinente, puesto que no forman parte de la funcionalidad de la estructura, por ende, la

principal carga a tener en cuenta como variable es el peso del agua, dado que esta va a cambiar constantemente según el consumo que se realice en las instalaciones. Asimismo, la contemplación de la influencia del viento dentro de este análisis de cargas variables toma relevancia dependiendo de la altura de la estructura, pues mientras mayor sea su altura, mayor incidencia tendrán estas cargas sobre su estabilidad.

Por último, las cargas accidentales son aquellas provocadas por acciones sísmicas que dependerán principalmente del tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y del factor de zona sísmica  $Z$  (NEC-SE-DS, 2015).

El análisis sismorresistente a su vez está ligado a la clasificación que tenga la estructura según su tipo de uso e importancia; los tanques de agua se consideran según la Normativa Ecuatoriana como edificaciones esenciales, por lo que deben ser diseñados con limitaciones más estrictas y probabilidades de falla mucho menores

#### **2.1.4 Caracterización del suelo**

El tipo de suelo permite definir la cimentación requerida para la estabilidad de la estructura y el comportamiento sísmico de la misma.

Los parámetros utilizados en la clasificación corresponden a los 30 metros superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E (NEC-SE-DS, 2015, p.29). Estos son catalogados según la velocidad de onda cortante promedio del suelo, la cual se puede determinar a partir de pruebas geofísicas de campo como las de downhole y crosshole, así como mediante la medición de la velocidad de propagación de ondas de superficie tipo Rayleigh, que representa una aproximación del 93% de la velocidad de onda de corte (Lazcano, 2012).

Adicionalmente, existen otros parámetros que proporcionan información fundamental para la caracterización del suelo, tal como su resistencia. Esta depende de su capacidad para

soportar una carga excesiva sin presentar deformación o falla. Esta propiedad es inherente al propio material y debe determinarse mediante la experimentación, donde destaca el ensayo de tensión o compresión (Hibbeler, 2011).

Los ingenieros clasifican los materiales de la tierra en dos categorías principales: roca y suelo. A pesar de que ambos materiales juegan un rol importante en la cimentación, la mayoría de las estructuras son cimentadas en suelos arcillosos, arenosos o limosos. No obstante, la cimentación en roca permite diseños más conservadores debido a su dureza, por lo que es esencial estar familiarizados con la mecánica de rocas (Coduto et al., 2016). Las rocas se pueden clasificar según su Resistencia a la Compresión Simple, la cual representa el esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar una muestra antes de fracturarse (Calle y Verdezoto, 2021). La ISRM (International Society for Rock Mechanics) presenta la siguiente tabla de clasificación según la resistencia:

**Tabla 2.1**

*Clasificación de la Roca*

<b>Descripción</b>	<b>Resistencia a la Compresión Simple (MPa)</b>
<b>Extremadamente blanda</b>	< 1
<b>Muy blanda</b>	1 a 5
<b>Blanda</b>	5 a 25
<b>Moderadamente Dura</b>	25 a 50
<b>Dura</b>	50 a 100
<b>Muy dura</b>	100 a 250
<b>Extremadamente dura</b>	> 250

*Nota.* Datos tomados de la ISRM (International Society for Rock Mechanics) (1981)

### **2.1.5 Reservorio**

La principal función de los reservorios es la de suministrar agua almacenada para el abastecimiento correcto de los usuarios, a través de las redes de distribución, cumpliendo con las presiones para brindar un servicio adecuado y asegurando las variaciones de demanda. Estos deben contar con un volumen para casos de emergencia, ya sea contra incendios, suspensión temporal para mantenimiento o paralización parcial de la planta de tratamiento. (Jara Remigio, 2016)

El volumen de agua necesario para el abastecimiento de los usuarios depende principalmente del número de personas que demandan este recurso, el clima de la región y las variaciones horarias de consumo; este volumen puede ser determinado a partir del caudal de diseño. En este caso, la red de distribución debe ser diseñada considerando el caudal máximo horario (CPE INEN 5, 1992).

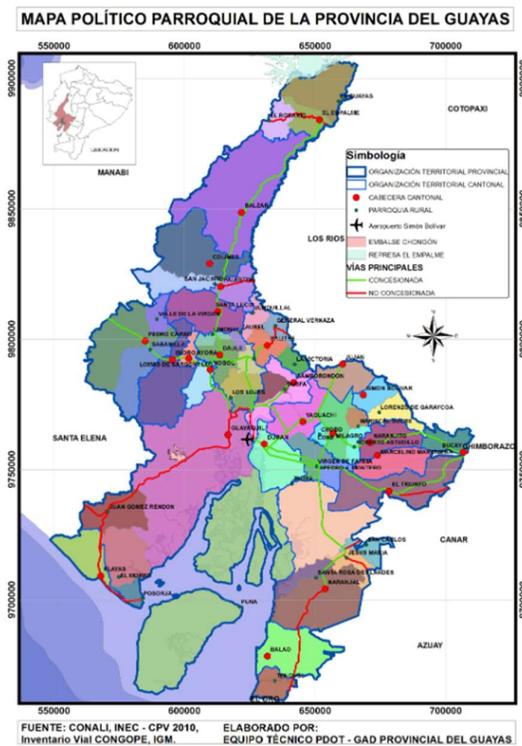
La vida útil sugerida para los tanques de almacenamiento es de 30 a 40 años y durante su diseño se deben evaluar los costos de construcción, gastos anuales de operación, costos por metro cúbico por día de agua tratada, plazos y etapas de construcción (CPE INEN 5, 1992).

## **2.2 Área de Estudio**

Guayaquil se caracteriza por ser el puerto principal que cuenta con más de 2,746,043 habitantes, según las estadísticas del censo del 2022. (Primicia, 2023).

Además, al oeste del río Guayas se ubica su principal población. Se encuentra limitado al norte por los cantones Lomas de Sargentillo, Nobol, Daule y Samborondón, al sur por el Golfo de Guayaquil y la provincia de El Oro y del Azuay; al oeste por la provincia de Santa Elena y el cantón Playas, y al este por los cantones Durán, Naranjal y Balao. (Guayaquil - Prefectura del Guayas, s.f.)

Figura 2.2

*Mapa Parroquial de Guayaquil*

*Nota.* La Figura muestra el mapa político parroquial de la provincia del Guayas.

Elaborado por la Prefectura del Guayas

El área de estudio se encuentra ubicada al oeste de Guayaquil dentro del Campus Gustavo Galindo en la Espol, que actualmente cuenta con 8 facultades en seis áreas de conocimientos, tales como: Ciencias e Ingenierías, Economía y Administración, Arte y Diseño, Servicios, Humanidades y Salud. (ESPOL, s.f.).

Se estima que aproximadamente el Campus Gustavo Galindo cuenta con 696 hectáreas de terreno excluyendo la parte cercana a la vía Perimetral, entrada principal Nueva Prosperina y el proyecto habitacional Socio Vivienda. (Ching-Ávalos et al., 2020).

Siendo más específicos la zona de estudio se encuentra en la parte más alta del campus en el Reservorio de agua del mismo, delimitada por los siguientes puntos:

### Figura 2.3

*Mapa Satelital del área de estudio*



*Nota.* La Figura muestra los puntos donde encierra al área de estudio. Extraído de Google Earth.

### Tabla 2.2

*Puntos límites de la zona*

PUNTO	Latitud	Longitud
1	2° 8'50.84"S	79°57'27.83"W
2	2° 8'50.84"S	79°57'26.47"W
3	2° 8'52.27"S	79°57'26.47"W
4	2° 8'52.27"S	79°57'27.70"W

## **Geología**

Guayaquil, al encontrarse ubicada en la región costera al oeste de la Cordillera de los Andes, según los expertos se ratifica que la composición del suelo contiene una base de roca basáltica, donde se observan formaciones geológicas marinas. La presencia de esta roca es debido a un pilar tectónico que formó a la cordillera Chongón- Colonche llegando a la superficie este tipo de roca.

Por otro lado, el Campus Gustavo Galindo posee tres relieves diferentes los cuales son:

- La primera zona que se encuentra en la Perimetral, donde abarca aproximadamente 200 ha de terreno, esta se caracteriza por tener colinas que no superan 800 msnm, con perfiles suavizados con muy poca pendiente.
- El segundo es dentro del campus en la parte central, aquí ya se observan colinas de gran pendiente que llegan hasta 180 msnm como también de poca pendiente. Además, en las colinas largas se puede observar los estratos rocosos.
- El tercero se encuentra ubicado al oeste del campus, donde se pueden observar pendientes pronunciadas a muy pronunciadas alcanzando los 450 msnm. (Vicente y Redrován, 2007)

## **Meteorología**

Guayaquil en el transcurso del año, según Weather Spark (s.f.), obtiene temperaturas que varían entre los 21 y 31 grados Celsius y rara vez baja a los 19 grados y sube a los 33 grados. Esta cuenta con dos temporadas, una calurosa y una fresca, la calurosa dura 2,1 meses desde marzo hasta mayo, aquí la temperatura mínima es de 24 grados Celsius obteniendo un

clima cálido, en cambio, la temporada fresca dura 2,2 meses desde junio hasta agosto, teniendo una mínima temperatura de 21 grados Celsius, siendo la temporada más “fría” de Guayaquil.

Por otro lado, la misma fuente indica que Guayaquil es una ciudad con altas precipitaciones y esta va variando en el año. Se obtiene la temporada mojada desde los meses de enero hasta abril, con un 32 % de probabilidad de que suceda, por el contrario, la temporada seca va desde los meses de abril hasta mayo.

### 2.3 Trabajo de campo y laboratorio

El trabajo de campo realizado fue la extracción de muestras de rocas enterradas en diferentes sectores de la zona para obtener diferentes tipos de roca, las cuales, se encontraban dentro de la zona de estudio. Se extrajeron 7 diferentes tipos de muestras perforadas con la máquina dentro del laboratorio, para realizarles los ensayos de resistencia a la compresión simple y peso específico de la roca. La localización de las rocas encontradas para las muestras se evidencia a continuación:

**Tabla 2.3**

*Localización de puntos de muestra*

<b>Número de muestras perforadas</b>	<b>Punto</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>2</b>	A	2° 8'51.67"S	79°57'27.20"W
<b>2</b>	B	2° 8'51.59"S	79°57'28.03"W
<b>3</b>	C	2° 8'51.35"S	79°57'26.96"W

## Figura 2.4

*Localización de puntos de extracción de rocas*



*Nota.* La Figura muestra los puntos donde se extrajeron las muestras de la roca. Extraído de Google Earth.

Además, se realizó la topografía del tanque y del área de construcción con ayuda del equipo de estación total y cinta métrica.

## Figura 2.5

*Topografía del área de construcción y del tanque*



## 2.4 Análisis de Datos

Los datos que se obtuvieron por el ensayo de la resistencia a la compresión simple de las 7 muestras que se obtuvieron por la perforación de las diferentes rocas en el laboratorio de

suelos de la Espol, fueron las del diámetro de la probeta, altura de la probeta y la fuerza máxima que aguantó cada probeta, al ser aplastada por la máquina en el laboratorio. Los resultados del ensayo de resistencia a compresión simple son los siguientes:

**Tabla 2.4**

*Resultados del ensayo*

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
<b>Diámetro [mm]</b>	55.00	55.25	55.13	55.38	55.00	55.00	55.60
<b>Altura [mm]</b>	115.45	109.50	111.50	100.70	89.75	97.88	89.25
<b>Fuerza máxima [N]</b>	97158	100576	100271	98652	99763	68518	98486

Con estos datos sacamos la relación altura/diámetro y el área de cada probeta para obtener la resistencia a compresión simple.

**Tabla 2.5**

*Relación L/D y Área de las probetas*

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
<b>Relación L/D</b>	2.10	1.98	2.02	1.82	1.63	1.78	1.61
<b>Área [mm<sup>2</sup>]</b>	2375.83	2397.48	2387.07	2408.77	2375.83	2375.83	2427.95

Se obtuvo la resistencia a la compresión simple de acuerdo con la fórmula de Obert, Windes y Duvall (1946), donde, nos especifica que el diámetro de las probetas debe ser mayor a 50 mm y su esbeltez  $(L/D) < 2.5$ . Esta fórmula relaciona la resistencia de la probeta con la esbeltez de esta.

$$R_0 = R_1 \left( 0,778 + 0,222 \frac{D}{L} \right) \quad (2.2)$$

Donde:

R0: resistencia de una probeta de longitud diferente del diámetro

$R_1$ : resistencia de una probeta de longitud igual al diámetro ( $D/L=1$ )

D: diámetro de la probeta

L: longitud de la probeta

$R_0$  se lo obtuvo con la fórmula de la compresión que es igual a la fuerza sobre el área ( $F/A$ ), a  $R_1$  con la fórmula 2.2 pero con los datos de diámetro y longitud de la Tabla 2.4, en cambio, la resistencia corregida se la obtuvo con la fórmula 2.2, pero con una relación de  $D/L = 1/2.5$ . Por último, la compresión resultante se obtuvo del promedio de los resultados de la resistencia corregida.

**Tabla 2.6**

*$R_0$ ,  $R_1$ , Resistencia corregida y Compresión resultante*

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
<b><math>R_0</math> [F/A] MPa</b>	40.89	41.95	42.01	40.96	41.99	28.84	40.56
<b><math>R_1</math> [L/D real]</b>	46.27	47.14	47.32	45.50	45.94	31.95	44.27
<b>Resistencia corregida [Mpa]</b>	40	41	41	39	40	28	38
<b>Compresión Resultante MPa</b>							38

De acuerdo con ISRM (1981), podemos concluir que nos encontramos dentro del rango de una Roca moderadamente dura, que obtiene una resistencia a la compresión dentro de los rangos de 25 – 50 (MPa)

## Figura 2.6

*Clasificación de la roca según su resistencia*

Clase	Descripción (ISRM)	Resistencia a la compresión simple (MPa)
R <sub>0</sub>	Extremadamente blanda	< 1
R <sub>1</sub>	Muy blanda	1 – 5
R <sub>2</sub>	Blanda	5 – 25
R <sub>3</sub>	Moderadamente dura	25 – 50
R <sub>4</sub>	Dura	50 – 100
R <sub>5</sub>	Muy dura	100 – 250
R <sub>6</sub>	Extremadamente dura	> 250

*Nota.* Datos tomados de La ISRM (International Society for Rock Mechanics) (1981)

## 2.5 Análisis de alternativas

Previo al desarrollo completo de este proyecto, se evalúan diferentes alternativas de diseño referentes al presupuesto, facilidad de construcción, estética y funcionalidad de la obra, de forma que se elija la opción que abarque todos los requerimientos del cliente y funcione óptimamente durante todo su periodo de diseño.

Existen distintos ejemplos que sirven como referencia para la selección de la forma y materiales de este reservorio. Entre las características a tener en cuenta para definir el tipo de tanque que se va a utilizar, se considera la ubicación del tanque, el tipo de alimentación y capacidad de almacenamiento (Ávila & Pavlova, n.d.).

El tipo de fluido que se va a almacenar es fundamental para establecer la forma del tanque, pues este no solo debe cumplir la función de almacenaje, sino también, garantizar la seguridad estructural, mantener la temperatura y presión requerida y brindar seguridad ante riesgos de fuga o contaminación ambiental (Gonzales & Perera, 2018).

Algunos ejemplos de reservorios según su forma son presentados en las siguientes imágenes:

**Figura 2.7**

*Depósito cilíndrico vertical, fondo plano y techo cilíndrico*



*Nota.* Imagen disponible en el artículo de Hernández Barrios (2019)

**Figura 2.8**

*Deposito cilíndrico horizontal*



*Nota.* La figura se encuentra disponible en el artículo de Hernández Barrios (2019)

**Figura 2.9**

*Deposito cilíndrico vertical, fondo y techo esféricos*



*Nota.* La Figura muestra un tanque elevado de agua con forma de techo y fondo esférico. Autoría de J. Peñafiel (2005).

Por otro lado, el cliente ha mostrado preferencia hacia el sistema existente debido a su eficiencia y duración, por lo que una de las alternativas será un diseño que conserve las mismas características del reservorio actual.

**Alternativa 1: Estructura metálica**

Como se aprecia en las Figuras 2.5, 2.6 y 2.7, los reservorios metálicos son muy utilizados para el almacenamiento de gases o líquidos debido a su alta resistencia, facilidad de montaje, alta durabilidad y bajo costo de mantenimiento; además, se puede decir que son amigables con el medio ambiente, ya que pueden ser reciclados y reutilizados gracias a su larga vida útil.

Sin embargo, la fabricación de estos tanques de almacenamiento tarda un periodo considerable de tiempo, dado que son elaborados a la medida y forma requerida por el cliente; conjuntamente, el costo es muy elevado y su instalación requiere de un personal técnico capacitado garantice el cumplimiento de los lineamientos y normativas establecidas para la construcción de estructuras metálicas.

**Figura 2.10**

*Reservorio de agua metálico*



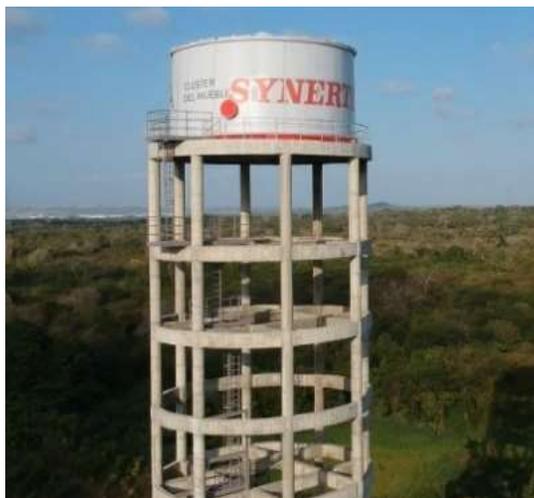
*Nota.* Autoría de Rondero (2020).

### **Alternativa 2: Estructura mixta**

Esta alternativa consiste en diseñar y construir un tanque de almacenamiento que mantenga las mismas dimensiones que el tanque existente, con la diferencia de que los elementos estructurales como vigas y columnas sean metálicos, de forma que se reduzca el tiempo de construcción del reservorio y se realice una estructura sostenible que permite la reutilización de estos elementos en un futuro. En contraste, el uso de vigas metálicas que estén en constante contacto con el agua exige un mantenimiento continuo o el uso de pinturas anticorrosivas que eviten la oxidación de la estructura y contamine el agua; es decir que además de incrementar el costo de la construcción del reservorio, se debe asumir un gasto recurrente de mantenimiento de los elementos estructurales.

**Figura 2.11**

*Tanque elevado de agua de estructura mixta*



*Nota.* Autoría de Synertech (s.f.).

### **Alternativa 3: Estructura de Hormigón Armado**

Al igual que la segunda alternativa, esta propuesta abarca el diseño de un tanque de almacenamiento con igual distribución que el tanque actual, utilizando hormigón armado como principal material de construcción, de manera que se asegure una alta resistencia y durabilidad de la estructura, fácil disponibilidad de los recursos y un costo relativamente bajo frente a estructuras metálicas. Asimismo, su capacidad de adherencia y maleabilidad permite que se realice un diseño arquitectónicamente igual al existente, reflejando una perspectiva estética

agradable para los miembros y visitantes de la universidad. Además, la construcción in situ de las estructuras de hormigón reducen los costos de transporte de materiales.

**Figura 2.12**

*Reservorio de agua de hormigón armado*



*Nota.* Autoría de Reservorios IGC (2020).

Para la selección de la mejor alternativa se tomaron 7 aspectos que la infraestructura deberá tomar en cuenta, las cuales son: Durabilidad, estético, económico, resistencia, impacto ambiental, proceso constructivo y transporte de materiales. Para cuantificarlos, hicimos uso de una escala de valoración para poder cuantificar a los criterios.

**Tabla 2.7***Escala de valoración*

<b>Criterio</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Durabilidad</b>	5: Alta 4: Media-alta 3: Media 2: Media baja 1: Baja
<b>Estético</b>	5: Muy satisfactorio a la vista 4: Satisfactorio a la vista 3: Neutral a la vista 2: Poco Satisfactorio 1: Mejorable
<b>Económico</b>	5: Súper económico 4: Relativamente económico 3: Económico 2: Poco económico 1: Caro
<b>Resistencia</b>	5: Alta resistencia 4: Media-alta resistencia 3: Media resistencia 2: Resistencia media-baja 1: Baja resistencia
<b>Impacto Ambiental</b>	1: Alto impacto ambiental 2: Moderado impacto ambiental 3: Regular impacto ambiental 4: Bajo impacto ambiental 5: No causa impacto
<b>Proceso constructivo</b>	
<b>Adquisición de materiales</b>	5: Muy Fácil 4: Fácil 3: Moderado 2: Difícil 1: Muy difícil

**Tabla 2.8***Ponderación de criterios*

<b>Criterio</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Durabilidad</b>	10%
<b>Estético</b>	6%
<b>Económico</b>	35%
<b>Resistencia</b>	25%
<b>Impacto Ambiental</b>	5%
<b>Proceso constructivo</b>	10%
<b>Adquisición de materiales</b>	9%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

**Tabla 2.9***Análisis de alternativas*

<b>Criterio</b>	<b>Valoración de Alternativas</b>			<b>Porcentaje de Alternativas</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Durabilidad</b>	3	4	5	6%	8%	10%
<b>Estético</b>	3	3	5	3.6%	3.6%	6%
<b>Económico</b>	5	3	4	35%	21%	28%
<b>Resistencia</b>	5	5	5	25%	25%	25%
<b>Impacto Ambiental</b>	3	2	2	3%	2%	2%
<b>Proceso constructivo</b>	1	2	5	2%	4%	10%
<b>Adquisición de materiales</b>	2	3	5	3.6%	5.4%	9%
<b>Total</b>				<b>78.2%</b>	<b>69%</b>	<b>90%</b>

$$Total = \sum \frac{[Valoración(i) * Ponderación(i)]}{5} \quad (2.3)$$

De acuerdo con el análisis por medio de los siete aspectos diferentes, el resultado nos garantiza la alternativa más factible para el proyecto, el cual, resulta ser la alternativa número 3 que consiste en realizar el reservorio con hormigón armado completamente, ya que, el hormigón armado, aunque no es el más económico en un principio, este a largo plazo resulta ser el más económico por no necesitar un constante mantenimiento. También, nos brinda una alta resistencia y un proceso constructivo fácil, ya que, el montaje de esta no requiere una mano de obra especializada, por lo tanto, este resulta ser la mejor opción.

## **Capítulo 3**

### 3 Diseños y Especificaciones

#### 3.1 Pre-Diseño del Reservorio de Agua

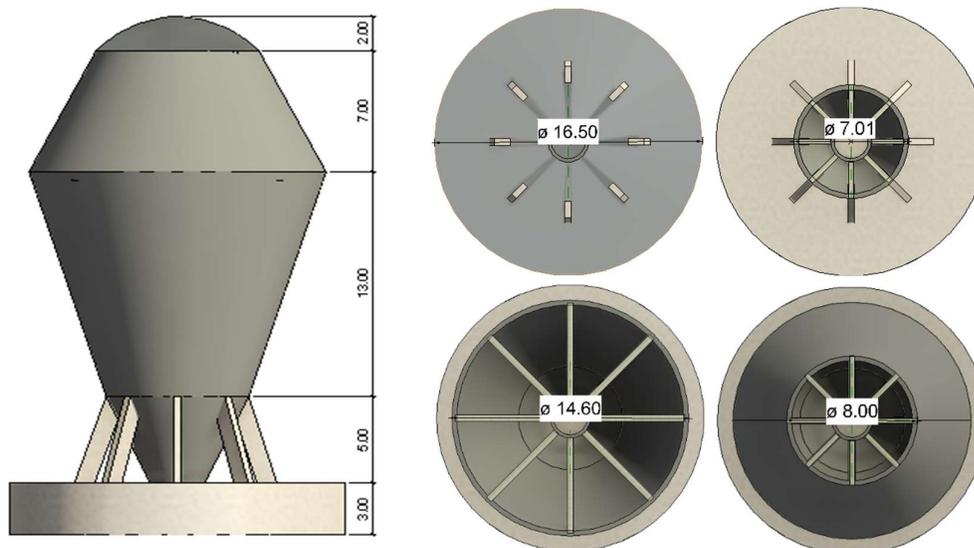
##### 3.1.1 Dimensiones del Reservorio

De acuerdo con la alternativa óptima señalada en el capítulo anterior, se diseñó el reservorio completamente de hormigón armado. La geometría del tanque fue adaptada acorde al cliente, quien prefirió mantener las dimensiones del diseño anterior, las que se obtuvieron mediante un levantamiento topográfico del reservorio, tal como se puede visualizar en la Tabla 3.1 y en la Figura 3.1.

**Tabla 3.1**

*Dimensiones del Tanque*

Niveles	Dimensiones [m]	
	Altura (Desde nivel del suelo)	Diámetro
<b>Cimentación</b>	3	16.5
<b>Nivel 1</b>	8	7.01
<b>Nivel 2</b>	21	14.6
<b>Nivel 3</b>	28	8
<b>Tapa (Cúpula)</b>	30	-

**Figura 3.1***Dimensiones del Tanque en Revit***3.1.2 Pre-dimensionamiento de elementos**

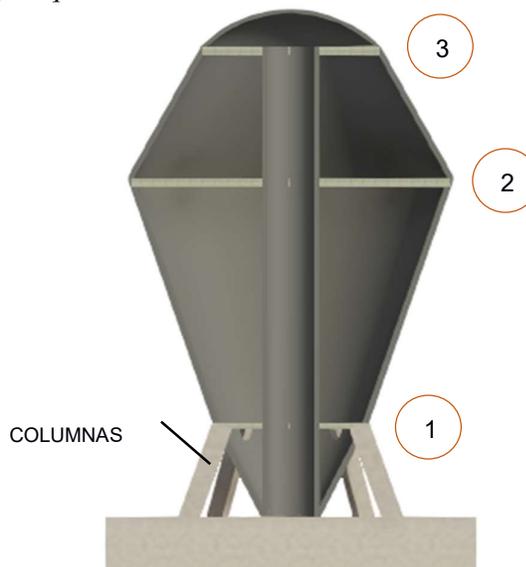
Con el levantamiento del tanque y la medición en campo, se pudo corroborar las dimensiones externas estipuladas en la tesis de López y Zambrano (2001). Lo que permitió modelar los elementos con las siguientes dimensiones explyadas en la Tabla 3.2 y Figura 3.2:

**Tabla 3.2***Dimensiones de Vigas y Columnas*

<b>Elemento</b>	<b># de elementos</b>	<b>Dimensiones</b>
Vigas Nivel 1	8	30X30 CM
Vigas Nivel 2	8	40X50 CM
Vigas Nivel 3	8	30X50 CM
Columnas	8	40X95 CM

**Figura 3.2**

*Vista Corte del tanque y etiquetado*



Conociendo estas especificaciones, se realizó un análisis de ellas de acuerdo con las fórmulas establecidas en la ACI 350.3-06 *Diseño sísmico de estructuras de concreto contenedoras de líquidos*, (2006) para el pre-dimensionamiento de tanques elevados, en la que se desglosó el procedimiento para tanques de sección rectangular y circular. Para tanques elevados que poseen una sección diferente a la mencionada, se realiza una aproximación de diámetro y altura para simular una forma cilíndrica del tanque como se lo hizo en nuestro proyecto.

Así también, se estimó la capacidad de almacenamiento del tanque a partir de las dimensiones presentadas en la Figura 3.1, para verificar la distribución interna que no pudo ser levantada en el sitio y fue propuesta por López y Zambrano (2001) en su análisis dinámico del reservorio. Estas medidas permitían contener aproximadamente  $1500 \text{ m}^3$ , por lo que se asumió la existencia de una losa intermedia ubicada tentativamente en el primer nivel de vigas del

tanque, logrando disminuir hasta un volumen cercano a los 1200 m<sup>3</sup>, lo cual excedía el valor real del agua almacenada (1000 m<sup>3</sup>). Es decir, que se requirió redimensionar la estructura con base al volumen necesario.

Posteriormente, se hizo la aproximación de la sección transversal del tanque, en donde la altura efectiva fue determinada según la siguiente fórmula:

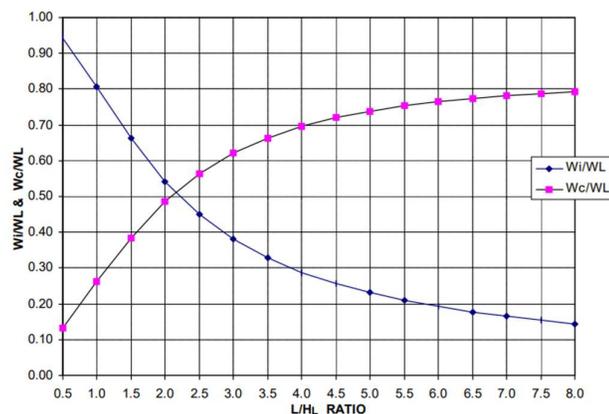
$$Hl = \frac{V_{cilindro}}{\pi * r^2} \quad (3.1)$$

Conociendo que el volumen de cualquier figura puede ser obtenido a partir del área de la base por su altura.

Una vez conocida la altura efectiva del tanque, se estimó el valor del diámetro del cilindro de manera que se mantenga un equilibrio entre la masa convectiva y la masa impulsiva.

### Figura 3.3

*Factores de masa impulsiva y convectiva vs. Relación L/Hl*



*Nota.* La Figura muestra la gráfica de como varia la relación de pesos debido a su relación de diámetro entre altura. Elaborado por ACI 350.3-06 (2006)

La Figura 3.3 refleja que el equilibrio entre las masas ocurre cuando la relación del diámetro y la altura está entre 2-2.5, lo que garantiza una mayor estabilidad de la estructura y un diseño relativamente económico.

### 3.1.3 Redimensionamiento de la estructura

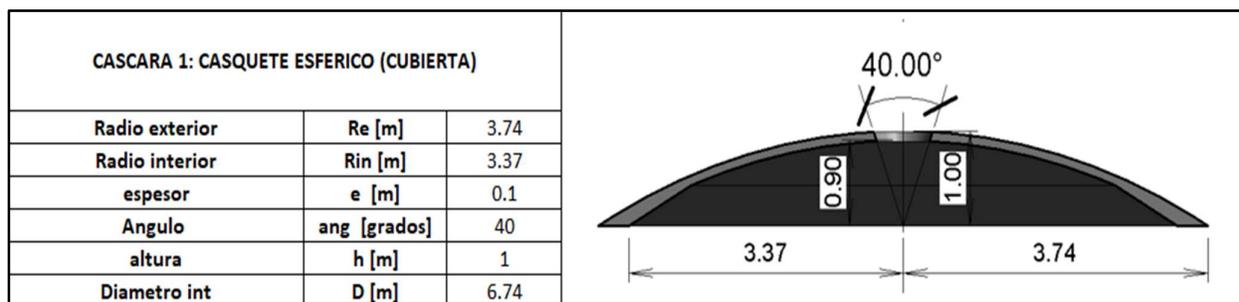
El tanque en su pre-dimensionamiento final constó de 6 cáscaras de revolución, columnas y vigas, que a continuación se detallan sus dimensiones y características.

#### Cáscara 1: Casquete esférico

La primera cáscara de revolución corresponde a la cubierta (tapa) del reservorio. Esta contiene un orificio en la parte superior, ya que, según OPS (2005) los reservorios deben contar con una abertura para inspección de al menos 60 cm de ancho. Además, esta cáscara no está en contacto con el agua.

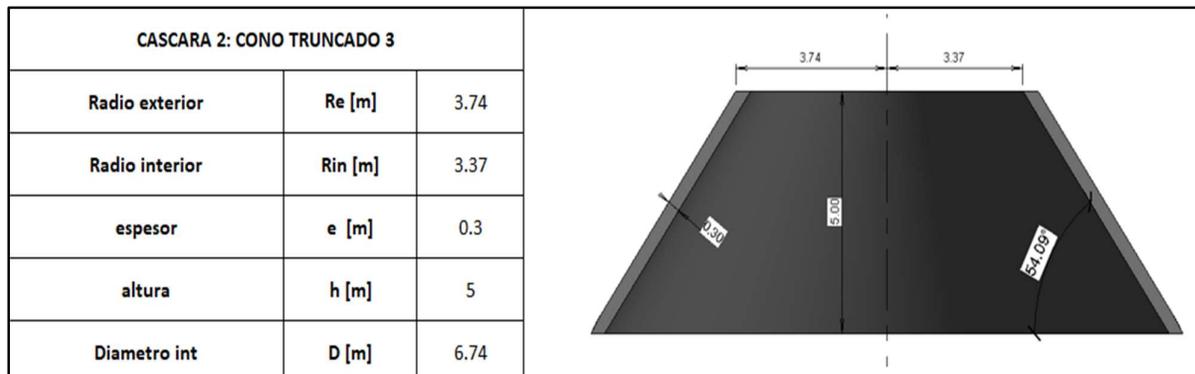
**Figura 3.4**

*Dimensiones del Casquete esférico*

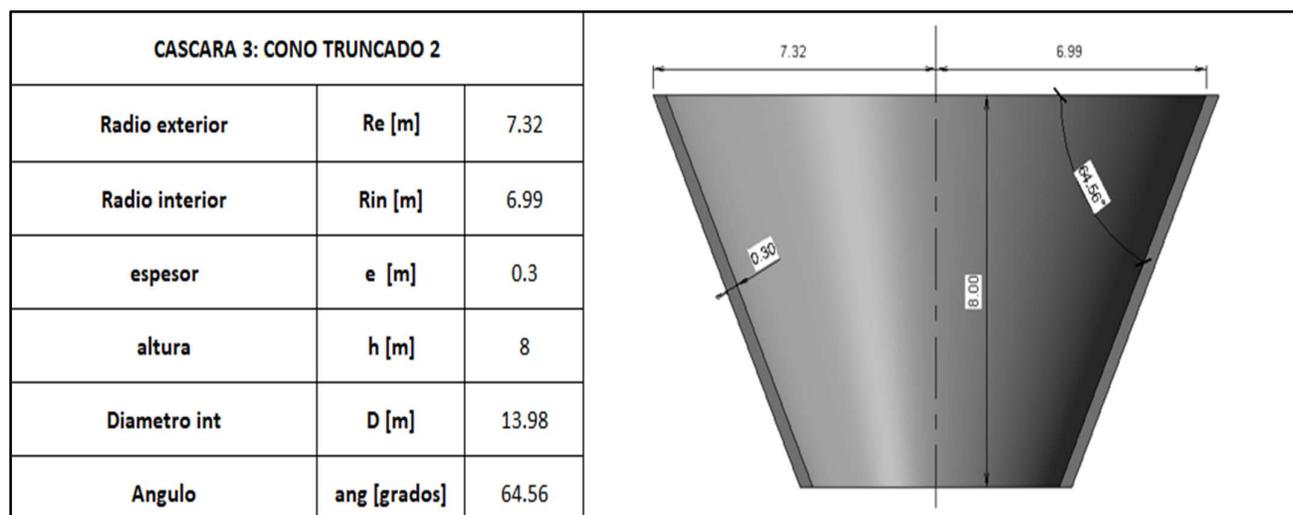


#### Cáscara 2: Cono truncado 3

En la cáscara 2 se observa el diámetro mayor del tanque tanto interior como exterior. Esta soporta el peso de la tapa y una parte soporta la presión del agua, cuenta con 8 vigas que ayudan en la estabilización de este, que son detalladas más adelante. Se la denominó la parte superior de la cuba del tanque.

**Figura 3.5***Dimensiones del cono truncado 3***Cáscara 3: Cono truncado 2**

Esta cáscara soporta en toda su longitud a la presión del agua, por lo tanto, también cuenta con 8 vigas que ayudan al soporte y estabilización. Esta contiene como diámetro superior al más grande de la estructura y como diámetro inferior al más pequeño. Se denominó la parte inferior de la cuba del tanque.

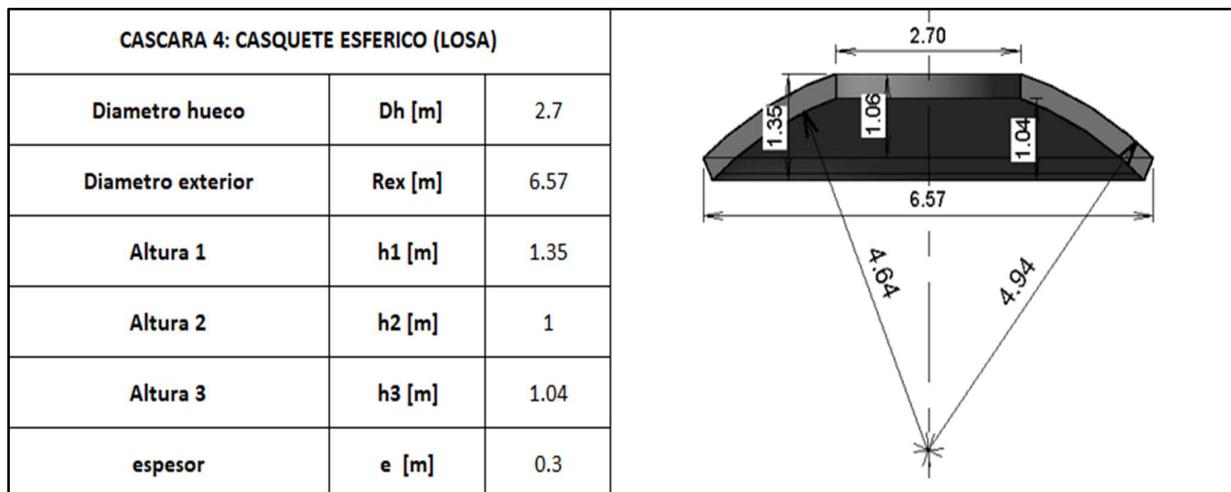
**Figura 3.6***Dimensiones del cono truncado 2*

#### Cáscara 4: Casquete esférico

Esta cáscara actúa como una losa del tanque, su forma abovedada fue adoptada, puesto que los reservorios especiales que contienen un volumen elevado y sus diámetros superan los 12 m requieren de esta forma para que trabaje completamente a compresión, brindando un mejor comportamiento estructural (OPS/CEPIS/05.160, 2005). Al encontrarse en la parte más baja de la zona soporta una presión mayor del agua.

**Figura 3.7**

*Dimensiones del casquete esférico LOSA*

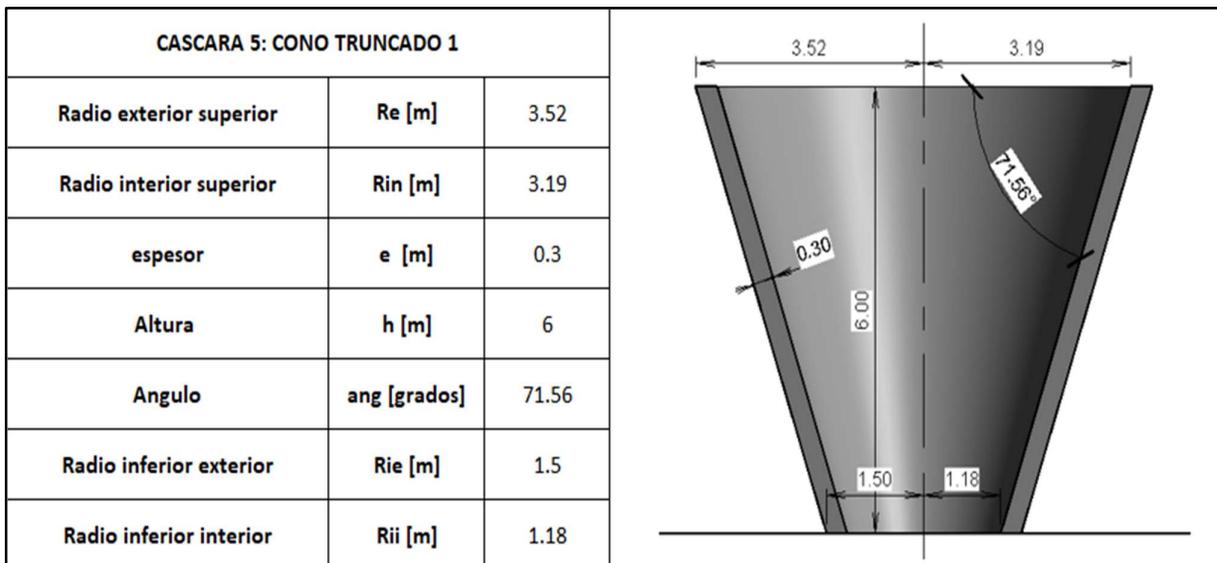


#### Cáscara 5: Cono truncado 1

La cáscara 5 actúa como el soporte de la estructura junto con las columnas. Puede ser clasificada como el fuste del tanque, el que debe contener todo el peso de la estructura y brindarle estabilidad.

Figura 3.8

Dimensiones del cono truncado 1

**Cáscara 6: Cilindro interior**

La cáscara 6 corresponde a la estructura que contiene las escaleras de acceso al tanque, esta se encuentra parcialmente en contacto con el agua y también apoya como soporte al fuste y las columnas.

Figura 3.9

Dimensiones del cilindro



- **Vigas**

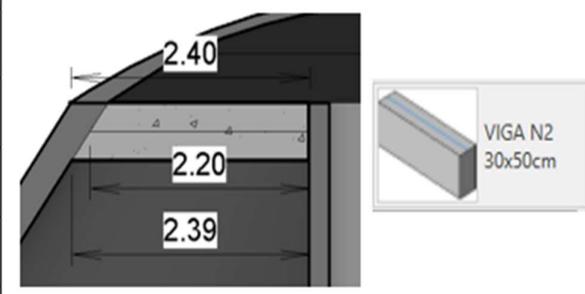
### **Vigas Cono truncado 3**

Son 8 vigas colocadas de forma radial que se ubican en la parte inferior de la cúpula superior y conectan el cilindro interior con la pared del cono truncado 3, estas brindan apoyo y estabilidad para el soporte de cargas. Su longitud es pequeña debido al diámetro superior del tronco.

**Figura 3.10**

*Dimensiones de vigas en nivel 3*

ELEMENTOS : VIGAS N3		
Longitud 1	L1 [m]	2.4
Longitud 2	L2 [m]	2.2
Longitud 3	L3 [m]	2.39
base	b [m]	0.3
altura	h [m]	0.5

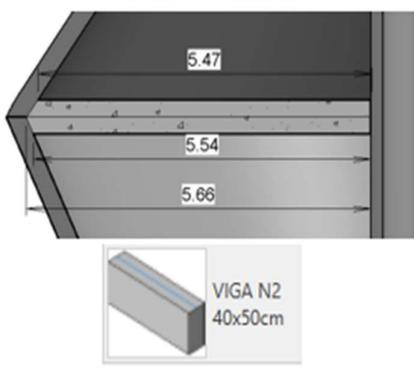


### **Vigas cono truncado 2**

Las vigas se colocan de igual forma que en la parte superior del tanque, con la diferencia de que estas se encuentran centradas entre la cara interior de los conos truncados 2 y 3, su longitud es mucho mayor debido al nivel del tanque en que se encuentran. Estas vigas tienen la función de controlar los desplazamientos de los muros a causa de las altas presiones y movimientos sísmicos.

**Figura 3.11***Dimensiones de vigas nivel 2*

ELEMENTOS : VIGAS N2		
Longitud 1	L1 [m]	5.47
Longitud 2	L2 [m]	5.54
Longitud 3	L3 [m]	5.66
base	b [m]	0.4
altura	h [m]	0.5

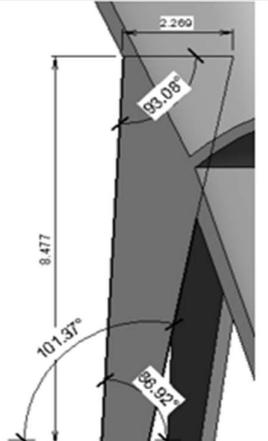


- Columnas**

Las columnas brindan soporte al tanque junto con el cono truncado 1, estas demandan grandes dimensiones debido a la carga que soportan y se diseñaron inclinadas y de sección variable para mantener la estética del tanque existente. Son 8 columnas en total repartidas equitativamente alrededor de la estructura para distribuir el soporte.

**Figura 3.12***Dimensiones de columnas*

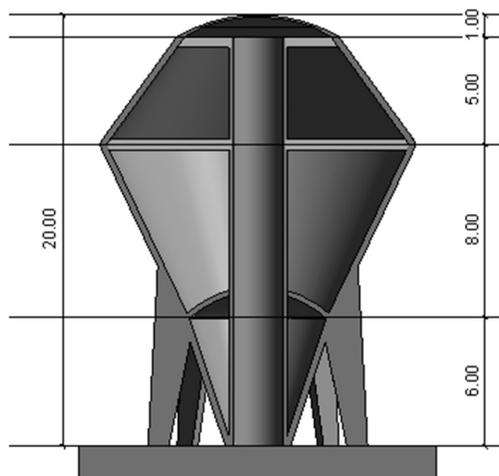
ELEMENTOS : COLUMNAS		
altura vertical	Z1 [m]	8.477
h superior seccion	hs [m]	2.269
Angulo con la vertical 1	ang1 [grados]	101.37
Angulo con la vertical 2	ang2 [grados]	86.92
espesor b	bs [m]	0.4



Por consiguiente, una vez definidas las dimensiones y características del pre-dimensionamiento, se muestra una vista de corte del reservorio junto con sus diferentes elevaciones.

**Figura 3.13**

*Elevaciones y altura total del tanque*



### 3.1.4 Cargas

#### 3.1.4.1 Carga permanente

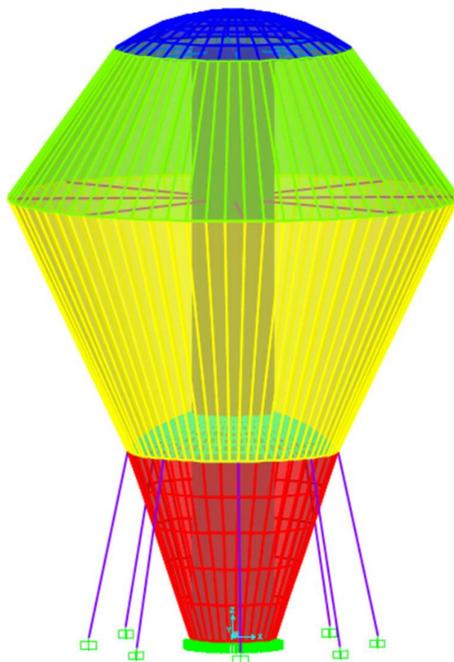
La carga muerta del tanque de almacenamiento se refiere al peso de los elementos estructurales y no estructurales que producen un esfuerzo constante sobre el mismo, entre los cuales se encuentran las vigas, columnas y muros del reservorio. Esta carga se la obtiene mediante el software SAP2000 que calcula las reacciones producidas en los apoyos por efecto del propio peso de la estructura, de acuerdo con los materiales y dimensiones definidas.

Con la finalidad de precisar esta carga, se seccionó la estructura en diferentes formas regulares de acuerdo con sus dimensiones y ubicación. Sin embargo, el peso de los elementos

como vigas y columnas fue calculado únicamente mediante Revit por su exactitud en el cálculo de volúmenes.

**Figura 3.14**

*Modelado en SAP2000 del tanque*



La Figura 3.14 muestra cada una de las secciones mencionadas, separadas en diferentes colores; en la parte exterior se distinguen 4 de ellas, mientras que en la parte interior se encuentra el casquete esférico inferior y el cilindro que recubre las escaleras de acceso al reservorio.

La carga de peso propio calculada en cada sección se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 3.3**

*Peso Propio de las secciones del tanque*

Sección	Carga nodal [kN]	Nº de nodos	Peso total [kN]
---------	------------------	-------------	-----------------

<b>Cono Truncado 1</b>	9.99	72.00	719.28
<b>Casquete esférico (losa)</b>	3.36	72.00	241.92
<b>Cono Truncado 2</b>	29.66	72.00	2135.52
<b>Cono Truncado 3</b>	20.04	72.00	1442.88
<b>Casquete esférico (cubierta)</b>	1.41	72.00	101.52
<b>Cilindro Escalera</b>	9.81	72.00	706.32

La suma de los pesos plasmados en la Tabla 3.3 es 5347.44 kN, el cual representa la mayoría del peso propio de la estructura. El porcentaje restante corresponde a la carga producida por el peso de las vigas y columnas, el cual se desglosa de la siguiente forma:

**Tabla 3.4**

*Peso Propio de las vigas y columnas del tanque*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Volumen unitario [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Volumen total [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso específico [kN/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso [kN]</b>
Columna	8	3.864	30.91	24	741.88
Viga Nivel 2	8	1.13	9.04		216.96
Viga Nivel 3	8	0.35	2.80		67.2

De la Tabla 3.4 se obtuvo un peso total de los elementos de 1026.04 kN, por lo que el peso total de la estructura es de 6373.48 kN.

### 3.1.4.2 Carga no permanente

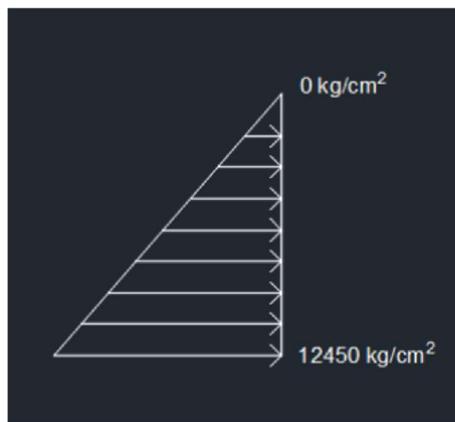
La carga viva de una estructura depende fundamentalmente de su uso; en esta se considera el peso de personas, equipos y demás elementos que varían constantemente a lo largo del tiempo. Sin embargo, los tanques elevados se clasifican según la NEC como estructuras especiales, es decir que esta carga será variable para cada proyecto y debe ser estimada en cada caso de acuerdo con el fluido contenido y la capacidad de almacenamiento.

Este reservorio tiene la función de retener agua potable para ser distribuida al campus. Según lo explicado previamente respecto al comportamiento hidrostático de los líquidos, es posible estimar la carga de agua que actúa sobre los muros que la contienen. Para ello, se consideró que el nivel máximo que alcanza el agua será de 12.45 metros a partir de la cúpula inferior del tanque, por lo que la presión hidrostática a esa altura fue de 0 kg/m<sup>2</sup>; mientras que en el fondo la presión fue de 12450 kg/m<sup>2</sup> ya que se tiene en cuenta un peso específico del agua de 1000 kg/m<sup>3</sup>.

A partir de estos valores, se estableció una función que refleje un incremento progresivo de la presión a medida que aumenta la profundidad.

### Figura 3.15

*Presión hidrostática en el tanque*



#### 3.1.4.3 Carga de viento

Aunque la carga de viento es relevante para el cálculo de edificaciones altas y naves industriales en nuestra zona geográfica, en este caso en particular las cargas horizontales de sismo y agua fueron mucho más incidentes, por lo que la magnitud de la carga de viento se vuelve insignificante y su aplicación en el modelo no fue necesaria.

### 3.1.4.4 Carga sísmica (NEC-15)

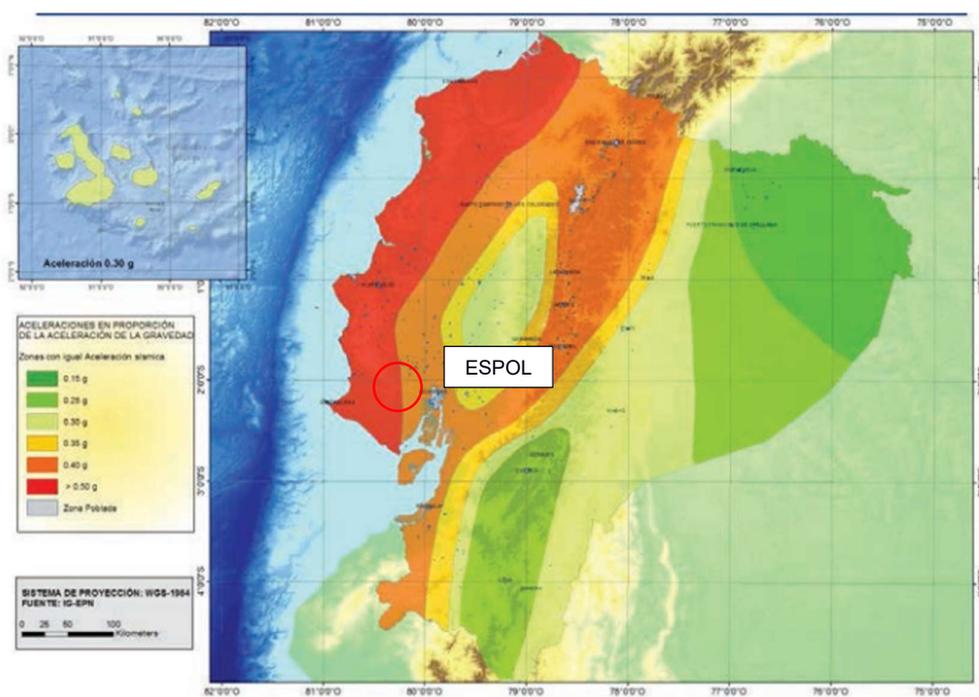
Se determino la carga sísmica acorde a la norma NEC-SE-DS Peligro Sísmico.

- **Zonificación y factor Z**

De acuerdo con la NEC-SE-DS Peligro sísmico, Ecuador se divide en seis diferentes zonas sísmicas, los cuales, cada una de ellas cuenta con un valor Z diferente.

**Figura 3.16**

*Zonas sísmicas y valor del factor de zona Z*



*Nota.* Elaborado por NEC-SE-DS (2015)

Como se observa ESPOL se encuentra dentro de Guayaquil, que está dentro de la zona sísmica 4 con una caracterización de peligro sísmico alta, por lo tanto, su factor Z fue igual a:

**Figura 3.17**

*Valores de Z en función de las zonas sísmicas*

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

*Nota.* Elaborado por NEC-SE-DS (2015)

- **Geología local**

***Tipo de perfil de suelo del lugar***

Debido al ensayo de resistencia a la compresión simple se concluyó que nos encontramos con una roca moderadamente dura con 38 MPa de resistencia. De acuerdo con la NEC-SE-DS Peligro Sísmico, pudimos recaer en dos posibles opciones de perfiles que son el perfil A y el perfil B, ya que estas son las únicas que definen a las rocas.

Para este proyecto se escogió la roca más desfavorable, la cual, resulta ser el tipo de perfil B (Perfil de roca de rigidez media).

**Figura 3.18**

*Clasificación de los perfiles de suelo A, B y C*

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s

*Nota.* Elaborado por NEC-SE-DS (2015)

- **Coefficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs**

**Fa:** De acuerdo con la NEC-SE-DS, 2015 este coeficiente corresponde a la amplificación de suelo en la zona de periodo corto.

**Figura 3.19**

*Tipos de suelo y factores de sitio Fa*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.5.4</a>					

*Nota.* Elaborado por NEC-SE-DS (2015)

**Fd:** Conforme con la NEC-SE-DS, 2015 este coeficiente corresponde a la amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.

**Figura 3.20**

*Tipos de suelo y factores de sitio Fd*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

*Nota.* Elaborado por NEC-SE-DS (2015)

**F<sub>s</sub>:** De acuerdo con la NEC-SE-DS, 2015 este coeficiente corresponde al comportamiento no lineal de los suelos.

**Figura 3.21**

*Tipos de suelo y factores de sitio F<sub>s</sub>*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

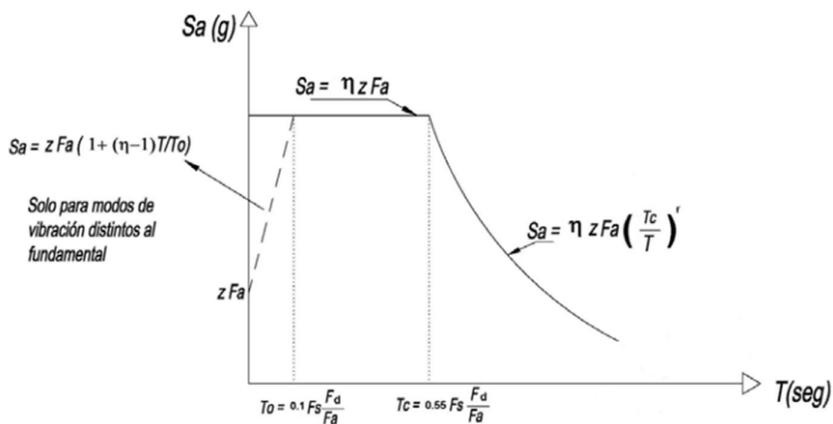
*Nota.* Elaborado por NEC-SE-DS (2015)

- **Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones**

Según la NEC-SE-DS, 2015 con los datos de Z, tipo de suelo y los coeficientes de perfil de suelo, se obtuvo el espectro de respuesta elástico de aceleraciones (S<sub>a</sub>).

**Figura 3.22**

*Espectro elástico S<sub>a</sub> vs Periodo*



*Nota.* Elaborado por NEC-SE-DS (2015)

$$\begin{cases} Sa = \eta * Z * Fa & 0 < T < Tc \\ Sa = \eta * Z * Fa * \left(\frac{Tc}{T}\right) & T > Tc \end{cases} \quad (3.5)$$

$$T_0 = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad (3.6)$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad (3.7)$$

$$T_0 = 0.075$$

$$T_c = 0.413$$

$$\begin{cases} Sa = 0.72 & 0 < T < 0.413 \\ Sa = \eta * Z * Fa * \left(\frac{Tc}{T}\right) & T > 0.413 \end{cases}$$

Donde:

$\eta = 1.8$  para provincias de la costa

Fa, Fd y Fs = coeficientes de sitio y suelo

T = Período fundamental de vibración

Sa = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones

T0 = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Tc = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

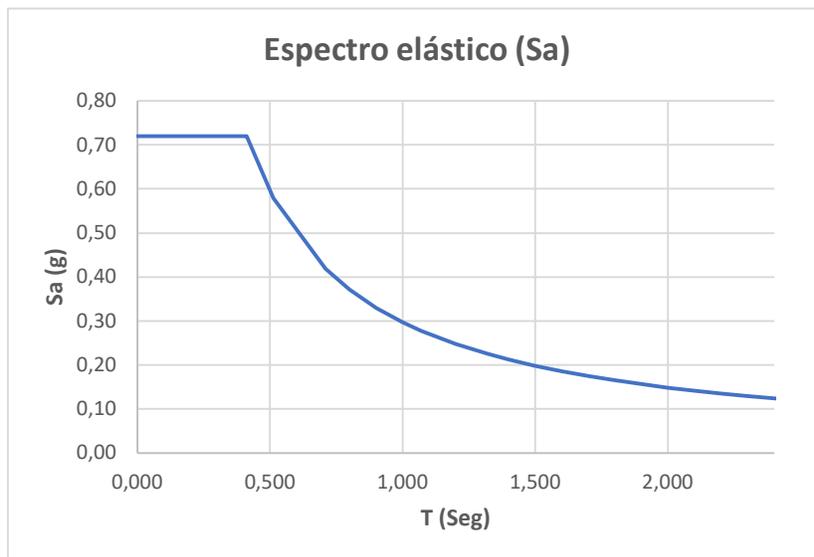
r = 1 para todos los tipos de suelo excepto el E

Z = 0.4

Ya con los datos obtenidos se pudo obtener la gráfica del espectro elástico:

**Figura 3.23**

*Espectro elástico del proyecto*



### 3.1.5 Parámetros necesarios para el diseño según la norma ACI 350-3.06

#### 3.1.5.1 Cortante basal

La cortante basal se define como la acumulación progresiva de las fuerzas cortantes en cada piso, las cuales representan una amplificación de la fuerza sísmica en un nivel determinado (Saavedra, 2016).

Para hallar la cortante basal se hizo uso de la normativa ACI 350.3-06 (2006), el cual, estipula los pasos a seguir para el diseño sísmica de estructuras contenedoras de líquidos de tanques rectangulares y cilíndricos, el tanque al tener una geometría variable, se lo aproximó a uno cilíndrico con sección continua mediante el volumen total a contener para obtener las dimensiones de este y poder utilizar la normativa.

**Tabla 3.5***Datos conocidos del tanque*

<b>Datos</b>	<b>Magnitud</b>
Volumen del tanque [ $m^3$ ]	1000
Diámetro mayor del tanque [ $m$ ]	13.98

Con los datos del tanque mencionados en la Tabla 3.5, se halló la altura del agua del tanque cilíndrico.

$$H_L = \frac{4 * V_{tanque}}{\pi * D^2} \quad (3.8)$$

$$H_L = \frac{4 * 1000}{\pi * 13.98^2} = 6.51 \text{ m}$$

En el análisis de tanques elevados, este cortante basal es determinado a partir de las fuerzas dinámicas laterales que dependen tanto del comportamiento impulsivo y convectivo del agua, como de las dimensiones geométricas del tanque. Estas fuerzas se calcularon según la ACI 350.3-06 con las siguientes expresiones:

$$P_w = C_i * I * \left[ \frac{\varepsilon W_w}{R_i} \right] \quad (3.8)$$

$$P'_w = C_i * I * \left[ \frac{\varepsilon W'_w}{R_i} \right] \quad (3.9)$$

$$P_r = C_i * I * \left[ \frac{W_r}{R_i} \right] \quad (3.10)$$

$$P_i = C_i * I * \left[ \frac{W_i}{R_i} \right] \quad (3.11)$$

$$P_c = C_c * I * \left[ \frac{W_c}{R_c} \right] \quad (3.12)$$

$$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c^2 + P_{eg}^2} \quad (3.13)$$

Donde:

$C_i$ : Factor de amplificación de espectro para los movimientos horizontales de la componente de impulsión.

$C_c$ : Factor de amplificación de espectro para los movimientos horizontales de la componente de convección.

$I$ : Factor de importancia sísmico.

$\epsilon$ : Coeficiente de masa efectiva.

$W_w$ : Masa del muro del tanque.

$W_r$ : Masa de la cubierta del tanque.

$W_i$ : Masa equivalente de la componente impulsiva.

$W_c$ : Masa equivalente de la componente convectiva

$P_{eg}$ : Fuerza lateral sobre la porción enterrada del tanque.

$R_i$ : Factor de modificación de respuesta de la componente impulsiva.

$R_c$ : Factor de modificación de respuesta de la componente convectiva.

$P_w$ : Fuerza de inercia lateral de la aceleración del muro.

$P_r$ : Fuerza de inercia lateral de la aceleración de la cubierta.

$P_i$ : Fuerza total impulsiva.

$P_c$ : Fuerza total lateral convectiva.

El factor de importancia sísmico se determina según el uso que tenga el reservorio; la ACI establece los siguientes rangos para su elección:

**Figura 3.24**

*Factor de Importancia I*

uso del estanque	factor I
estanques que contienen material peligroso*	1.5
estanques cuyo contenido es usable para distintos propósitos después de un terremoto, o estanques que son parte de sistemas de salvataje	1.25
otros	1.0

\*para estanques que contengan material peligroso, el juicio ingenieril puede necesitar I>1.5 para considerar un terremoto mayor al terremoto de diseño

*Nota.* Elaborado por ACI 350.3-06 (2006)

Todos los tanques elevados de gran capacidad volumétrica deben ser diseñados con el factor máximo de importancia, ya que estas estructuras se consideran vitales y no colapsables.

**Figura 3.25**

*Factor de modificación de respuesta R*

Type of structure	$R_i$		$R_c$
	On or above grade	Buried*	
Anchored, flexible-base tanks	3.25 <sup>†</sup>	3.25 <sup>†</sup>	1.0
Fixed or hinged-base tanks	2.0	3.0	1.0
Unanchored, contained, or uncontained tanks <sup>‡</sup>	1.5	2.0	1.0
Pedestal-mounted tanks	2.0	—	1.0

\*Buried tank is defined as a tank whose maximum water surface at rest is at or below ground level. For partially buried tanks, the  $R_i$  value may be linearly interpolated between that shown for tanks on grade and for buried tanks.

<sup>†</sup> $R_i = 3.25$  is the maximum  $R_i$  value permitted to be used for any liquid-containing concrete structure.

<sup>‡</sup>Unanchored, uncontained tanks shall not be built in locations where  $S_{DS} \geq 0.75$ .

*Nota.* Elaborado por ACI 350.3-06 (2006)

En tanques elevados, los coeficientes de reducción de respuesta sísmica para las componentes impulsiva y convectiva son de 2 y 1 respectivamente, tal como se aprecia en la Figura 3.25.

Para obtener los factores de amplificación de espectro impulsiva y convectiva, primero se hallaron los periodos de masa impulsiva y convectiva. Para el periodo de masa impulsiva se tiene que:

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} \tag{3.14}$$

Donde,  $\omega_i$  es la frecuencia circular del modo impulsivo que es igual a:

$$\omega_i = \frac{C_i}{H_L} \sqrt{10^3 * E_c * \frac{g}{\gamma_c}} \quad (3.15)$$

Donde:

Ci: Coeficiente para determinar la frecuencia fundamental

HL: altura del líquido (m)

Ec: Modulo de elasticidad del hormigón (MPa)

El coeficiente Ci se lo obtuvo por:

$$C_i = C_w * \sqrt{\frac{t_w}{10r}} \quad (3.16)$$

Donde:

Cw: Coeficiente para determinar la frecuencia que se lo puede obtener mediante una gráfica sabiendo la relación (D/HL)

tw: espesor del muro (m)

r: radio del cilindro (m)

Con esto se pudo obtener el periodo del modo impulsivo que es igual a:

**Tabla 3.6**

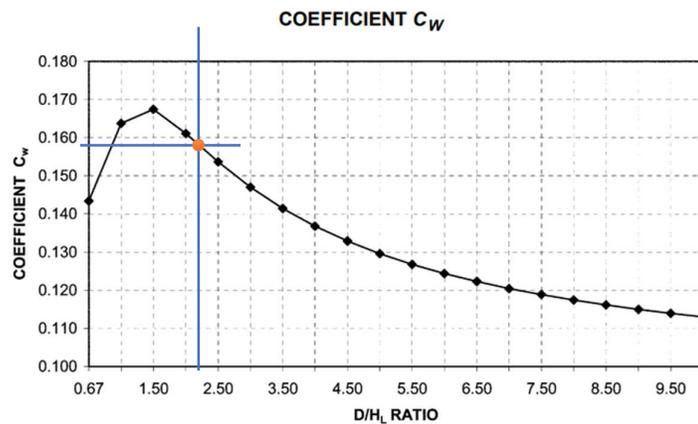
*Datos conocidos del tanque para periodo impulsivo*

Datos	Magnitud
HL (m)	6.51
D (m)	13.98
tw (mm)	300
Ec (MPa)	2.55E07
g (m/s <sup>2</sup> )	9.81
$\gamma_c$ (kN/m <sup>3</sup> )	24
D/HL	2.146

Mediante la gráfica de la ACI 350 se hayo  $C_w$ , ya que se conoce la relación D/HL:

**Figura 3.26**

*Gráfica para obtener coeficiente  $C_w$*



*Nota.* Elaborado por ACI 350.3-06 (2006)

De acuerdo con la Figura 3.26 podemos decir que  $C_w = 0.159$ . por ende, el coeficiente  $C_i$ , el periodo angular y el periodo impulsivo fueron iguales a:

$$C_i = 0.159 * \sqrt{\frac{0.3}{10 * 6.99}} = 0.010$$

$$\omega_i = \frac{0.010}{6.51} \sqrt{10^3 * 2.55E07 * \frac{9.81}{24}} = 163.08 \frac{rad}{s}$$

$$T_i = \frac{2\pi}{163.08} = 0.039 s$$

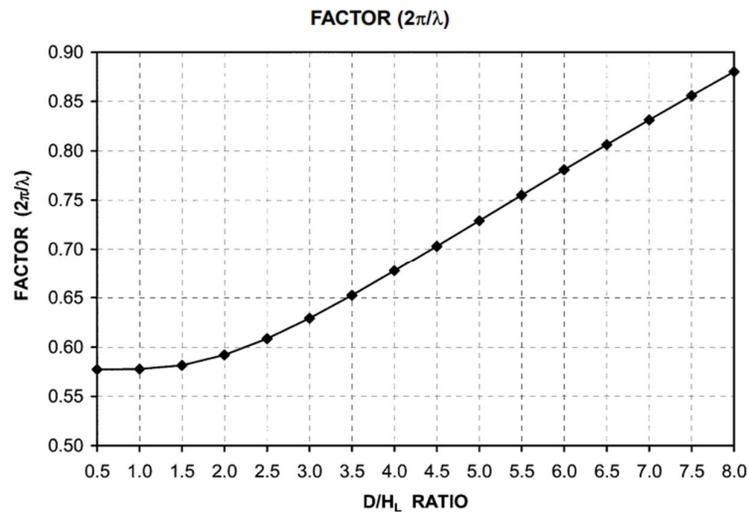
Así mismo, se halló al periodo de modo convectivo mediante las fórmulas dadas por el ACI 350:

$$T_c = \frac{2\pi}{\lambda} * \sqrt{D} \quad (3.17)$$

Donde,  $\lambda$  es un factor que se puede obtener por dos métodos, uno que depende de la relación del diámetro con la altura del líquido que viene dado por gráfica y la otra por formula.

**Figura 3.27**

*Grafica de coeficiente  $2\pi/\lambda$  vs  $D/HL$  para periodo convectivo*



*Nota.* Elaborado por ACI 350.3-06 (2006)

Se optó por obtener a lambda por la fórmula que depende también de la altura, el diámetro y la gravedad.

$$\lambda = \sqrt{3.68 * g * \tanh \left[ 3.68 \left( \frac{HL}{D} \right) \right]} \quad (3.18)$$

De acuerdo con la Formula 3.18 se deduce que  $\lambda$  es igual a:

$$\lambda = \sqrt{3.68 * 9.81 * \tanh \left[ 3.68 \left( \frac{6.51}{13.98} \right) \right]} = 5.817$$

Por lo tanto, el periodo del modo convectivo por medio de la Formula 3.17 fue igual a:

$$T_c = \frac{2\pi}{5.817} * \sqrt{13.98} = 4.04 \text{ s}$$

Con los periodos conocidos, se calculó los factores de amplificación espectral para el modo impulsivo y conectivo, donde la norma nos dice que cuando:

$$T_c \leq \frac{1.6}{T_s} \rightarrow C_c = 1.5 * \frac{S_{D1}}{T_c} \leq 1.5 * S_{Ds} \quad (3.19)$$

Donde:

SD1 Y SDS: Diseños de aceleraciones de respuesta espectral, 5%.

amortiguado, en un período de 1 segundo y periodo corto.

Ts:

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{Ds}} \quad (3.20)$$

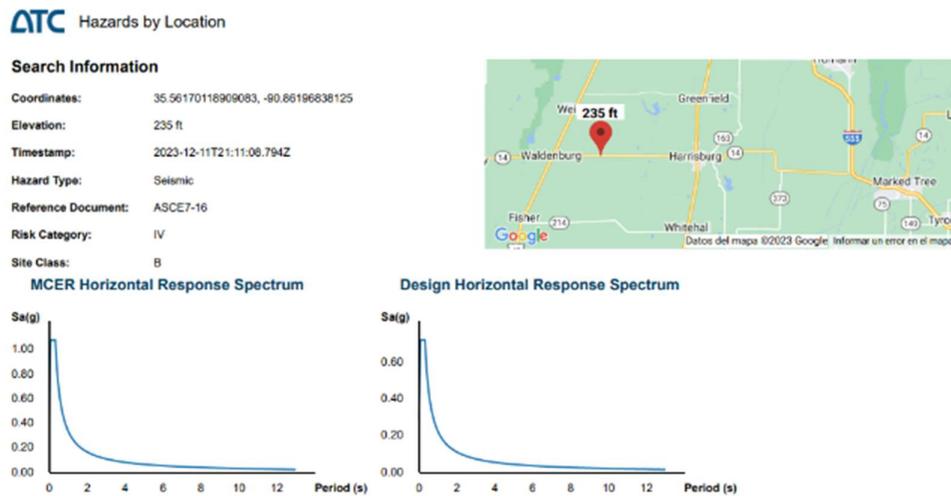
$$S_{D1} = \frac{2}{3} * Fv * S1 \quad (3.21)$$

$$S_{Ds} = \frac{2}{3} * Fa * Ss \quad (3.22)$$

Donde  $F_a$  y  $F_v$  corresponde a los factores de amplificación de sitio (ambos son igual a 1 para este proyecto).  $S_s$  y  $S_1$  corresponden al gráfico de respuesta espectral para periodos cortos. Debido a que, no existe información acerca de estos valores en la ATC Hazards by location (Applied Technology Council), se procedió a encontrar una zona en estados unidos con el mismo comportamiento de la meseta del espectro de diseño, para obtener los valores.

### Figura 3.28

*Grafica de espectro sísmico de zona en USA*



*Nota.* Elaborado por ATC Hazards by location

Con esto, se obtuvo los valores  $S_D=0.72$  y  $S_1= 0.417$ , por lo tanto, se calculó a  $S_{D1}$  por la ecuación:

$$S_{D1} = \frac{2}{3} * 1 * 0.417 = 0.278$$

Después, se obtuvo a  $T_s$  por la ecuación 3.19:

$$T_s = \frac{0.278}{0.720} = 0.386 \rightarrow \frac{1.6}{T_s} = 4.15$$

Se pudo observar que  $T_c$  es menor que  $1.6/T_s$ , por ende el factor de ampliación espectral impulsiva por la ecuación 3.18 quedo igual a:

$$C_c = 1.5 * \frac{0.278}{4.04} \leq 1.5 * 0.72 = 0.103 \leq 1.08 \text{ OK}$$

En cambio, para el coeficiente  $C_i$ , se comparó el periodo impulsivo con el  $T_s$  entonces como  $T_i < T_s$  quedo igual a:

$$C_i = S_{DS} \quad (3.23)$$

$$C_i = 0.72$$

Después, con los periodos y los coeficientes de ampliación espectral calculados, se calculó los pesos del agua, del muro y de la cubierta para la cortante basal por normativa ACI 350.3-06

El peso del agua  $W_L$  se lo obtuvo por el volumen del tanque y su peso específico, ya que:

$$W_L = \gamma_{agua} * V_{agua} \quad (3.24)$$

Donde:

$\gamma_{agua}$ : peso específico del agua (9.81 kN/m<sup>3</sup>)

$V_{agua}$ : Volumen del agua (m<sup>3</sup>)

Por lo tanto, el peso de agua fue igual a:

$$W_L = 9.81 * 1000 = 9810 \frac{kN}{m^3}$$

Luego, conociendo el peso del agua se encontró el peso impulsivo y convectivo con las siguientes formulas:

$$W_i = \frac{\tanh\left(0.866\left(\frac{D}{H_L}\right)\right)}{0.866\left(\frac{D}{H_L}\right)} * W_L \quad (3.25)$$

$$W_c = 0.230 \left( \frac{D}{H_L} \right) * \tanh \left( 3.68 \left( \frac{H_L}{D} \right) \right) * W_L \quad (3.26)$$

Al reemplazar los valores de diámetro, altura de la Tabla 3.6 y peso del agua en las ecuaciones 3.25 y 3.26 se obtuvo el peso impulsivo y convectivo.

$$W_i = \frac{\tanh \left( 0.866 \left( \frac{13.98}{6.51} \right) \right)}{0.866 \left( \frac{13.98}{6.51} \right)} * 9810 = 5028.25 \text{ kN}$$

$$W_c = 0.230 \left( \frac{13.98}{6.51} \right) * \tanh \left( 3.68 \left( \frac{6.51}{13.98} \right) \right) * 9810 = 4537.97 \text{ kN}$$

Los pesos de cada parte del tanque  $W_w$  y  $W_r$  se lo obtuvo por medio del software SAP2000. Además, de acuerdo con la NEC (2015), se agregó el 0.5 de la carga viva a la Cascara 1: Cúpula superior, por lo tanto, los pesos fueron:

**Tabla 3.7**

*Pesos de las secciones del tanque*

SECCIÓN	kN	Ton
<b>Cascara 1: Cúpula Superior</b>	101.52	10.152
<b>Cascara 2: Cono Truncado 3</b>	1442.88	144.288
<b>Cascara 3: Cono Truncado 2</b>	2135.52	213.552
<b>Cascara 4: Cúpula Inferior</b>	241.92	24.192
<b>Cascara 5: Cono Truncado 1</b>	719.28	71.928
<b>Columnas</b>	741.89	74.189
<b>Ww (peso de los muros)</b>	2437.23	243.72
<b>Carga viva cúpula superior</b>	20.88	2.088
<b>Wr</b>	111.96	11.20

*Nota.* Datos obtenidos por el software SAP2000

Para el cálculo de  $W_w$  (Peso de los muros), la ACI 350 solicita estimar un coeficiente de masa efectiva  $\epsilon$ , el cual, quedo:

$$\epsilon = \left[ 0.0151 * \left( \frac{D}{H_L} \right)^2 - 0.1908 * \left( \frac{D}{H_L} \right) + 1.021 \right] \leq 1 \quad (3.27)$$

$$\epsilon = \left[ 0.0151 * \left( \frac{13.98}{6.51} \right)^2 - 0.1908 * \left( \frac{13.98}{6.51} \right) + 1.021 \right] = 0.681 \leq 1$$

Por otro lado,  $W_w$  total se lo calculo como la suma del peso de los muros que contienen al agua por el coeficiente de masa efectiva más los muros de las demás partes junto a las columnas.

$$\epsilon W_w = \epsilon (W_{\text{Casc 2}} + W_{\text{Casc 3}}) + W_{\text{Colum}} + W_{\text{Casc 4}} + W_{\text{Casc 5}} \quad (3.28)$$

$$\epsilon W_w = 0.681(2135.52 + 1442.88) + 741.89 + 241.92 + 719.28$$

$$\epsilon W_w = 4140.32 \text{ kN}$$

El peso de la cúpula superior se calculó junto al 50% de la carga viva adicionada, como se mencionó previamente.

$$W_r = W_{\text{colum}} + W_{\text{casc 4}} + W_{\text{casc 5}} \quad (3.29)$$

$$W_r = 101.52 + 0.5 * 20.88$$

$$W_r = 111.96 \text{ kN}$$

Luego, se calculó cada una de las fuerzas P dadas por las ecuaciones 3.8, 3.10, 3.11 y 3.12:

$$P_w = 0.72 * 1.5 * \left[ \frac{414.032}{2} \right] = 223.58 \text{ tonf}$$

$$P_r = 0.72 * 1.5 * \left[ \frac{11.196}{2} \right] = 6.05 \text{ tonf}$$

$$P_i = 0.72 * 1.5 * \left[ \frac{512.56}{2} \right] = 276.78 \text{ tonf}$$

$$P_c = 0.103 * 1.5 * \left[ \frac{462.59}{1} \right] = 71.64 \text{ tonf}$$

Por último, se obtuvo la cortante basal por medio de la ecuación 3.13 quedando igual a:

$$V = \sqrt{(276.78 + 223.58 + 6.05)^2 + 71.64^2} = 511.450 \text{ tonf}$$

### 3.1.6 Análisis sísmico estático y dinámico

#### 3.1.6.1 Análisis sísmico estático

- **Modelado en SAP2000**

##### Creación de materiales

Como primer paso para el modelado en SAP2000, se definieron los materiales, los cuales, se los definió por el tipo de obra civil:

Tabla 3.8

Especificaciones de los materiales

CARACTERÍSTICAS	HORMIGÓN 30 MPa		ACERO 420 MPa	
	SÍMBOLO	MAGNITUD	SÍMBOLO	MAGNITUD
Resistencia a la compresión [tonf/m <sup>2</sup> ]	f'c	3059.15	-	-
Tensión de fluencia [tonf/m <sup>2</sup> ]	-	-	Fy	42000
Módulo de elasticidad [tonf/m <sup>2</sup> ]	Ec	2598076.2	Es	21000000.
Densidad [tonf/m <sup>3</sup> ]	YH	2.4	Ys	7.85
Módulo de Poisson	M	0.2	-	-

Para definirlos la ruta es *Define – Materials – Add New material*.

Figura 3.29

Características definidas en el software SAP2000

The figure displays two screenshots of the 'Material Property Data' dialog box in SAP2000. The left screenshot is for a rebar material named 'Acero 4200'. It shows the following properties: Material Name and Display Color: Acero 4200; Material Type: Rebar; Material Grade: Grade 60; Weight per Unit Volume: 7.849; Mass per Unit Volume: 0.8004; Modulus Of Elasticity, E: 21000000; Poisson, U: 0; Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05; Shear Modulus, G: (empty); Minimum Yield Stress, Fy: 42000; Minimum Tensile Stress, Fu: 63276.27; Expected Yield Stress, Fye: 46402.6; Expected Tensile Stress, Fue: 69603.89. The right screenshot is for a concrete material named 'fc 300 kg/cm2'. It shows the following properties: Material Name and Display Color: fc 300 kg/cm2; Material Type: Concrete; Material Grade: Fc 4000 psi; Weight per Unit Volume: 2.4473; Mass per Unit Volume: 0.2496; Modulus Of Elasticity, E: 2598076.2; Poisson, U: 0.2; Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06; Shear Modulus, G: 1082531.8; Specified Concrete Compressive Strength, fc: 3059.1486; Expected Concrete Compressive Strength: 3059.1486; Lightweight Concrete: (unchecked); Shear Strength Reduction Factor: (empty).

Nota. Elaborado en SAP2000, 2023

### Creación de secciones

Al ser ya definidos cada uno con los parámetros necesarios para los materiales, se crearon las secciones de los elementos estructurales. Como elemento frame para las columnas-vigas y como shell para las 6 cascaras diferentes de revolución que tiene el tanque. Los Shell son elementos de área que están formados por 4 nodos, donde cada uno de ellos cuenta con 5 grados de libertad, 3 traslacionales y 2 rotacionales, son utilizadas para diseñar, analizar y modelar losas, muros o membranas sometidas a flexión, corte y fuerza axial. (G. Soto, 2019)

La ruta para crear secciones tipo Shell/Frame es la siguiente: **Define – Sections Properties – Area Sections/Frame Sections – Add**

Existen diferentes tipos de Shell, en este caso se eligió Shell – thin. Como ejemplo, definiremos a la cascara 1: cúpula del tanque, y así mismo se definió a las demás cascaras de revolución.

**Figura 3.30**

*Definición de Shell-Thin para las cascaras*

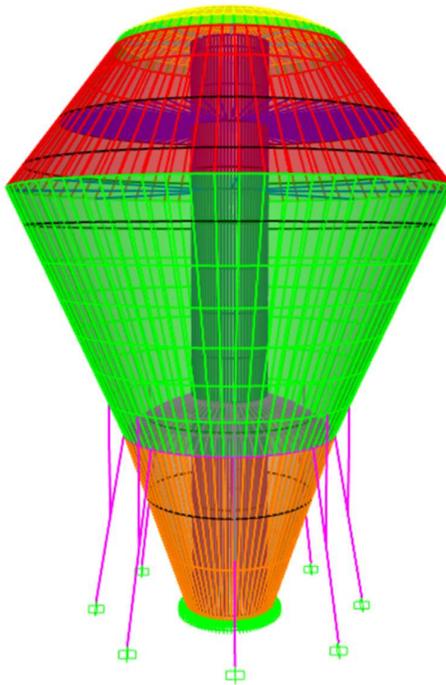
The screenshot displays the 'Define Sections' dialog box in SAP2000. The 'Section Name' field contains 'Cupula sup'. The 'Section Notes' field has a 'Modify/Show...' button. The 'Type' section has radio buttons for 'Shell - Thin' (selected), 'Shell - Thick', 'Plate - Thin', 'Plate Thick', 'Membrane', and 'Shell - Layered/Nonlinear'. A 'Modify/Show Layer Definition...' button is located below the type options. The 'Thickness' section has input fields for 'Membrane' (0.1) and 'Bending' (0.1). The 'Material' section has a 'Material Name' dropdown set to 'fc 300 kg/cm2' and a 'Material Angle' input field set to 0. The 'Time Dependent Properties' section has a 'Set Time Dependent Properties...' button. The 'Concrete Shell Section Design Parameters' section has a 'Modify/Show Shell Design Parameters...' button. The 'Stiffness Modifiers' section has a 'Set Modifiers...' button. The 'Temp Dependent Properties' section has a 'Thermal Properties...' button.

*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

Luego, cuando ya están definidos los Shell, se los extruyó para formar un volumen de revolución gracias a la función de extrude del software, donde se permite extruir radialmente el ángulo de 360. Obteniendo así 72 cascaras de revolución con un ángulo de 5 grados cada uno.

### **Figura 3.31**

*Modelado Tanque con elementos tipo Shell y Frame*



*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

### **Determinación y asignación de cargas laterales**

El comportamiento del agua dentro del reservorio durante un evento sísmico exige que la distribución de las cargas laterales producidas por el sismo, no sean uniformes, sino que se concentren de acuerdo con la ubicación de las masas convectiva e impulsiva. Por consiguiente, es necesario determinar la magnitud de la carga sísmica actuante en la altura impulsiva y convectiva.

Se clasifico la estructura en diferentes niveles de acuerdo con la forma del tanque y se asignó la carga correspondiente en el centroide de cada una de estas figuras referenciales. En este caso, el tanque fue dividido en 3 niveles diferentes; los mismos que fueron utilizados para el seccionar el peso propio de la estructura, ya que la carga sísmica reactiva dependerá del peso propio del reservorio.

La normativa ecuatoriana de la construcción no presenta una fórmula que permita estimar esta carga sísmica reactiva en tanques elevados, así como lo hace para edificaciones, sin embargo, se consideró que el reservorio debe ser analizado como una estructura especial, en otras palabras, el factor porcentual a considerar de la carga viva para la estimación de la carga sísmica será de 0.5.

**Tabla 3.9**

*Distribución de cargas laterales*

Nivel	Peso	Hi	Pi*Hi	Fi	W=Fi/L
	kN	M	kN.m	kN	kN/m
<b>H convectiva</b>	4537.97	16.12	73173.38	1969.04	44.83
<b>H impulsiva</b>	5028.25	14.69	73880.19	1988.06	45.27
<b>Cúpula superior</b>					
<b>+ cono truncado</b>					
<b>2 + cono</b>	2549.19	12.81	32652.35	878.65	20.01
<b>truncado 3</b>					
<b>Cúpula inf</b>	241.92	6.52	1578.034	42.46	0.97
<b>Cono truncado 1</b>					
<b>+ columnas</b>	1461.17	3.54	5169.961	139.12	3.17
<b>TOTAL</b>	13818.50		186453.9	5017.33	<b>114.24</b>

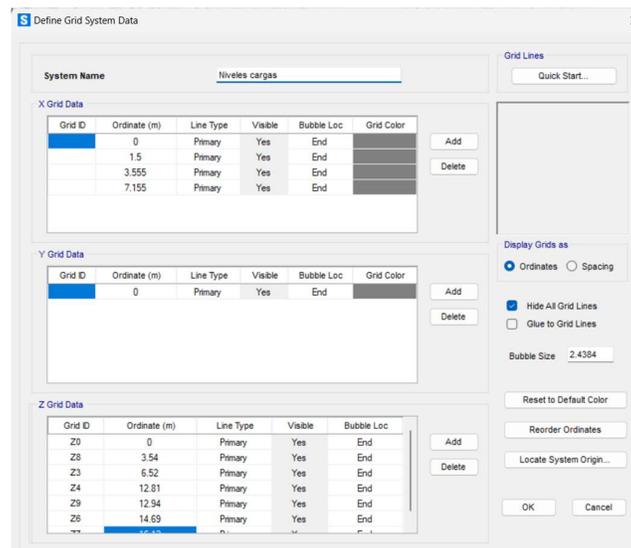
La Tabla 3.9 muestra el resumen de las cargas sísmicas actuantes en cada uno de los niveles mencionados previamente. Evidentemente, la carga aumenta conforme se incrementa

la altura del reservorio; no obstante, se logró distinguir que en la altura impulsiva se produce la mayor carga posible, ya que la masa del agua generó un esfuerzo adicional sobre la estructura al moverse junto con la vibración sísmica.

En el modelo, se definió un nuevo sistema de grillas para ubicar las alturas donde se requirió aplicar la carga sísmica, la ruta para realizarlo fue: **Define – Coordinate Systems/Grids – Add New System.**

**Figura 3.32**

*Sistema de coordenadas para cargas sísmicas*



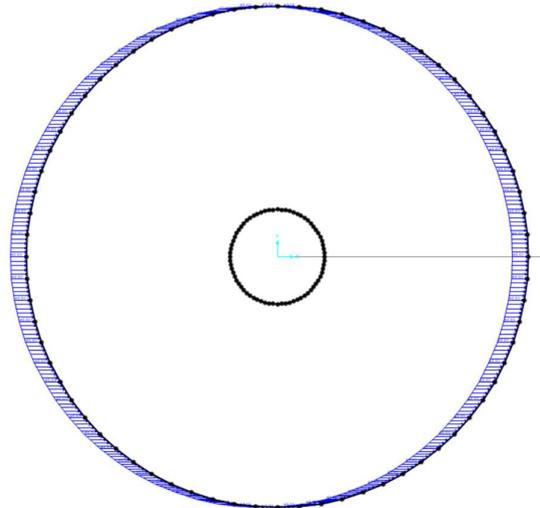
*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

Una vez definidos los niveles, se definió la carga sísmica en SAP2000, esto se logró siguiendo estos pasos: **Define – Load Patterns – Add New Load Pattern.** Este patrón de carga se definió con un tipo de carga *Quake* y ningún coeficiente, ya que no se definió ningún espectro de carga, sino que fueron asignadas manualmente.

La asignación de estas cargas se realizó mediante una carga distribuida a través de elementos frame que no poseen masa ni magnitud y se ubicaron longitudinalmente alrededor del tanque en sus alturas correspondientes.

**Figura 3.33**

*Carga sísmica reactiva en la altura impulsiva*



*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

Al colocarle la carga uniformemente distribuida, se especificó en dirección X del sistema global. No hizo falta definir otra dirección de carga sísmica, puesto que el tanque es una figura axisimétrica y su comportamiento fue igual sin importar la dirección en que ocurriera el sismo.

En definitiva, este análisis sirvió para comparar la cortante basal producida por el efecto sísmico, de la que se extrajo un valor de 493.86 tonf, que no difiere tanto del valor estimado en los cálculos presentados.

Se puede decir que este diseño estático permitió tener una idea del comportamiento de la estructura frente a un evento sísmico, pero no fue suficiente para dimensionar el tanque, pues el efecto sobre las masas impulsiva y convectiva debe ser analizado de forma independiente en el mismo modelo, ya que cada una posee un factor de reducción sísmico diferente.

### 3.1.6.2 Análisis sísmico dinámico

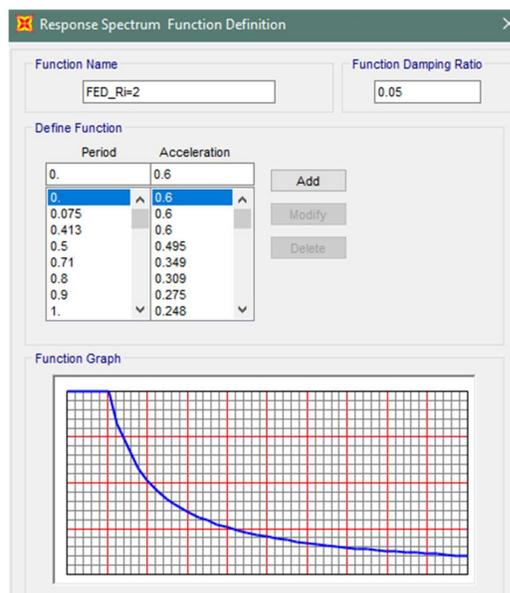
- **Modelado SAP2000**

Para análisis dinámico se consideró el efecto de la masa convectiva del agua cuando esta está bajo un evento sísmico, por lo tanto, después de haber modelado el tanque y realizar su debido meshing, se le asignó el espectro de diseño para la masa impulsiva, el cual es el estipulado por la Figura 3.34.

La ruta para definirlo es la siguiente: *Define – Functions – Response Spectrum – Add New Function*. El espectro definido está bajo la normativa NEC 15.

#### Figura 3.34

*Espectro de Respuesta sísmica impulsiva*



*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

Luego, se añadió “load Case” (Caso de Carga) del sismo dinámico, donde se le asignó al tipo de caso de carga el espectro de respuesta definido en la dirección X y Z con valores de 9.81 y 0.981 (en unidades de kN y m) respectivamente de acuerdo a lo mencionado en diferentes normas latinoamericanas. La normativa ecuatoriana permite omitir el efecto

producido en el eje Z, pero por la importancia de la estructura se prefirió optar por el criterio de la Guía Boliviana de Construcción que sí considera este efecto.

**Figura 3.35**

*Parámetros del caso de carga sismo dinámico*

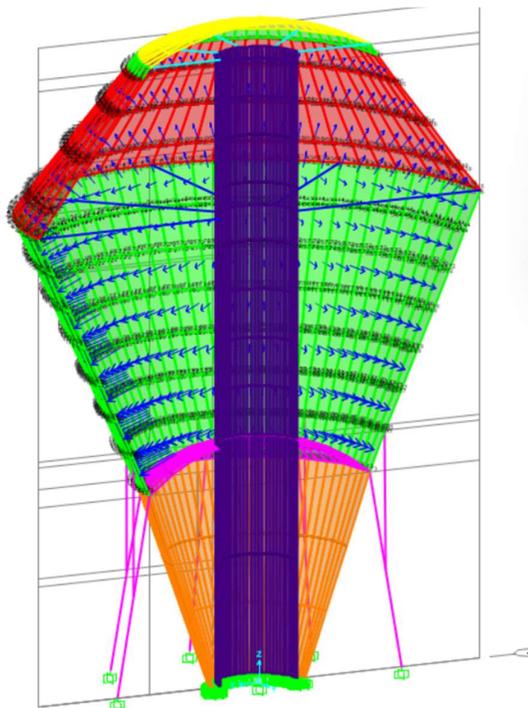
*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

Así mismo, se añadió el caso de carga para el empuje hidrostático producido por la carga de agua que almacenará el tanque, la misma que será aplicada a las paredes del tanque en forma de presión.

El empuje hidrostático se incrementa continuamente a medida que la carga de agua es mayor, por lo que se definió un *Joint Pattern* (patrón de nodos) que facilite la asignación de esta carga en las paredes del tanque.

**Figura 3.36**

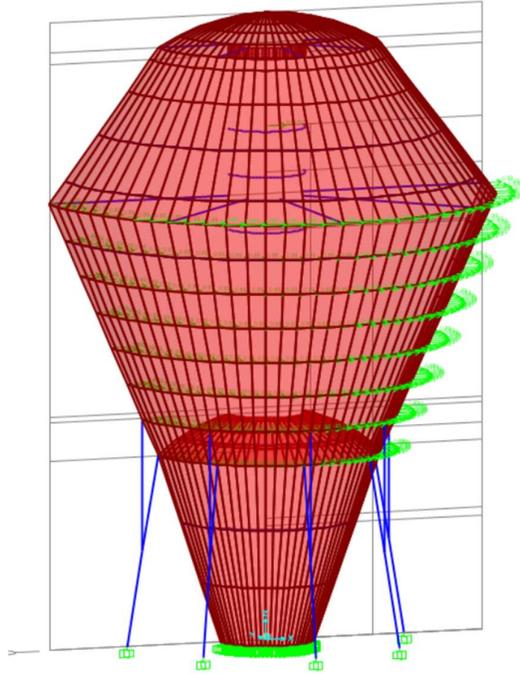
*Presión hidrostática del agua*



*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

En los elementos Shell, se consideró dos caras principales que definieron la dirección en la que se aplican las cargas perpendiculares; durante su asignación se debe asegurar que la cara seleccionada sea la apropiada de acuerdo con la ubicación del fluido.

Por otro lado, se colocaron la masa impulsiva y convectiva en el modelo para que se considere el efecto de esta masa durante el movimiento sísmico. La masa impulsiva se situó en todas las paredes que tienen contacto con el agua y se ubicaron por debajo de su altura determinada, por lo que una vez calculada la masa, se la dividió para el número de nodos para la que va a ser distribuida y se la designó como traslación en la dirección X del sistema global. La ruta para asignarla es: *Assign – Joint – Masses*.

**Figura 3.37***Masa impulsiva*

*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

De la misma manera, se debe definió y colocó la masa convectiva junto con su comportamiento sísmico en el modelo.

Para establecer el movimiento sísmico de esta masa sin eliminar o modificar el espectro de diseño definido que influye sobre toda la estructura, se definieron resortes que simulen este movimiento en la altura convectiva. La rigidez de estos resortes puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$Kc = 0.864 * \tanh^2 \left( 3.68 \frac{H_L}{D} \right) * \left( \frac{W_L}{H_L} \right) \quad (3.30)$$

El factor de rigidez se asignó de forma radial en cada uno de los nodos del tanque en la altura convectiva, por lo que se lo dividió para la cantidad de nodos presentes en ese nivel del modelo. La ruta para definir este factor es: *Define – Section Properties – Link/Support*

**Properties – Add New Propertie.** Se seleccionó la dirección U1 local y se modificó el valor de rigidez.

**Figura 3.38**

*Rigidez del resorte de masa convectiva*

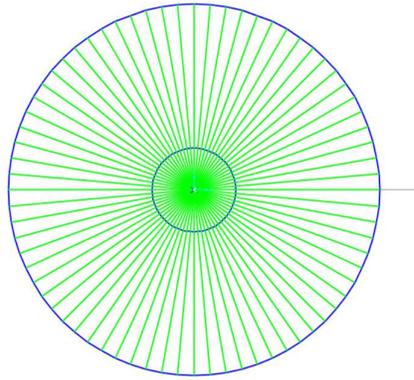
*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

Conjuntamente se asignó la masa convectiva calculada, la cual fue ubicada en el centro de la altura convectiva y fue multiplicada por el respectivo factor de reducción sísmica.

$$m_{c\text{corregida}} = m_c * R_{\text{convectivo}} \quad (3.31)$$

**Figura 3.39**

*Masa convectiva y resortes de modificación sísmica*



*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

- **Combinación de cargas**

Las combinaciones seleccionadas para el diseño de los elementos se las eligieron de acuerdo con la ACI 350 *Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures* y *Environmental Engineering Concrete Structures*. Se consideraron todas aquellas que involucraban a las fuerzas actuantes del fluido y las que priorizaban los movimientos sísmicos. Se tuvo muy en cuenta aquellas cargas de servicio que permitían comprender la concentración de esfuerzos en el tanque.

Entonces, se presentan las combinaciones a utilizar en la siguiente Figura:

**Figura 3.40***Combinaciones de carga para el proyecto*

$U1.1 = 1.4(D + F)$	$S1.1 = D + F$
$U1.2 = 1.2(D + F + G) + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + 1.2T$	$S1.2 = D + F + G + (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + L + T$
$U1.3 = 1.2(D + F + G) + 1.0W + 0.5L + 0.5S + 1.2T$	$S1.3 = D + F + G + 0.6W + L + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
$U1.4 = 1.2(D + F + G) + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + 0.5L + 1.2T$	$S1.4 = D + F + G + 0.7E + L + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
$U1.5 = 1.2(D + F + G) + 1.0E + 0.5L + 0.2S + 1.2T$	$S2.1 = 0.6D + 0.6W$
$U2.1 = 0.9D + 1.0F + 1.0E$	$S2.2 = 0.6D + 0.7E$
$U2.2 = 0.9D + 1.0E$	$S2.3 = 0.9D + 0.9F + 0.7E$
$U2.3 = 0.9D + 1.0W$	

*Nota.* Elaborado por ACI 350

Donde:

D: Carga Muerta

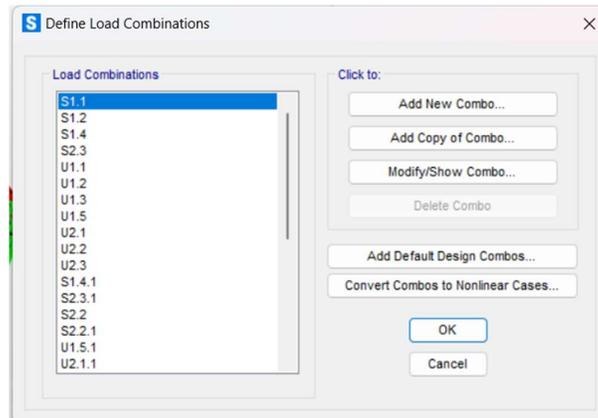
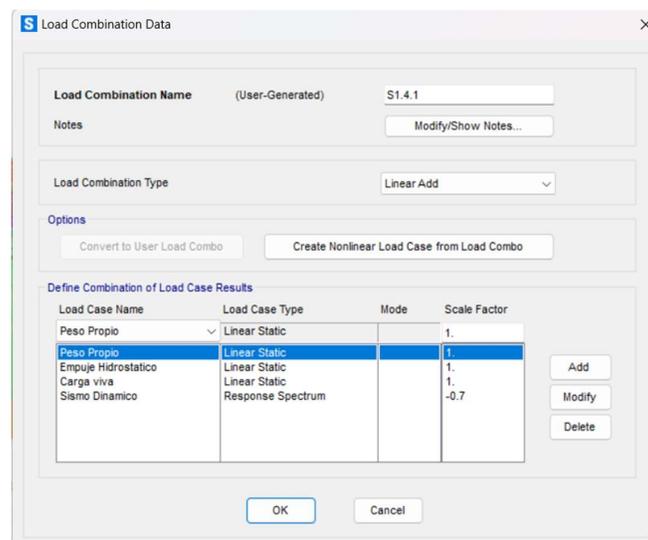
F: Carga del fluido

E: Carga Sísmica

L: Carga viva

Lr: Carga viva de cubierta

El procedimiento que se usó para ingresar las combinaciones en el modelo es: **Define – Load Combination – Add New Combo**. De las combinaciones presentadas en la Figura 3.41 se omitieron aquellas que solo variaban al considerar la carga de viento u otra carga que no sea relevante para nuestro análisis; además, se tuvo en cuenta que el sismo puede ocurrir en cualquiera de las direcciones, por lo que aquellas combinaciones que involucraban la carga sísmica se las agrego ambas veces con un factor positivo y negativo de la magnitud correspondiente para dicha combinación.

**Figura 3.41***Combinaciones de carga en SAP2000**Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023**Figura 3.42***Combinación con factor sísmico negativo**Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

Para mantener la concordancia de las combinaciones, se utilizaron nombres iguales o similares a los que propone la normativa, para facilitar el análisis posterior de estas combinaciones sobre la estructura. Conjuntamente se agregó una combinación que contenga a

todas las creadas anteriormente para permitir que el programa muestre los valores resultantes máximos de todas las combinaciones analizadas, la que denominamos “envolvente”.

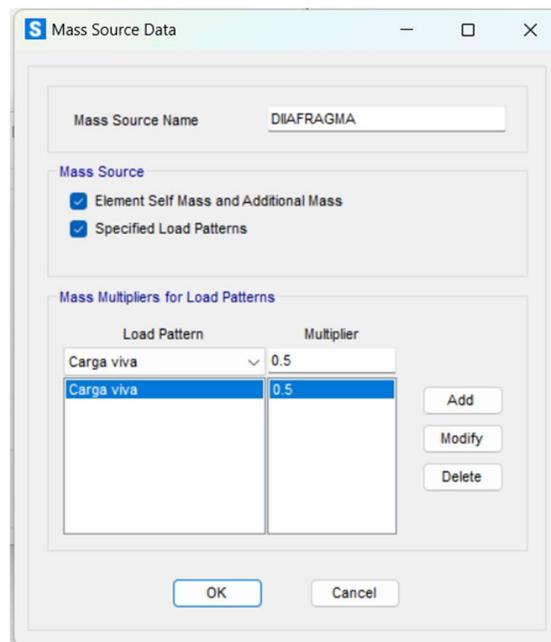
Por otro lado, la normativa americana también menciona que para el diseño de elementos a flexión se debe considerar un incremento en esta combinación envolvente de 1.3 y de 1.5 para aquellos elementos sometidos a tracción.

- **Fuente de masa**

La fuente de masa (*Mass Source*) corresponde a la masa reactiva mencionada en el análisis estático, esta se la definió en el programa SAP2000 de la siguiente manera: ***Define – Mass Source – Modify/Show Mass Source.***

**Figura 3.43**

*Fuente de masa en SAP2000*



*Nota.* Elaborado en SAP2000, 2023

Se procura seleccionar ambos recuadros presentes en la imagen 3.44 para que el programa calcule la masa de la estructura junto con el 0.5 de carga viva que indica la NEC.

### 3.2 Diseño de elementos del tanque

Se ejecuto el modelo culminado para iniciar a redimensionar la estructura en base a los esfuerzos producidos y establecer el refuerzo de acero necesario.

En primer lugar, se verificó que al menos el 90% de las masas estén siendo consideradas en el análisis modal, en cada una de las direcciones; de no ser así, se debe incrementar la cantidad de modos de vibración antes de ejecutar el modelo. Para este proyecto se consideró 120 modos de vibración.

**Figura 3.44**

*Resultados de la participación modal de masas*

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode	1	5.659454	0.472	0	0	0.472	0	0
MODAL	Mode	2	0.177173	0.414	0	0	0.886	0	0
MODAL	Mode	3	0.134873	4.295E-17	0.671	5.915E-17	0.886	0.671	5.915E-17
MODAL	Mode	4	0.134579	4.227E-17	4.305E-18	2.97E-17	0.886	0.671	8.885E-17
MODAL	Mode	5	0.047332	0.096	2.55E-14	8.055E-14	0.982	0.671	8.063E-14
MODAL	Mode	6	0.042154	4.494E-15	0.0002531	1.124E-13	0.982	0.672	1.931E-13
MODAL	Mode	7	0.041546	2.958E-06	1.77E-14	2.142E-13	0.982	0.672	4.073E-13
MODAL	Mode	8	0.04094	1.065E-14	3.135E-15	0.002527	0.982	0.672	0.002527
MODAL	Mode	9	0.039564	4.116E-15	1.194E-14	9.115E-15	0.982	0.672	0.002527
MODAL	Mode	10	0.038144	7.281E-14	0.225	1.193E-14	0.982	0.897	0.002527
MODAL	Mode	11	0.035946	2.367E-15	6.953E-15	6.974E-15	0.982	0.897	0.002527
MODAL	Mode	12	0.035859	1.079E-14	1.073E-14	1.595E-17	0.982	0.897	0.002527
MODAL	Mode	13	0.035858	8.092E-15	3.642E-14	1.086E-06	0.982	0.897	0.002528
MODAL	Mode	14	0.03583	5.49E-09	1.882E-13	1.032E-13	0.982	0.897	0.002528
MODAL	Mode	15	0.03582	3.897E-15	1.415E-07	1.262E-14	0.982	0.897	0.002528
MODAL	Mode	16	0.035776	7.046E-15	1.019E-18	4.73E-15	0.982	0.897	0.002528
MODAL	Mode	17	0.035526	0.001263	1.382E-14	1.261E-13	0.983	0.897	0.002528
MODAL	Mode	18	0.03479	3.9E-16	1.544E-14	0.012	0.983	0.897	0.014
MODAL	Mode	19	0.033513	1.309E-15	0.058	6.262E-14	0.983	0.955	0.014
MODAL	Mode	20	0.032958	6.803E-15	1.664E-14	1.693E-13	0.983	0.955	0.014
MODAL	Mode	21	0.031345	4.379E-15	6.103E-14	0.561	0.983	0.955	0.575

*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

El 90% de participación de masas es apreciable en las direcciones X y Y en la Figura 3.44; sin embargo, la dirección Z también alcanza este porcentaje en el periodo 103.

De la misma forma, se analizó la rotación de la estructura, pues se verificó que no exista torsión en los dos primeros modos de vibración, por lo tanto, se pudo inferir un comportamiento estable

**Figura 3.45**

*Resultados de la participación modal torsional del tanque*

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	RX Unitless	RY Unitless	RZ Unitless
MODAL	Mode	1	5.659454	0.472	0	0	0	0.262	0
MODAL	Mode	2	0.177173	0.414	0	0	0	0.001116	0
MODAL	Mode	3	0.134873	4.295E-17	0.671	5.915E-17	0.404	2.153E-16	4.463E-18
MODAL	Mode	4	0.134579	4.227E-17	4.305E-18	2.97E-17	9.488E-18	2.122E-16	0.979
MODAL	Mode	5	0.047332	0.096	2.55E-14	8.055E-14	3.733E-14	0.608	3.117E-16
MODAL	Mode	6	0.042154	4.494E-15	0.0002531	1.124E-13	0.0002912	2.384E-14	3.938E-17
MODAL	Mode	7	0.041546	2.958E-06	1.77E-14	2.142E-13	3.163E-14	1.428E-06	1.567E-16
MODAL	Mode	8	0.04094	1.065E-14	3.135E-15	0.002527	3.496E-15	5.428E-14	2.658E-18
MODAL	Mode	9	0.039564	4.116E-15	1.194E-14	9.115E-15	1.937E-14	2.593E-14	0.00122
MODAL	Mode	10	0.038144	7.281E-14	0.225	1.193E-14	0.386	3.521E-13	3.944E-16
MODAL	Mode	11	0.035946	2.367E-15	6.953E-15	6.974E-15	1.083E-14	1.342E-14	0.012
MODAL	Mode	12	0.035859	1.079E-14	1.073E-14	1.595E-17	1.05E-14	7.068E-14	0.001968
MODAL	Mode	13	0.035858	8.092E-15	3.642E-14	1.086E-06	2.741E-14	6.228E-14	2.364E-16
MODAL	Mode	14	0.03583	5.49E-09	1.882E-13	1.032E-13	2.517E-13	2.647E-08	1.93E-15
MODAL	Mode	15	0.03582	3.897E-15	1.415E-07	1.262E-14	4.324E-07	1.991E-14	2.637E-16
MODAL	Mode	16	0.035776	7.046E-15	1.019E-18	4.73E-15	1.313E-16	4.335E-14	0.003717
MODAL	Mode	17	0.035526	0.001263	1.382E-14	1.261E-13	2.738E-14	0.00829	8.492E-16
MODAL	Mode	18	0.03479	3.9E-16	1.544E-14	0.012	1.623E-15	1.012E-15	5.504E-16
MODAL	Mode	19	0.033513	1.309E-15	0.058	6.262E-14	0.088	5.565E-16	2.574E-15
MODAL	Mode	20	0.032958	6.803E-15	1.664E-14	1.693E-13	8.999E-15	6.67E-14	2.003E-06

*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

de la misma. Se recomienda que el valor no exceda el 20%, de lo contrario se recomienda rigidizar la estructura.

El movimiento torsional es relevante cuando la rotación en el eje Z representa un porcentaje considerable en relación con la rotación total de la estructura; no obstante, la Figura 3.45 demuestra que, en los tres primeros modos de vibración, el movimiento en el eje Z no es significativo.

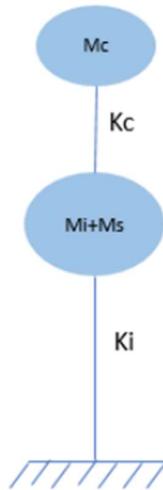
- **Verificación de periodos**

Puesto que las masas convectiva e impulsiva que actúan sobre el tanque se comportan de manera diferente durante las vibraciones sísmicas, es pertinente analizar un periodo fundamental distinto para cada una de ellas; sin embargo, se estimó el periodo fundamental general a partir de cálculos matriciales con el modelo equivalente de dos masas.

El tanque elevado se lo simplifico como un cuerpo que consta de dos masas principales con rigideces respectivas, puesto que son estas las que producen un mayor desplazamiento de la

**Figura 3.46**

*Modelo de masas equivalentes*



*Nota.* Elaborado por Coral & Fernández, 2018

estructura, con la finalidad de estimar el valor de frecuencia angular del reservorio y posteriormente el periodo fundamental representativo.

Donde:

Ki: Coeficiente de rigidez de la masa impulsiva

Kc: Coeficiente de rigidez de la masa convectiva

Mc: Masa Convectiva

Mi: Masa impulsiva

Ms: Masa de la estructura

La matriz quedaría planteada de la siguiente manera:

$$|K - \omega^2 M| = 0 \quad (3.32)$$

Donde  $\omega$ ,  $K$  y  $M$  representan la frecuencia angular, matriz de rigidez y matriz de masas respectivamente. La matriz puede ser ampliada de la siguiente manera considerando las variables del modelo de masas equivalentes:

$$\left| \begin{bmatrix} Kc + Ki & -Ki \\ -Ki & Ki \end{bmatrix} - \omega^2 \begin{bmatrix} Mi + Ms & 0 \\ 0 & Mc \end{bmatrix} \right| = 0 \quad (3.33)$$

Resolviendo la determinante se tiene que la frecuencia angular es:

$$\omega^2 = \frac{(KcMc + Ki(Mi + Ms) + KiM) \pm \sqrt{(KcMc + Ki(Mi + Ms) + KiMc)^2 - 4KcKi(Mi + Ms)Mc}}{2M(Mi + Ms)} \quad (3.34)$$

La rigidez lateral de la masa impulsiva ( $Ki$ ) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Ks = \frac{3EcIf}{hf^3} \quad (3.35)$$

$I_f$  se refiere a la inercia del fuste, ya que es la estructura de soporte que proporciona la rigidez, como se observa en la Figura 3.37.

En este caso, el soporte está compuesto por el elemento con forma de cono truncado, las 8 columnas inclinadas y la parte inferior del cilindro interior, por lo que se utilizó AutoCAD para determinar la inercia de cada sección y posteriormente el valor total a utilizar. Estimando entonces, una inercia total de  $83.52 \text{ m}^4$ .

Reemplazando, obtenemos los siguientes resultados:

$$Ki = \frac{3(25478425)(83.52)}{6^3}$$

$$Ki = 29554973 \frac{kN}{m}$$

$$\omega = 0.94 \frac{rad}{s}$$

El periodo fundamental de la estructura fue entonces 6.95 s, el cual discrepa en un 22% con el periodo calculado en el programa, plasmado en la Figura 3.45, es decir que no supera el 30% recomendable por la NEC.

- **Verificación de desplazamientos**

La Normativa Ecuatoriana limita los desplazamientos máximos de la estructura mediante el análisis de derivas de piso. En edificaciones es común realizar este análisis para cada uno de los pisos del edificio, sin embargo, debido a la forma particular del tanque, se realizó una división de niveles en base a las formas regulares por las que está compuesto el reservorio, las mismas que ya se han mencionado en el desarrollo del documento.

**Figura 3.47**

*Límites de deformación unitaria*

Material	Deformación Unitaria Máxima $\tau$ (de acuerdo con la sección 7.3)
Hormigón en compresión	$0.004 + 1.4 \frac{\rho_v f_y h \epsilon_{su}}{f_{cc}} < 0.02$
Acero de refuerzo en tensión	0.06
Acero estructural	0.025

*Nota.* Elaborado por NEC-SE-HM, 2015

La Figura 3.47 presenta las deformaciones máximas que pueden tener las estructuras de acuerdo con su material y esfuerzo realizado. No obstante, para el análisis del reservorio se consideró un límite de derivas de 0.01 por la importancia de la estructura. Este límite también es utilizado por otras normativas latinoamericanas como la E060.

Los desplazamientos fueron extraídos de SAP2000, considerando únicamente la carga sísmica multiplicada por su factor de reducción, en otras palabras, se evaluó los desplazamientos con respecto al espectro elástico.

**Tabla 3.10**

*Resultados de derivas*

Sección	U1 mm	he mm	Deriva rel mm	Deriva abs mm	Deriva lim -	Cumple -
<b>Cúpula superior</b>	17.758	950	1.148758	0.00120922	0.01	CUMPLE
<b>Cono Truncado 3</b>	16.609	4750	3.910042	0.00082317	0.01	CUMPLE
<b>Cono Truncado 2</b>	12.699	8050	7.778314	0.00096625	0.01	CUMPLE
<b>Cúpula inferior</b>	4.921	1189	0.271621	0.00022844	0.01	CUMPLE
<b>Cono Truncado 1</b>	4.649	5950	4.649442	0.00078142	0.01	CUMPLE

Así también, la ASCE 7-16 recomienda que los desplazamientos sean verificados mediante un análisis P-Δ.

La consideración del efecto P-Δ demanda que el coeficiente de estabilidad  $\theta$  sea menor que 0.1. Donde:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (3.36)$$

Donde:

$P_x$ : Carga vertical de diseño sobre el nivel x.

$\Delta$ : Desplazamiento

$I_e$ : Factor de importancia sísmica

$V_x$ : Fuerza cortante que actúa entre los niveles x y x-1

$h_{sx}$ : Altura de piso

$C_d$ : Factor de amplificación de deflexión

La ASCE menciona que  $C_d=2$  para tanques elevados.

Reemplazando, se tiene entonces:

$$\theta = \frac{2852.235(4.65)(1.5)}{7201.88(5.95)(2)}$$

$$\theta = 0.000232 < 0.1$$

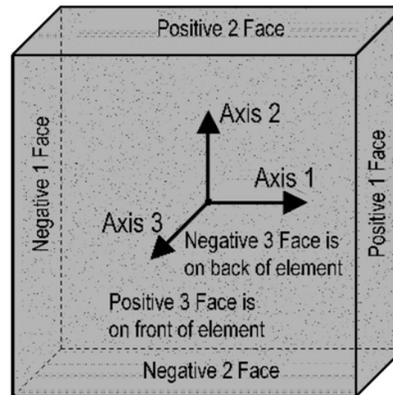
Se comprobó entonces que no es necesario rigidizar la estructura y se procedió a dimensionar el acero requerido por los elementos estructurales.

### **3.2.1 Diseño de Muros**

Para diseñar los muros estructurales se utilizó la función de SAP2000 para diseño de concreto, pero también se comparó este resultado con el requerimiento mínimo de acero propuesto por la ACI 318.

La combinación que se utilizó para diseñar el refuerzo dependió de los esfuerzos a los que se encontró la estructura, ya que como mencionamos previamente, la ACI 350 presenta una combinación para elementos a flexión y otra para aquellos a tracción. SAP2000 tiene la capacidad de mostrar gráficamente y mediante una escala de colores estos esfuerzos a los que se expone el reservorio.

Se debe entender también que la convención de ejes utilizada por SAP2000 es la siguiente:

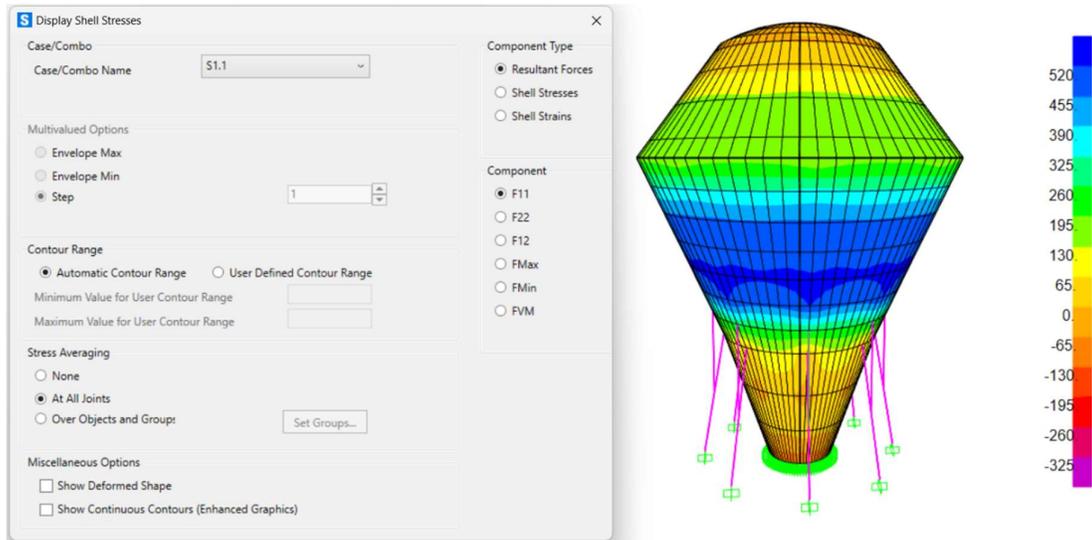
**Figura 3.48***Convención de ejes locales**Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

La dirección de estos ejes en cada Shell de la estructura es indispensable para entender el efecto de las fuerzas sobre los muros del reservorio y por ende para la determinación del acero. De acuerdo con la forma en que se dibujó el tanque, el eje 1 representa la dirección axial horizontal de los muros, mientras que el eje 2 referencia la dirección vertical.

Para comprender los esfuerzos en la estructura se empleó la combinación S1.1 y S1.4, ya que estas son las combinaciones de servicio con y sin movimientos sísmicos.

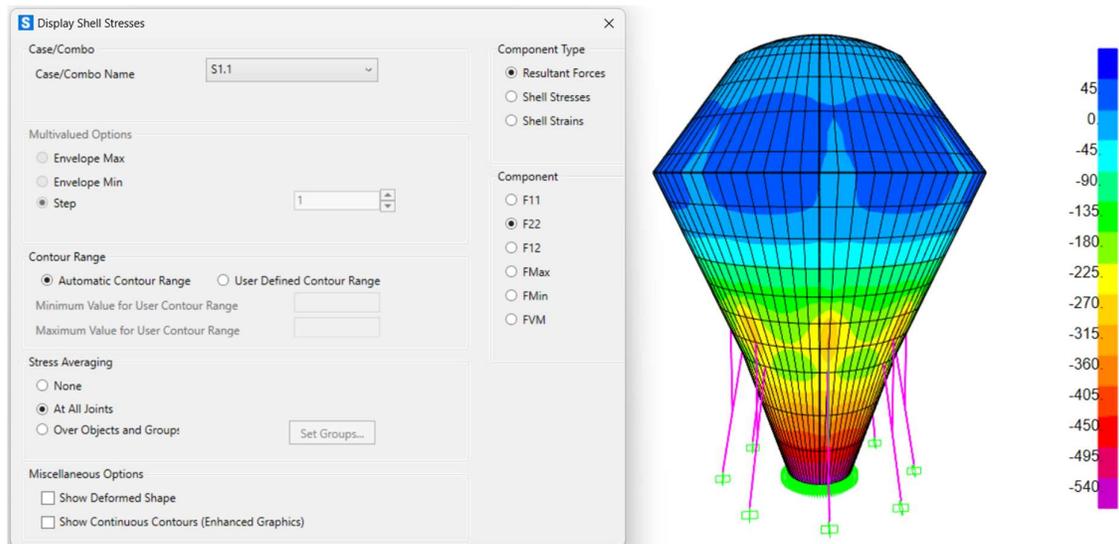
**Figura 3.49**

*Esfuerzos del reservorio en la dirección local 1*



*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

La Figura 3.49 muestra la concentración de esfuerzos en la sección del tanque donde se almacenó la mayor cantidad de agua, demostrando la existencia de tracción en los muros a causa de la presión hidrostática.

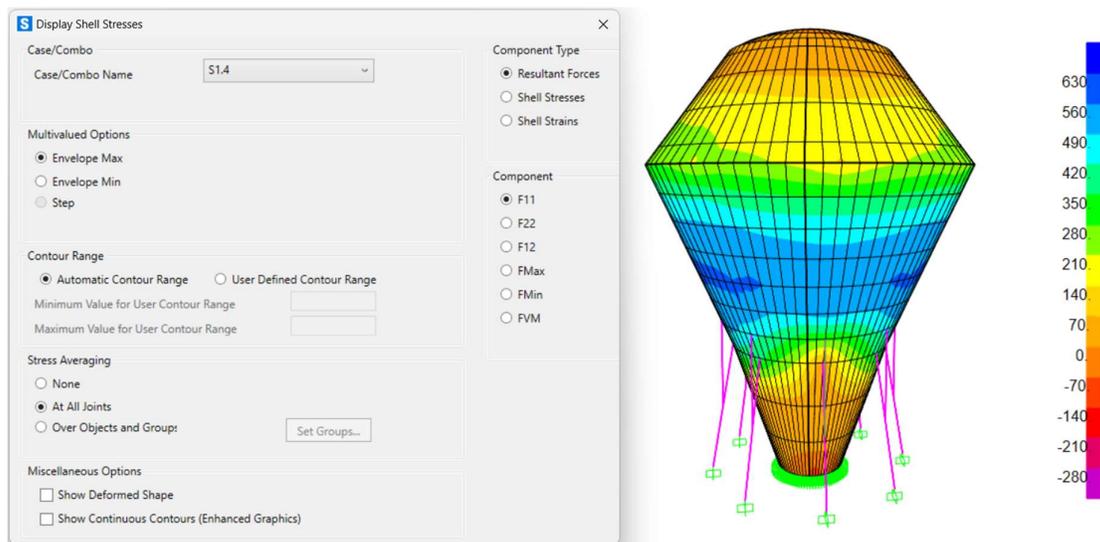
**Figura 3.50***Esfuerzos del reservorio en la dirección local 2**Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

En la dirección vertical es apropiado que las fuerzas sean negativas a causa del peso de la estructura, tal y como se demuestra en la Figura 3.50, donde las reacciones son negativas o prácticamente 0. Asimismo, se evidenció que la concentración máxima de fuerzas verticales ocurre en la base del tanque.

Por otra parte, la incidencia de la carga sísmica puede modificar la distribución de estos esfuerzos como consecuencia de los movimientos horizontales, ocasionando que se presente tracción en secciones donde las cargas gravitacionales o de presión no ejercen un esfuerzo significativo.

**Figura 3.51**

*Esfuerzos por carga sísmica en la dirección local 1*

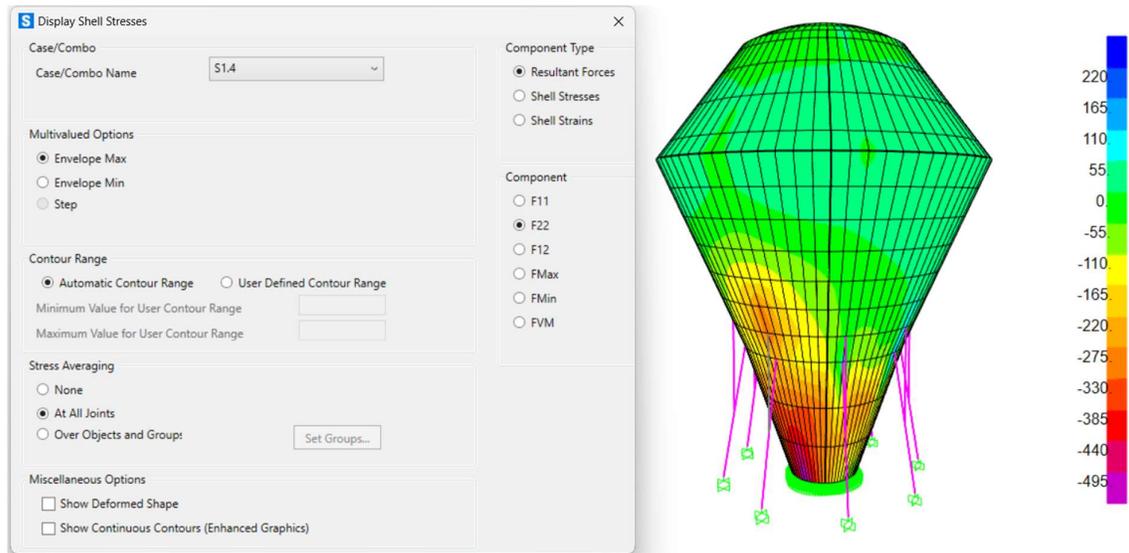


*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

La Figura 3.51 presenta una concentración similar a la Figura 3.49 con cierta mayoración de las reacciones en ciertas zonas, es decir que en esta dirección el sismo provocó un cambio brusco en los esfuerzos.

**Figura 3.52**

*Esfuerzos por carga sísmica en la dirección local 2*



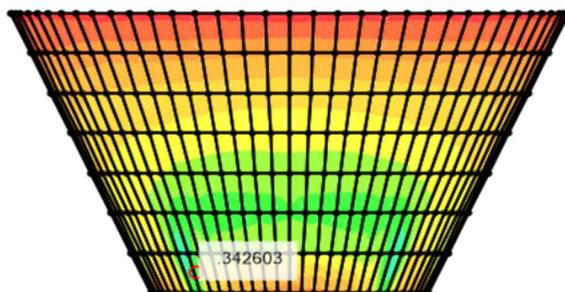
*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

Con respecto a la distribución vertical de los esfuerzos, se logra apreciar una variación notoria de la Figura 3.52 con respecto a la 3.50, a causa del movimiento lateral, pues el tanque ya no se encuentra en su mayoría a compresión, sino que se genera tracción en los muros.

Una vez comprendido el comportamiento a tracción de la estructura con las diferentes cargas asignadas, se pudo iniciar con la definición del acero en los muros, utilizando las combinaciones de carga pertinentes. La ruta para el diseño del armado es: **Display – Show Forces/Stresses – Shells – Concrete Design – Top/Bottom Face**; esta función también refleja el acero que demanda cada zona a través de una escala de colores.

**Figura 3.53**

*Cantidad de acero requerido por metro lineal*



*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

SAP2000 presenta visualmente la cantidad de acero, por lo que se debe ser minucioso en la selección de los puntos críticos para la cantidad de acero que se requiere en una zona determinada. La Figura 3.53 muestra que para el sector seleccionado el requerimiento de acero es de  $34 \text{ cm}^2/\text{m}$ . La escala de colores ayuda al diseñador a encontrar fácilmente el área que necesita una mayor cantidad de acero; sin embargo, se debe tener en cuenta que no basta simplemente con reforzar ese punto, pues al ser un tanque axisimétrico, esa demanda puede ocurrir en cualquiera de los puntos que se encuentran a ese nivel.

Además, la opción de *Top Face* y *Bottom Face* se refieren al área de acero necesario para cada una de las caras correspondientes del muro, es decir que el muro está conformado por varillas longitudinales y transversales en ambas caras.

Donde es posible, las formas regulares fueron divididas en diferentes subniveles para evitar sobredimensionar la estructura y mantener un diseño relativamente económico.

**Tabla 3.11**

*Resultados de acero requerido según SAP2000*

Sección	espesor [cm]	Ast1 [cm <sup>2</sup> /m]	
		Bottom	Top
Cúpula superior	10	2.5	2.5
		1	1
Cono Truncado 3	30	15	15
		10	10
Cono Truncado 2	30	50	50
		35	35
Cúpula inferior	25	48	48
		10	10
Cono Truncado 1	30	25	25
		42	42
Cilindro Escalera	20	15	15

Todas las figuras fueron divididas en dos partes de acuerdo con su altura, obteniendo los resultados plasmados en la Tabla 3.11. Se aprecia también que la cantidad de acero es igual en ambas caras del muro para todas las secciones clasificadas.

**Figura 3.54**

Cuantías mínimas de refuerzo corrugado

Tipo de refuerzo	$f_y$ , MPa	Cuantía mínima de refuerzo	
Barras corrugadas	< 420	0.0020	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldado	≥ 420	Mayor de:	$\frac{0.0018 \times 420}{f_y}$
			0.0014

*Nota.* Elaborado por ACI 318S-14, 2015

La ACI 318S-14, (2014) propone la siguiente Tabla para el cálculo de cuantía mínima requerida en una sección de hormigón armado en base al esfuerzo de fluencia del acero utilizado.

Las varillas comerciales de Ecuador generalmente tienen un esfuerzo de fluencia de 420 MPa, por lo que las fórmulas utilizadas para el cálculo del acero mínimo son las correspondientes para esta resistencia.

En la cúpula superior es donde el programa presentó la menor cantidad requerida de acero, mostrando zonas donde incluso no es necesario reforzar esta sección; no obstante, el cálculo de la cantidad mínima de acero se lo obtuvo como:

$$A_{s_{min}} \geq A_g * 0.0018 * \frac{420}{f_y} \quad (3.37)$$

$$A_{s_{min}} \geq 10 * 100 * 0.0018 * \frac{420}{420}$$

$$A_{s_{min}} \geq 1.8 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{s_{min}} \geq A_g * 0.0014 \quad (3.38)$$

$$A_{s_{min}} \geq 1.4 \frac{cm^2}{m}$$

Se consideró entonces el área de acero calculada por el método de la ACI para la parte más alta de la cúpula donde el programa exigía solamente 1 cm<sup>2</sup>/m.

En los demás elementos Shell, la demanda de acero es elevada en comparación al  $A_{s_{min}}$ , por lo que los valores utilizados fueron los de la Tabla 3.12.

Tabla 3.12

*Diámetro y área de varillas para área requerida*

Sección	espesor [cm]	As requerido [cm <sup>2</sup> /m]		φ varilla [mm]	Área varilla [cm <sup>2</sup> ]	# varillas/m -
		Bottom	Top			
Cúpula superior	10	2.5	2.5	8	0.503	4.97
		1.8	1.8	8	0.503	3.58
Cono Truncado 3	30	15	15	20	3.142	4.77
		10	10	16	2.011	4.97
Cono Truncado 2	30	50	50	32	8.042	6.22
		35	35	25	4.909	7.13
Cúpula inferior	25	48	48	28	6.158	7.80
		10	10	16	2.011	4.97
Cono Truncado 1	30	25	25	25	4.909	5.09
		42	42	28	6.158	6.82
Cilindro Escalera	20	15	15	18	2.545	5.89

Se propuso un diámetro de varillas en base al área de cada una y a la cantidad de varillas necesarias para completar el área requerida en un metro lineal. El número de varillas para el cono truncado 2 se determinó de la siguiente manera:

$$\#varillas = \frac{A_{req}}{A_{varilla}} \quad (3.39)$$

$$\#varillas = \frac{50}{8.042}$$

$$\#varillas = 6.22 \cong 7 \text{ varillas/metro}$$

Como la cantidad de varillas fue calculada por metro lineal, el espaciamiento se estimó dividiendo dicha longitud para el número de barras asumido.

$$s = \frac{100}{7}$$

$$s = 14.7 \text{ cm} \cong \text{se asume } 12.5 \text{ cm}$$

El espaciamiento final utilizado debe ser expresado en medidas constructivamente sencillas para facilitar su colocación.

Con respecto al eje 2, se realizó el mismo procedimiento para precisar el número de varillas, con la diferencia de que se tiene que tomar en cuenta la fisuración en los muros que contienen agua al calcular el espaciamiento máximo.

De acuerdo con la ACI 350, el espaciamiento entre barras para evitar fisuraciones está dado por la siguiente expresión:

$$s = \frac{0.5 \left( \frac{Z}{f_s} \right)^2}{d_c^2} \quad (3.40)$$

Donde  $f_s$  se estima mediante:

$$f_s = \frac{M_s}{0.9 d_c A_s} \quad (3.41)$$

$M_s$  representa el momento producido por la combinación de servicio con sismo, de la altura efectiva del elemento,  $A_s$  el área de acero colocado y  $Z$  es una constante que depende de las condiciones ambientales y se encuentra referenciado en la normativa.

Para el cono truncado 3 se estimó que el área de acero colocada es de  $10.05 \text{ cm}^2$ , el momento de servicio existente fue de  $350000 \text{ kg*cm}$  y el factor  $Z$  fue  $17000 \text{ kg/cm}$  que corresponde a rajaduras máximas de  $0.020 \text{ cm}$ .

$$f_s = \frac{350000}{0.9(25)(10.05)}$$

$$f_s = 1547.34$$

$$s = \frac{0.5 \left( \frac{17000}{1547.34} \right)^2}{25^2}$$

$$s = 26.52 \text{ cm}$$

Se colocó entonces un espaciamiento de 20 cm para esta sección; en caso de que el espaciamiento máximo por fisuración sea menor a 10 cm se recomienda incrementar el diámetro de la varilla utilizada.

**Tabla 3.13**

*Detalle de refuerzo para cada sección*

Sección	Detalle
<b>Cúpula superior</b>	Varilla $\phi$ 8mm @ 20cm
	Varilla $\phi$ 8mm @ 25cm
<b>Cono truncado 3</b>	Varilla $\phi$ 20mm @ 20cm
	Varilla $\phi$ 16mm @ 20cm
<b>Cono truncado 2</b>	Varilla $\phi$ 32mm @ 12.5cm
	Varilla $\phi$ 25mm @ 12.5cm
<b>Cúpula inferior</b>	Varilla $\phi$ 28mm @ 12.5cm
	Varilla $\phi$ 16mm @ 20cm
<b>Cono truncado 1</b>	Varilla $\phi$ 25mm @ 15cm
	Varilla $\phi$ 28mm @ 12.5cm
<b>Cilindro escalera</b>	Varilla $\phi$ 18mm @ 15cm

En resumen, las varillas de refuerzo de los muros deben ser colocadas según la distribución planteada en la Tabla 3.20.

### 3.2.2 Diseño de Vigas

Para el diseño de los elementos estructurales (Vigas) se utilizó el método de resistencia última, donde esta debe ser por lo menos igual al efecto de las cargas mayoradas de acuerdo con NEC-SE-HM, (2015) por lo tanto:

$$\phi M_n \geq M_u$$

Donde:

$\phi$ : factor de reducción

$M_n$ : Momento de diseño

$M_u$ : Momento requerido o último

Para elementos sometidos a tracción el factor de reducción  $\phi$  es igual a 0.9, tal como se puede observar en la Figura 3.55:

**Figura 3.55**

*Factores de reducción de resistencia*

Solicitaciones	Factores de reducción de resistencia $\phi$
Secciones controladas por tracción	0.90
Tracción axial	0.90
Secciones controladas por compresión	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos con refuerzo transversal en espiral</li> <li>• Otros elementos reforzados</li> </ul>	0.75 0.65
Cortante y torsión	0.75
Aplastamiento	0.65

*Nota.* Elaborado por NEC-SE-HM, 2015

Para el momento de diseño de las vigas se lo obtuvo por medio de fórmula, el cual, depende de las propiedades dimensionales de la viga y la resistencia a compresión del acero, el cual es:

$$\phi M_n = \phi \left[ A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \right] \quad (3.40)$$

Donde:

$A_s$ : acero mínimo requerido

$f_y$ : resistencia a fluencia del acero

$d$ : peralte

$a$ :

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c * b} \quad (3.41)$$

Donde:

$f'_c$ : resistencia a compresión del hormigón

$b$ : base de la viga

En el reservorio existen dos tipos de vigas unas pertenecen a la parte superior del tanque y las otras a la parte intermedia en el diámetro mayor del tanque, por lo tanto, se diseñaron 2 vigas con su acero longitudinal y transversal cada una. Para el acero longitudinal superior se hizo uso del momento ultimo negativo y para el inferior el momento ultimo positivo.

Para el cálculo del momento de diseño del acero superior e inferior se usará a las vigas intermedias como ejemplo para el proceso de cálculo, ya que, así mismo se calculó a las vigas superiores.

### 3.2.2.1 Acero superior e inferior

Las vigas intermedias tuvieron las siguientes dimensiones:

**Tabla 3.14**

*Dimensiones de vigas intermedias del tanque*

Vigas	Base (m)	Altura (m)	Recubrimiento (mm)	Ø Estribos (mm)	$f_y$ (MPa)	$f'_c$ (MPa)
<b>Intermedias</b>	0.4	0.5	40	10	412	30

Con estos datos se procedió a calcular el peralte de las vigas, el cual, es igual a:

$$d = h - \text{Øestribos} - \text{recubrimiento} \quad (3.42)$$

$$d = 500 - 10 - 40 = 450 \text{ mm} = 0.45 \text{ m}$$

Luego, se procedió a calcular el acero mínimo requerido para poder obtener el diámetro de varilla requerido con la cantidad necesaria para cumplir con el momento. El acero mínimo se lo escoge de acuerdo con:

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d; A_{smin} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right] \quad (3.43)$$

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{412} * 400 * 450; A_{smin} = \frac{\sqrt{30}}{4 * 412} 400 * 450 \right]$$

$$A_s \geq \max[612 \text{ mm}^2; A_{smin} = 598 \text{ mm}^2]$$

$$A_s = 612 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el área del acero, se eligió el diámetro de varilla igual a 14, por lo tanto, el número de varillas necesario fue igual a:

$$\#varilla = \frac{A_s}{A \text{ de varilla}} \quad (3.44)$$

$$\#varilla = \frac{4 * 612}{\pi * 14^2} = 3,97 = 4 \text{ varillas}$$

Al ya saber el número de varillas necesarias, el área se corrigió a:

$$A_{corr} = \pi * 14^2 * \frac{1}{4} * 4 = 616 \text{ mm}^2$$

Luego, se calculó el valor de a, dando un resultado de:

$$a = \frac{616 * 412}{0.85 * 30 * 400} = 25$$

Sabiendo el valor de a, ya se pudo calcular el valor del momento de diseño, el cual, fue igual a:

$$\phi M_n = 0.9 \left[ 612 * 412 \left( 450 - \frac{25}{2} \right) * \frac{1}{1000} \right] = 100 \text{ kN} * \text{m}$$

El momento último se lo verifico por medio del software de SAP2000, el cual, se obtuvo el valor de:

**Figura 3.56**

*Momento ultimo de viga intermedia*

Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
9	2.9525	1.3 Envolv...	Combination	Max	173.951	2.573	1.972E-05	3.694E-07	1.712E-05	20.4366
10	2.9525	1.3 Envolv...	Combination	Max	152.888	1.801	0.23	0.565	0.3292	20.4366

*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

El momento último de la viga para acero superior de acuerdo con la Figura 3.56 es el momento positivo máximo que fue igual a 20,4366 kN\*m, con esto se pudo corroborar que el momento de diseño es mayor que el momento último, por lo tanto, cumple con lo estipulado por el método de resistencia ultima. Para acero inferior se siguen los mismos pasos, pero con el cambio de que este utilizó el momento ultimo negativo para comparar.

### 3.2.2.2 Acero transversal

Para acero transversal se hizo uso del método de la resistencia de diseño por cortante, donde nos dice que la resistencia al cortante nominal debe ser mayor o igual a la fuerza cortante mayorada ultima.

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n \geq \frac{M_i^o + M_j^o}{L - d} + V_{ug} \quad (3.45)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.46)$$

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d}{s} \quad (3.47)$$

Donde:

Vn: resistencia al cortante.

$V_c$ : resistencia al cortante proporcionado por el concreto.

$V_s$ : resistencia al cortante proporcionado por el acero.

$M_i^\circ$ ,  $M_j^\circ$ : Capacidades en momento multiplicadas por el factor de sobre-resistencia, en los extremos del elemento.

$L$ : longitud entre caras del elemento en flexión.

$d$ : altura efectiva. ( $L-d=5.9$  m)

$V_{ug}$ : cortante a una distancia  $d/2$  correspondiente a la carga muerta sin mayorar que actúa sobre el elemento.

$s$ : separación de estribos

$\phi$ : factor de reducción para flexión es igual a 0.75

Para el cálculo se asumió diámetro de estribos de 10 mm, por lo tanto, el área del refuerzo por cortante es igual a:

$$A_v = 2 * \pi * 10^2 * \frac{1}{4} = 157.08 \text{ mm}^2$$

Después se calculó el espaciamiento en la zona de no confinamiento, que de acuerdo con la ACI 318 el espaciamiento  $s$  es igual al peralte dividido para dos.

$$s = \frac{450}{2} = 225 \text{ mm}$$

Al obtener este valor, se calculó la resistencia a cortante del acero  $V_s$ :

$$V_s = \frac{157.08 * 412 * 450}{225 * 1000} = 129.43 \text{ kN}$$

Multiplicándolo por el factor sale igual a:

$$\phi V_s = 0.75 * 129.43 = 97.08 \text{ kN}$$

Luego, se halló el  $M_i^\circ$  y  $M_j^\circ$ , para estos se requieren los momentos últimos de las vigas, los cuales, de acuerdo con el software  $M_{u+} = 20.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$  y  $M_{u-} = 21.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$ , por consiguiente,  $M_i^\circ$  y  $M_j^\circ$  fueron iguales a:

$$M_i^o = 1.25 * \frac{21.56}{0.9} = 29.94 \text{ kN} * m$$

$$M_j^o = 1.25 * \frac{20.44}{0.9} = 28.38 \text{ kN} * m$$

Por lo tanto, por ecuación 3.45  $V_u$  fue:

$$V_u = \frac{29.94 + 28.38}{5.9} = 9.89 \text{ kN}$$

Con  $V_u = 9.89 \text{ kN}$  que es menor a  $\phi V_s = 97.08 \text{ kN}$  se pudo decir que cumple y que se requirió de estribos de 10 mm cada 225 mm en la zona de no confinamiento y cada 85 mm en la zona de confinamiento.

El cálculo para las vigas superiores es el mismo que el explicado solo que con sus respectivos momentos obteniendo así los siguientes aceros:

**Tabla 3.15**

*Resumen de acero para vigas*

Vigas	Dimensiones		Acero longitudinal		Acero transversal	
	<b>b</b>	<b>h</b>	<b>Superior</b>	<b>Inferior</b>	<b>Zona de Confinamiento</b>	<b>Zona de no confinamiento</b>
<b>Superiores</b>	300	500	3 varillas de $\phi$ 14 mm	3 varillas de $\phi$ 14 mm	Varillas de $\phi$ 10 mm c/ 85 mm	Varillas de $\phi$ 10 mm c/ 225 mm
<b>Intermedias</b>	400	500	4 varillas de $\phi$ 14 mm	4 varillas de $\phi$ 14 mm	Varillas de $\phi$ 10 mm c/ 85 mm	Varillas de $\phi$ 10 mm c/ 225 mm

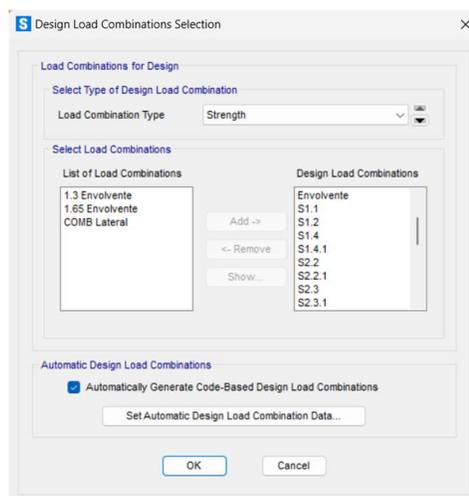
### 3.2.3 Diseño de Columnas

El diseño del refuerzo de las columnas se realizó mediante la función de diseño de concreto de SAP2000, esta muestra la cuantía necesaria para la sección de la columna.

Previo a utilizar esta función se escogieron las combinaciones definidas en el modelo para que las columnas se diseñen con ellas. La forma de hacerlo es: **Design – Concrete Frame Design – Select Design Combos.**

**Figura 3.57**

*Combinaciones de diseño para columnas*



*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

SAP2000 contiene diferentes normativas de distintos países para realizar el diseño acorde a las combinaciones y requerimientos de dichas normativas; no obstante, la normativa

**Figura 3.58**

*Características y parámetros de diseño*

Item	Value
1 Design Code	ACI 318-14
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Number of Interaction Curves	24
4 Number of Interaction Points	11
5 Consider Minimum Eccentricity?	Yes
6 Seismic Design Category	D
7 Design System Rho	1.
8 Design System Sds	0.5
9 Phi (Tension Controlled)	0.9
10 Phi (Compression Controlled Tied)	0.65
11 Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
12 Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
13 Phi (Shear Seismic)	0.6
14 Phi (Joint Shear)	0.85
15 Pattern Live Load Factor	0.75
16 Utilization Factor Limit	0.95

*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

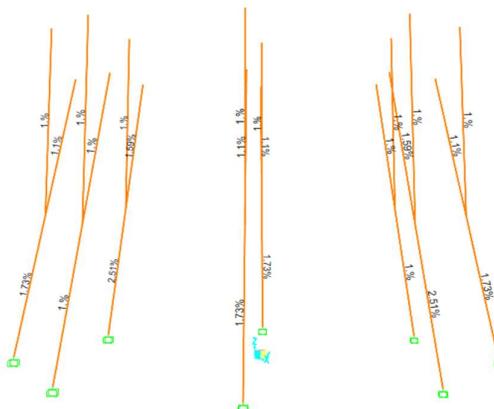
ecuatoriana no se encuentra dentro de este listado, por lo que se seleccionó la ACI 318 que también se utiliza en Ecuador para realizar el diseño de estructuras.

Las columnas propuestas tienen una dimensión inicial de 55x95 cm con una inclinación mostrada en la Figura 3.12; sin embargo, esta sección se incrementa a medida que aumenta su altura, con la finalidad de distribuir los esfuerzos hacia los muros en un área mayor.

En SAP2000 reflejamos esta forma de la columna dividiéndola en dos *frames*, de manera que ambos representen la sección completa de la columna y asuman el peso de manera distribuida.

**Figura 3.59**

*Cuantía requerida mediante SAP2000*



*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

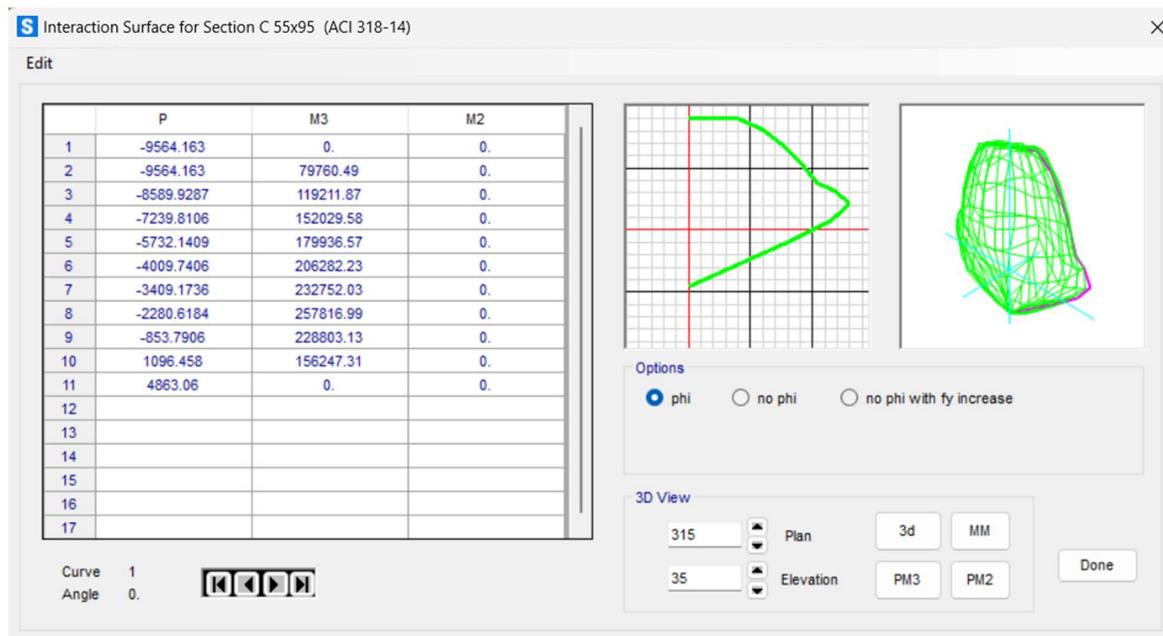
El programa presenta los resultados para acero longitudinal en la Figura 3.59, en donde la concentración de esfuerzos se encuentra en la sección baja de la columna.

El rango de cuantía permisible para los elementos sometidos a flexo-compresión va desde 0.01 hasta 0.03 según NEC-SE-HM, (2014), es decir que el porcentaje obtenido mediante SAP2000 no excede estos límites y es adecuado para dimensionar el acero.

Adicionalmente, SAP2000 dispone los diagramas de interacción de cada columna para corroborar que el diseño en base a las cargas y momentos aplicados es adecuado.

**Figura 3.60**

*Diagrama de interacción de columna*



*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

La cuantía seleccionada para el diseño fue 2.51%, al ser la mayor entre todas las columnas, por lo que el área requerida de acero fue igual a:

$$A_{s_{req}} = \rho * A_g \quad (3.48)$$

$$A_{s_{req}} = 0.0251 * 550 * 950$$

$$A_{s_{req}} = 13114.75 \text{ mm}^2$$

Escogiendo una varilla de 28 mm que tiene un área de 615.75 mm<sup>2</sup>, el número de varillas que se necesita fue:

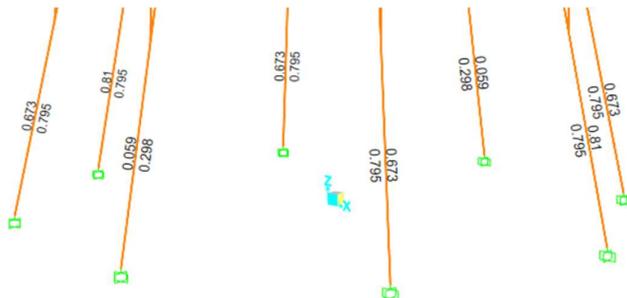
$$\#varillas = \frac{13114.75}{615.75}$$

$$\#varillas = 21.29 \cong 22 \text{ varillas}$$

Para el diseño a cortante, SAP2000 muestra la cantidad de acero requerida para un espaciamiento determinado ( $Av/s$ ).

**Figura 3.61**

*Resultados de refuerzo a cortante*



*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

Se escogió el requerimiento mayor de 0.81 cm<sup>2</sup>/cm, por lo tanto, se eligió una varilla de 14 mm para verificar si es suficiente. Conjuntamente se validó el espaciamiento de los estribos en la zona de confinamiento y el área mínima de acero para cortante, de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

El refuerzo mínimo se determinó de la siguiente manera:

$$Av_{min} \geq 0.062 \sqrt{f'c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (3.49)$$

$$Av_{min} \geq 0.35 \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (3.50)$$

Mientras que el refuerzo del software,

$$Av = 8.1 \frac{mm^2}{mm} \times 1000 \frac{mm}{m} = 8100 \frac{mm^2}{m}$$

Se calculó entonces áreas mínimas de 45.33 y 46.72 mm<sup>2</sup> respectivamente, determinando que el área de estribo requerida corresponde a la mayor entre estas y el área que demanda el software dividido para el número de estribos que caben dentro de un metro lineal.

Por otra parte, la normativa también indica que las varillas longitudinales deben estar confinadas mediante estribos para mantener la estabilidad de las mismas. Por lo tanto, se ubica una vincha adicional de 14 mm que sujete a las varillas longitudinales centrales, colocando entonces un área total de:

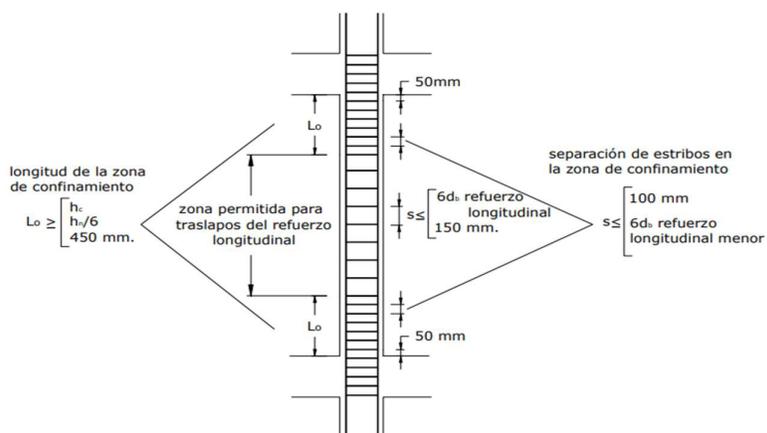
$$A_v = A_{varilla} * n \quad (3.51)$$

$$A_v = 153.94 * 3 = 461.81 \text{ mm}^2$$

Por último, la NEC presenta el siguiente diagrama para establecer los espaciamientos máximos a los que estarán los estribos dependiendo de la zona de la columna.

**Figura 3.62**

*Distribución de estribos en columnas*



*Nota.* Elaborado por NEC-SE-HM, 2015

El espaciamiento para la columna del reservorio fue entonces de 100 mm para las zonas de confinamiento y de 150 mm para la zona de no confinamiento.

Por lo tanto, se comprobó que la cantidad colocada satisfago el área mínima requerida de la siguiente forma:

- En un metro lineal de la columna se colocan 10 varillas de acuerdo con el espaciamiento calculado, por lo que el área demandante por estribo fue:

$$Av \geq 8100 \frac{mm^2}{m} \div 10 = \frac{810 mm^2}{m}$$

- En vista que la sección de la columna tiene dimensiones de 550 x 950 mm, se analizó el requerimiento para esta sección:

$$Av \geq \frac{810 mm^2}{m} \times 0.55m = 445.5 mm^2$$

Confirmando entonces que los 3 ramales de varilla satisfacen la exigencia de acero para cortante que tiene la columna.

Finalmente, se decidió extender el tramo superior de la columna de manera que esta se conecte con el cilindro central que recubre las escaleras del reservorio, con la finalidad de aportarle mayor rigidez y facilitar la colocación del acero de refuerzo en las conexiones columna-muro.

### 3.2.4 Diseño de cimentación

Para diseño de cimentación se usó la relación de resistencia a la compresión con la carga admisible del suelo, que de acuerdo con Rodríguez et al, (1995) la carga admisible del suelo en rocas en códigos americanos es igual al 2% de la resistencia a la compresión simple de la roca. Como ya obtuvimos la resistencia a la compresión de la roca, por medio del laboratorio podemos obtener la carga admisible.

Por lo tanto, la carga admisible de la roca que se uso es la siguiente:

$$q_{adm} = 0.2 * q_u \quad (3.52)$$

$$q_{adm} = 0.2 * 38MPa = 7.6 MPa = 77.44 kgf/cm^2$$

Cuando ya se obtuvo la carga admisible de la roca se procedió a obtener el momento de volteo y el peso total de la estructura para obtener las dimensiones necesaria de la losa para que sea una cimentación superficial.

El momento y el peso se lo obtuvo del análisis dinámico del tanque, por medio del software SAP2000, el cual, fue el siguiente:

**Figura 3.64**

*Peso total de la estructura en análisis dinámico*

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m
S1.4	Combination	Max	3469.307	0.0009359	16389.949	0.0019	42243.4758	0.0006302
S1.4	Combination	Min	-3469.307	-0.0009359	16118.885	-0.0019	-42243.4758	-0.0006302

*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

**Figura 3.63**

*Momento de volteo del tanque por combinación S1.4*

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m
Sismo Dina...	LinRespSpec	Max	4956.153	0.001337	193.617	0.0028	60347.8225

*Nota.* Elaborado por SAP2000, 2023

$$Mv = 60347.82 \text{ kN} * m$$

$$Fz = 16389.95 \text{ kN}$$

Por consiguiente, se procedió a calcular las dimensiones necesarias de la cimentación, el cual, tiene la siguiente geometría.

Datos:

**Tabla 3.16**

*Datos para diseño de cimentación*

<b>Radio losa</b>	<b>8</b>	<b>m</b>
<b>Altura inicial</b>	<b>0,5</b>	<b>m</b>
<b>Área</b>	<b>201,06</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Volumen</b>	<b>100,53</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Υ suelo</b>	<b>20,896</b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>
<b>Υ ha</b>	<b>24</b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>

<b>Wha</b>	2412,74	kN
<b>W suelo</b>	4201,47	kN/m
<b>Q adm</b>	7600	kPa
<b>Q adm</b>	77,444	kgf/cm <sup>2</sup>

Además, se calculó la profundidad de la cimentación en la que esta debe estar enterrada (Df):

$$Df = \frac{FS * (Mv - Fz) * (R - Wha) * R}{R * Wsuelo} \quad (3.53)$$

Donde:

FS: Factor de seguridad de acuerdo con la (NEC-SE-GC, 2014) (Geotecnia y Cimentaciones), esta no puede ser menor de 3.

Mv: Momento de volteo

Fz: Peso total de la estructura

R: Radio de la losa de la cimentación

Wha: Peso del hormigón

Wsuelo: Peso del suelo

Por lo tanto, la profundidad a la que va a estar la cimentación es ideal a:

$$Df = \frac{3 * (60347.82 - 16389.95) * (8 - 2412.74) * 8}{8 * 4201.47} = 0,91 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

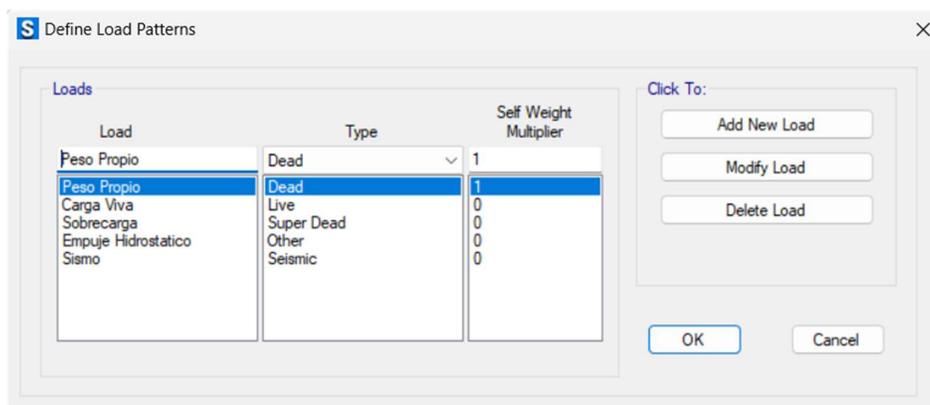
Conociendo los parámetros del suelo necesarios para el diseño de la cimentación del reservorio, se realizó la comprobación de dimensiones y configuración del refuerzo mediante el software SAFE, el cual permite la vinculación de archivos provenientes de SAP2000 para mantener las propiedades utilizadas en el modelado del tanque.

Inicialmente se propuso una losa de cimentación con sección circular de 8 m de radio y espesor de 50 cm en base a la ubicación de las columnas y a las cargas presentes en la base del reservorio.

Adicionalmente, se procedió a definir nuevos patrones de carga junto con nuevas combinaciones, principalmente en estado de servicio, que permitan realizar un modelo real de la cimentación teniendo en cuenta las reacciones sísmicas producidas.

**Figura 3.65**

*Patrones de carga de la cimentación*

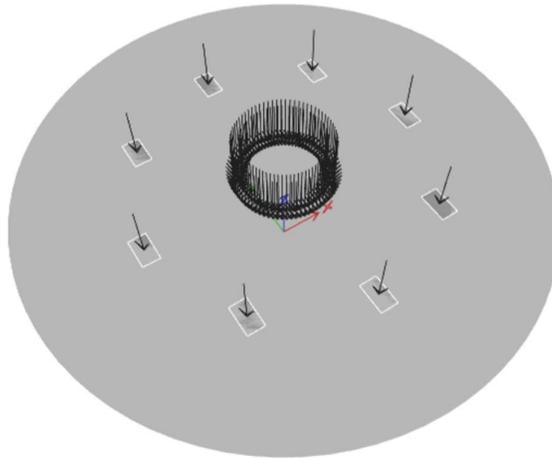


*Nota.* Elaborado en SAFE, 2023

Los patrones de carga mostrados son iguales o similares a aquellos definidos para el modelado en SAP2000; sin embargo, se agregó como “sobrecarga” al peso propio del tanque.

Por otro lado, para este modelo no se requiere definir un espectro de diseño para representar el movimiento sísmico, pero sí se consideraron las reacciones producidas en la base por dicho sismo.

Para introducir estas cargas en el modelo, se ubican puntos de referencia en el lugar donde se encuentran las columnas y las bases de los muros, colocando las cargas puntuales respectivas.

**Figura 3.66***Asignación de cargas puntuales*

*Nota.* Elaborado en SAFE, 2023

La magnitud de estas cargas fue obtenida con el modelo del reservorio, analizando como caso de carga la combinación en estado de servicio S1.4.

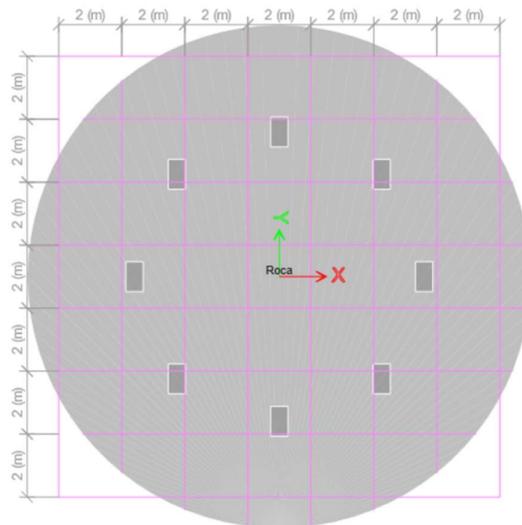
**Tabla 3.17***Cargas por punto asignadas en la losa de cimentación*

<b>Tipo de carga</b>	<b>Columnas [kN]</b>	<b>Cilindro [kN]</b>	<b>Muro [kN]</b>
<b>Peso propio</b>	320.454	15.876	29.244
<b>Empuje Hidrostático</b>	698.751	18.452	53.460
<b>Carga viva</b>	1.342	0.009	0.137
<b>Sismo</b>	1577.202	65.651	99.030

Posteriormente, se dibujaron las franjas de diseño verticales y horizontales y en base a esto se realizó el dimensionamiento del acero de refuerzo para la losa, procurando que estas franjas abarquen toda el área de la estructura.

**Figura 3.67**

*Trazado de franjas de diseño*

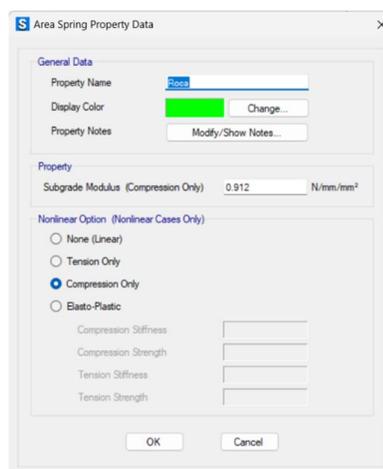


*Nota.* Elaborado en SAFE, 2023

Así también, se definió y agregó el coeficiente de Balasto estimado sobre la superficie en contacto con la roca para representar la rigidez de esta.

**Figura 3.68**

*Asignación del coeficiente de Balasto*

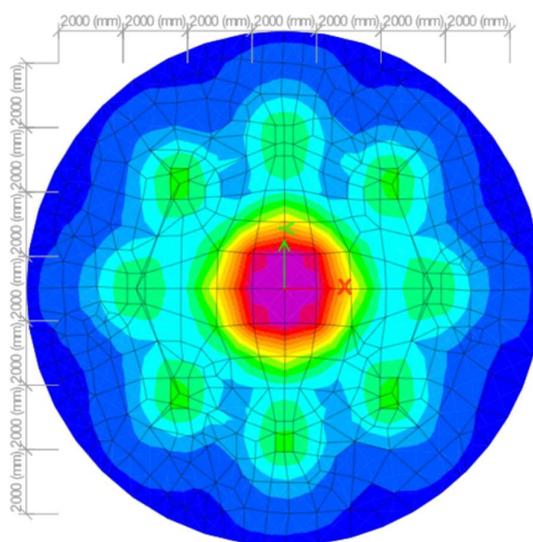


*Nota.* Elaborado en SAFE, 2023

SAFE muestra los resultados mediante una escala de colores en base a la concentración de esfuerzos presente en la losa, los cuales pueden ser comparados con los parámetros geotécnicos y determinar si se cumple o no con los límites permisibles.

### Figura 3.69

*Presión del suelo producida por las cargas*



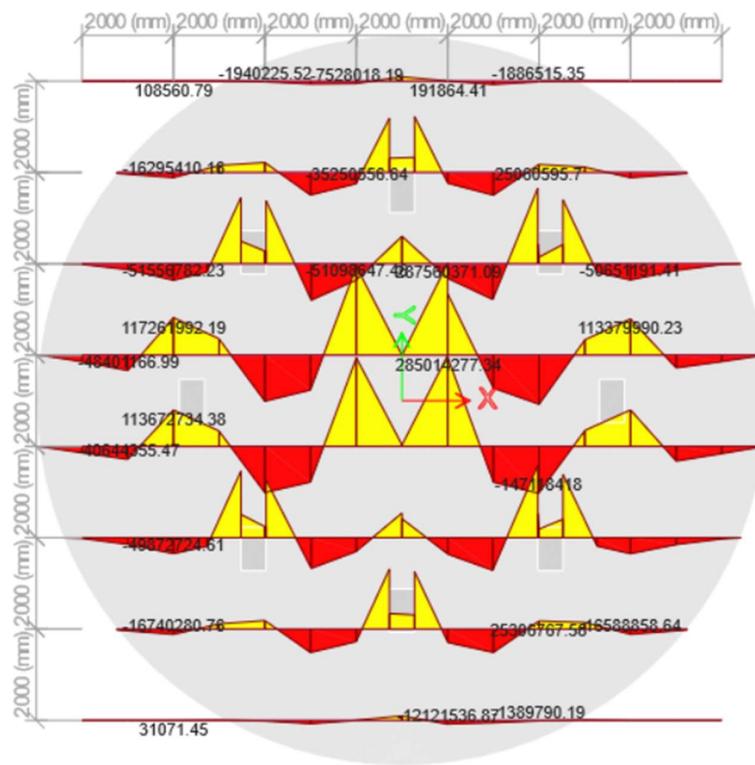
*Nota.* Elaborado por SAFE, 2023

La Figura 3.69 refleja que la presión producida en el suelo se concentra predeciblemente en el centro de la losa, donde se apoyan los muros del reservorio. No obstante, el máximo valor obtenido mediante una combinación de servicio es de 1.3 MPa en el centro de la losa cimentación, el cual no supera la resistencia admisible del suelo (7.6 MPa) calculada previamente.

De la misma manera, se pudo visualizar los esfuerzos ocurridos en las franjas de diseño para analizar las fuerzas axiales y los gráficos de cortante y de momento.

**Figura 3.70**

*Diagrama de momento de las franjas de diseño*



*Nota.* Elaborado por SAFE, 2023

El diagrama muestra que la concentración de momentos sucede evidentemente en el centro, por lo que esta zona necesitará más acero que los extremos; sin embargo, el acero se coloca de manera uniforme en todas las zonas de la losa.

Por último, para la asignación del acero se utilizó la función de *Concrete Slab/Beam Design*, detallando las combinaciones que se utilizaron y seleccionando la normativa en base a la cual se realizó el cálculo del acero necesario. El programa cuenta con los parámetros y coeficientes de la ACI 318-19, por lo que será la utilizada para el dimensionamiento de este elemento.

**Figura 3.71***Características de diseño del refuerzo*

The image shows a software dialog box titled "Slab Design" with the following settings:

- Choose Display Type:** Design Basis: Strip Based; Display Type: Enveloping Flexural Reinforcement;  Impose Minimum Reinforcing.
- Choose Strip Direction:**  Layer A;  Layer B;  Layer Other.
- Rebar Location Shown:**  Show Top Rebar;  Show Bottom Rebar.
- Reinforcing Display Type:**  Show Rebar Intensity (Area/Unit Width);  Show Total Rebar Area for Strip;  Show Number of Bars of Size: (with Bar Size input fields for Top and Bottom).
- Reinforcing Diagram:**  Show Reinforcing Envelope Diagram; Scale Factor: 1;  Show Reinforcing Extent.
- Display Options:**  Fill Diagram;  Show Values at Controlling Stations on Diagram.
- Show Rebar Above Specified Value:**  None;  Typical Uniform Reinforcing Specified Below;  Reinforcing Specified in Slab Rebar Objects.
- Typical Uniform Reinforcing:**  Define by Bar Size and Bar Spacing;  Define by Bar Area and Bar Spacing.
 

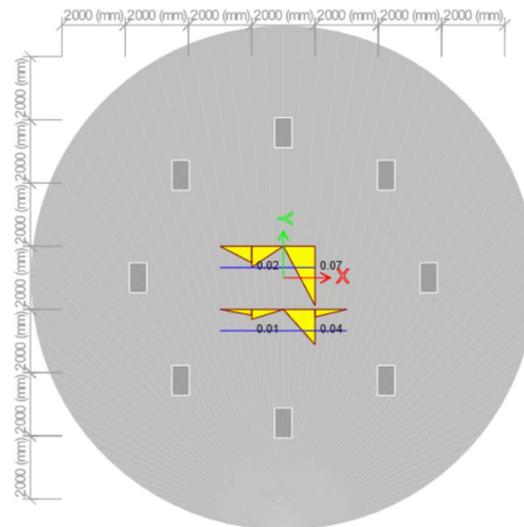
	Bar Size	Spacing (mm)
Top	18	200
Bottom	18	200

*Nota.* Elaborado por SAFE, 2023

Inicialmente se propuso un reforzamiento con varillas de 18mm cada 200mm para verificar si este era suficiente para satisfacer la demanda del modelo y la cuantía mínima indicada por la normativa. Además, se indicó al programa que realice el cálculo en base a una condición envolvente de combinaciones, de forma que los valores considerados sean los máximos entre todas las combinaciones.

**Figura 3.72**

*Resultados de refuerzo con espaciamiento de 200 mm*

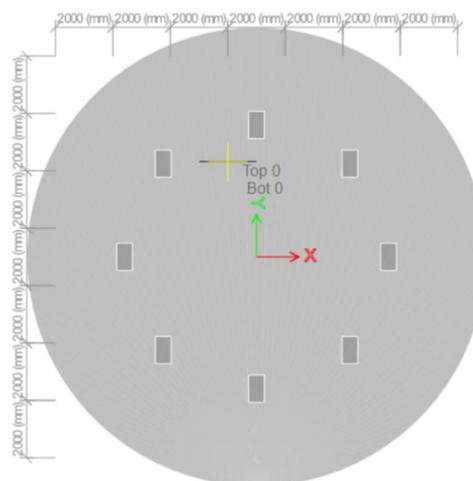


*Nota.* Elaborado por SAFE, 2023

La Figura 3.72 presentó que las dimensiones iniciales de acero colocado no son suficientes para cumplir con las cantidades calculadas por el software, por lo que se redujo el espaciamiento a 150mm y se comprobó el cumplimiento del acero en ambas direcciones.

**Figura 3.73**

*Resultados de refuerzo con espaciamiento de 150 mm*



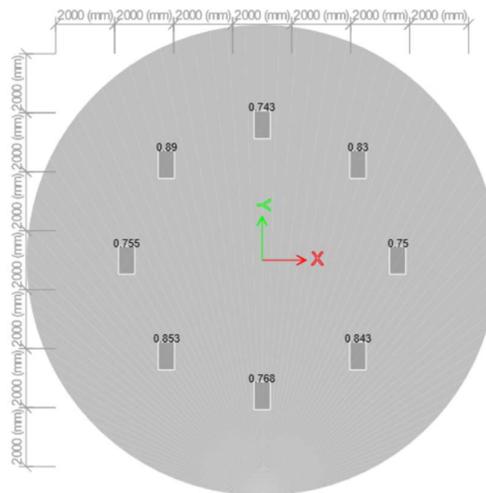
*Nota.* Elaborado por SAFE, 2023

Se verificó entonces que colocando varillas de 18mm cada 150mm en ambas direcciones y en cada una de las caras del elemento, cumple con la demanda de acero que indica la normativa.

Por último, se revisó si la losa de cimentación falla por punzonamiento con las combinaciones definidas.

**Figura 3.74**

*Revisión de falla por punzonamiento*



*Nota.* Elaborado por SAFE, 2023

La revisión por punzonamiento mostró que ninguno de los factores excedió el valor de 1, lo que indica que el esfuerzo máximo por cortante no excede la máxima capacidad de esfuerzo por corte de la losa.

Analizando el punto más crítico (0.89), se tiene que:

- La altura efectiva fue de 0.342 m
- El perímetro efectivo de punzonamiento fue de 4.368 m
- El esfuerzo cortante máximo de diseño fue de 1.21 MPa

- La capacidad máxima de corte fue de 1.36 MPa

Ratio D/C:

$$\frac{1.21}{1.36} = 0.889$$

### 3.2.4.1 Traslape y empalme

Para la longitud de desarrollo y la geometría del gancho se hizo uso de la normativa ACI 318-19(Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario de requisitos de reglamento, 2019), donde especifica cada uno de estos términos, por lo tanto, para barras y alambre corrugados en tracción la longitud de desarrollo dependiendo del diámetro de la varilla se la obtiene por:

**Figura 3.75**

*Longitud de desarrollo para alambres y barras corrugadas en tracción*

Espaciamiento y recubrimiento	Barras No. 19 ó menores y alambres corrugados	Barras No. 22 y mayores
<p>Espaciamiento libre entre barras o alambres que se están desarrollando o empalmado por traslape no menor que <math>d_b</math>, recubrimiento libre al menos <math>d_b</math>, y no menos estribos a lo largo de <math>\ell_d</math> que el mínimo del Reglamento</p> <p>o</p> <p>espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrollados o empalmados por traslape no menor que <math>2d_b</math> y recubrimiento libre no menor que <math>d_b</math></p>	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Otros casos	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e \lambda}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

*Nota.* Extraído por ACI 318-19, 2019

Donde  $\Psi_e$  y  $\Psi_t$  son factores de modificación de la longitud de desarrollo que vienen dados

**Figura 3.76**

*Factores de modificación para longitud de desarrollo de barras y alambre en tracción*

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto de peso liviano $\lambda$	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Grado del refuerzo $\psi_g$	Grado 280 ó Grado 420	1.0
	Grado 550	1.15
	Grado 690	1.3
Epóxico <sup>[1]</sup> $\psi_e$	Refuerzo con recubrimiento epóxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epóxico con menos de $3d_b$ de recubrimiento, o separación libre menor que $6d_b$	1.5
	Refuerzo con recubrimiento epóxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epóxico para todas las otras condiciones	1.2
	Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubierto con zinc (galvanizado)	1.0
Tamaño $\psi_s$	Para barras No. 22 y mayores	1.0
	Para barras No. 19 o menores y alambres corrugados	0.8
Ubicación <sup>[1]</sup> $\psi_r$	Más de 300 mm de concreto fresco colocado bajo el refuerzo horizontal	1.3
	Otra	1.0

<sup>[1]</sup> El producto ( $\psi_r \psi_e$ ) no hay necesidad de que exceda 1.7.

*Nota.* Extraído por ACI 318-19, 2019

También, la norma nos dice que la longitud de desarrollo de barras y alambres corrugados en tracción debe ser el máximo valor entre el encontrado por formula versus 300 mm.

Por consiguiente, se calculó la longitud de desarrollo de una de las cascaras de revolución, con los siguientes datos:

**Tabla 3.18***Datos para cálculo de longitud de desarrollo de la cúpula*

<b>F<sub>y</sub> (MPa)</b>	<b>412</b>
<b>f'c (MPa)</b>	30
<b>Ψ<sub>t</sub></b>	1,3
<b>Ψ<sub>e</sub></b>	1
<b>λ</b>	1
<b>Ø varilla (mm)</b>	8

Para barras menores a 19 mm se utiliza la formula:

$$l_d = \left[ \frac{f_y \psi_e \Psi_t}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] db \quad (3.52)$$

Que para la cúpula  $ld$  fue igual a:

$$l_d = \left[ \frac{42 * 1 * 1.3}{2.1 * 1 * \sqrt{30}} \right] * 8 = 372,52 \text{ mm} = 0,373 \text{ m}$$

Por lo tanto, la longitud requerida fue el máximo entre  $ld$  y 0,3 m, entonces:

$$l_d = 0,373 \approx 0,50 \text{ m}$$

Se redondea para obtener longitudes parecidas a las reales en obra.

Así mismo, se calculó para las demás obteniendo así valores de los traslapes para barras y alambres corrugadas en tracción de manera horizontal y vertical.

**Tabla 3.19***Traslape horizontal y vertical de barras y alambres corrugados en tracción*

<b>LONGITUDINAL HORIZONTAL</b>					
<b>SECCIÓN</b>	<b>Ø varilla</b>	<b>L. desarrollo [mm]</b>	<b>L traslape [m]</b>	<b>L requerida [m]</b>	<b>Traslape asumido [m]</b>
<b>Cono Truncado 1</b>	28	1610,605	1,611	1,611	1,65
<b>Cono Truncado 2</b>	32	1840,691	1,841	1,841	1,90
<b>Cono Truncado 3</b>	20	931,3022	0,931	0,931	1,00
<b>Cúpula superior</b>	8	372,5209	0,373	0,373	0,50
<b>Cúpula inferior</b>	28	1303,823	1,304	1,304	1,50
<b>LONGITUDINAL VERTICAL</b>					
<b>SECCIÓN</b>	<b>Ø varilla</b>	<b>L. desarrollo [mm]</b>	<b>L traslape [m]</b>	<b>L requerida [m]</b>	<b>Traslape asumido [m]</b>
<b>Cono Truncado 1</b>	25	1438,04	1,438	1,438	1,50
<b>Cono Truncado 2</b>	28	1610,605	1,611	1,611	1,75
<b>Cono Truncado 3</b>	16	745,0418	0,745	0,745	1,00
<b>Cilindro escalera</b>	18	838,172	0,838	0,838	1,00

Por otro lado, se calculó la longitud de desarrollo para columnas y vigas, por medio de las fórmulas dadas por la ACI 318 para barras corrugadas en tracción que terminen en gancho estándar, el cual, estipula:

**Figura 3.77**

*Normativa ACI318 longitud de desarrollo para barras corrugadas que terminan en gancho estándar*

25.4.3.1 La longitud de desarrollo,  $\ell_{dh}$ , para barras corrugadas en tracción que terminen en un gancho estándar debe ser la mayor de (a) hasta (c):

$$(a) \left( \frac{0.24 f_y \Psi_e \Psi_c \Psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \text{ con } \Psi_e, \Psi_c, \Psi_r \text{ y } \lambda \text{ de}$$

25.4.3.2

(b)  $8d_b$

(c) 150 mm

*Nota.* Extraído por ACI 318-19, 2019

Así mismo, esta fórmula tiene sus valores para los factores de modificación de longitud de desarrollo que son los siguientes:

**Figura 3.78**

*Factores de modificación para la longitud de desarrollo de alambres corrugados en tracción que terminan en gancho*

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto liviano $\lambda$	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Epóxico $\Psi_e$	Refuerzo con recubrimiento epóxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epóxico	1.2
	Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubierto con zinc (galvanizado)	1.0
Confinamiento del refuerzo $\Psi_r$	Para barras No. 36 y menores con $A_{bh} \geq 0.4A_{bs}$ o $s^{[1]} \geq 6d_b^{[2]}$	1.0
	Otros	1.6
Ubicación $\Psi_o$	Para barras con gancho No. 36 y menores: (1) que terminan dentro del núcleo de la columna con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 60$ mm, o (2) con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 6d_b$	1.0
	Otros	1.25
Resistencia del concreto $\Psi_c$	Para $f'_c < 42$ MPa	$\frac{f'_c}{105} + 0.6$
	Para $f'_c \geq 42$ MPa	1.0

*Nota.* Extraído de ACI 318-19, 2019

Con esto, se calculó la longitud de empalme de las vigas intermedias, el cual es el siguiente:

**Tabla 3.20**

*Datos para obtener longitud de empalme de vigas intermedias*

$\Psi_e$	1
$\Psi_c$	0,7
$\Psi_r$	0,8
$\lambda$	1
$\phi$ (mm)	12

Por formula obtuvimos:

$$l_{dh} = \left[ \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right] db \quad (3.53)$$

$$l_{dh} = \left[ \frac{0.24 * 412 * 1 * 0,7 * 0,8}{1 * \sqrt{30}} \right] * 12 = 141,54 \text{ mm} \approx 0,15 \text{ m}$$

Así mismo, se calculó para las vigas superiores y para las columnas obteniendo:

**Tabla 3.21**

*Resultados de longitud de desarrollo en vigas y columnas*

Elemento	$\phi$ varilla	ldh [mm]	ldh [m]	ldh requerido	ldh asumido
<b>Vigas intermedias</b>	14	141,54	0,14	0,15	0,15
<b>Vigas Superiores</b>	12	121,32	0,12	0,15	0,15
<b>Columnas</b>	28	283,07	0,28	0,28	0,25

La longitud de desarrollo de estos elementos exige que se incrementen las dimensiones del muro cilíndrico ubicado en el centro de la estructura, por lo que se optó por aumentar su sección de espesor a 0.30 m, de forma que la colocación de los traslapes sea posible sin comprometer el espaciamiento entre varillas dispuesto por la normativa.

Además, para los alambres terminados en gancho se requirió obtener la longitud del gancho y diámetro del gancho. De acuerdo con la ACI 318-19, los alambres en tracción deben tener la siguiente geometría dependiendo del ángulo.

**Figura 3.79**

*Geometría del gancho para alambres galvanizados en tracción*

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado, mm	Extensión recta <sup>(1)</sup> $\ell_{ext}$ , mm	Tipo de gancho estándar
Gancho de 90 grados	No. 10 a No. 25	$6d_b$	$12d_b$	
	No. 29 a No. 36	$8d_b$		
	No. 43 y No. 57	$10d_b$		
Gancho de 180 grados	No. 10 a No. 25	$6d_b$	Mayor de $4d_b$ y 65 mm	
	No. 29 a No. 36	$8d_b$		
	No. 43 y No. 57	$10d_b$		

*Nota.* Extraído de ACI 318-19, 2019

Como ejemplo tenemos el cálculo de gancho para las vigas intermedias con un ángulo de 90 grados. Estas tienen un diámetro de varilla igual a 14 mm, que de acuerdo con la Figura 3.79 para varillas No 10 a 25 el diámetro interior fue igual a:

$$D_{int} = 6 * d_b = 6 * 14mm = 84 mm \quad (3.54)$$

Y su longitud exterior (longitud después del gancho) fue igual a:

$$MAX(d_b * 4,65mm) = MAX(4 * 14,65) = MAX(56,65) = 65mm \quad (3.55)$$

Por lo tanto, la longitud total del gancho fue igual a:

$$L_{total} = d_b + \frac{D_{int}}{2} + \ell_{ext} = 14 + \frac{84}{2} + 65 = 121 mm \approx 0,15 m \quad (3.56)$$

El valor se lo redondea a un múltiplo de 5 para facilidad en construcción.

Así mismo, se calculó para los demás alambres obteniendo:

**Tabla 3.22***Resultados de geometría de gancho de alambres en tracción*

<b>Nivel</b>	<b>φ varilla</b>	<b>Diámetro interior [mm]</b>	<b>L. ext [mm]</b>	<b>L total [mm]</b>	<b>L total [m]</b>	<b>L asumida</b>
<b>Vigas intermedias</b>	14	84	65	121,00	0,12	0,15
<b>Vigas superiores</b>	12	72	65	113,00	0,11	0,15
<b>Sección</b>	<b>φ varilla</b>	<b>Diámetro interior [mm]</b>	<b>L. ext [mm]</b>	<b>L total</b>	<b>L total [m]</b>	<b>L asumida</b>
<b>Cúpula inferior</b>	22	132	264	352,00	0,35	0,4
<b>Cúpula superior</b>	8	48	96	128,00	0,13	0,15

### 3.3 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas se refieren al conjunto de indicaciones necesarias para la ejecución de los rubros definidos para el proyecto, en estas se deben detallar los procesos y requerimientos durante todas las etapas del proyecto.

Conjuntamente, son primordiales para la realización del análisis de precios unitarios y la determinación del presupuesto de la obra.

Todos los rubros se encuentran definidos en el capítulo 5 y desglosados en la sección de anexos, para esta sección se adjuntarán las especificaciones técnicas de uno de los rubros y las demás serán detalladas en la sección de anexos.

**RUBRO:** REPLANTEO Y NIVELACIÓN**1.- DESCRIPCIÓN**

El replanteo se define como el procedimiento de delineación y señalización de puntos cruciales, mediante la transferencia de datos desde los planos al terreno, como una etapa preliminar a la ejecución del proyecto.

En el lugar se llevará a cabo el replanteo de todas las obras delineadas en los planos, abarcando movimientos de tierras, estructuras y albañilería, junto con su nivelación. Estas acciones se llevarán a cabo mediante instrumentos de precisión tales como teodolitos, niveles y cintas métricas. Se instalarán hitos de ejes, los cuales permanecerán inalterados durante el desarrollo del proceso constructivo y serán verificados por la Fiscalización.

Unidad: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

Equipo mínimo: Teodolito, equipo de topografía.

Mano de obra mínima calificada: Estructura ocupacional D2, Topógrafo 2.

**2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES****2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Antes de iniciar la ejecución del rubro, se procederá a verificar la completa limpieza del terreno, incluyendo la eliminación de escombros, maleza y cualquier otro elemento que pudiera obstaculizar el desarrollo del rubro.

En primera instancia, se llevará a cabo la revisión de la exactitud del levantamiento topográfico existente, abarcando la forma, linderos, superficie, ángulos y niveles del terreno destinado para el proyecto. Este análisis tiene como objetivo identificar posibles disparidades que puedan impactar en el replanteo y nivelación del proyecto. En caso de encontrarse

diferencias sustanciales que afecten la traza del proyecto, se solicitará la intervención de la fiscalización para abordar y resolver los problemas detectados.

Previo al inicio del replanteo y nivelación, se coordinará con la fiscalización para definir el método o procedimiento a emplear en los trabajos, y se elaborarán planos de taller, si es necesario, para garantizar un control más efectivo de las labores a realizar. La ubicación se basará en el levantamiento topográfico del terreno, así como en los planos arquitectónicos y estructurales.

Se sugiere utilizar mojones de hormigón y estacas de madera resistente a las condiciones climáticas para la demarcación y referencia durante el desarrollo de las actividades.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

La aprobación por parte de fiscalización y la verificación regular son requisitos para la localización y replanteo de ejes, niveles, centros de columnas y alineamiento de la construcción.

Los puntos de referencia de la obra se establecerán con precisión y se marcarán de manera clara y estable, utilizando puentes conformados por estacas y crucetas, así como mojones de hormigón.

## **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Se requiere establecer referencias duraderas desde una estación de referencia externa (mojón) para asegurar que no sufra alteraciones durante la ejecución de la obra y que permanezca accesible y visible para realizar chequeos periódicos.

La verificación completa del replanteo se llevará a cabo mediante el método de triangulación, asegurando la exactitud total y la correspondencia con las medidas establecidas en los planos.

El replanteo y la nivelación se repetirán según sea necesario hasta lograr una concordancia total con los planos.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

Después de verificar la precisión de los datos del levantamiento topográfico y resolver cualquier discrepancia, se inicia el proceso ubicando un punto de referencia externo a la construcción. A partir de este punto, se procede a la localización de ejes, centros de columnas y puntos que definen la cimentación de la construcción. Simultáneamente, se lleva a cabo el replanteo de plataformas y otros elementos pavimentados que contribuyen a definir y delimitar la construcción. Al posicionar las estacas en los ejes de las columnas, se asegura que estén colocadas de manera que no se vean afectadas por el movimiento de tierras. Además, se realiza una constante comprobación del replanteo y niveles mediante puntos referenciales exteriores, como los mojones.

Las cotas para mamposterías y elementos similares pueden determinarse utilizando una manguera de niveles. Para la estructura, se emplean aparatos de precisión y cinta metálica.

### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

Para su cuantificación se medirá el área del terreno replanteada y su pago se realizará por metro cuadrado ( $m^2$ ).

## Capítulo 4

## **4 Estudio del Impacto Ambiental**

### **4.1 Descripción del proyecto**

El objetivo de este proyecto se enfoca en el diseño de un reservorio de agua potable para el campus Gustavo Galindo, mediante programas de cálculo estructural que permitan determinar las dimensiones óptimas para garantizar seguridad y sostenibilidad. El desarrollo de este proyecto no repercute directamente sobre el medio ambiente; sin embargo, la consideración del impacto ambiental debido a los materiales utilizados y sus cantidades apoya lo mencionado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el objetivo de desarrollo sostenible 9 “Industria, Innovación e Infraestructura”, en donde se propone una industrialización inclusiva y sostenible que permita el desarrollo económico mediante la generación de empleos e ingresos.

Adicionalmente, esta investigación se alinea con el ODS 6 “Agua limpia y saneamiento” ya que permite el almacenamiento de una cantidad de agua suficiente para abastecer a toda la comunidad actual y futura de forma equitativa, sin discriminar a las plantas y animales que conviven en el campus.

Por otra parte, la Espol se encuentra situada en una zona con gran cantidad de vegetación al igual que la ubicación propuesta para la construcción del reservorio, por lo que la preservación de este ecosistema es fundamental para cumplir con las metas propuestas por la ONU en el objetivo 15 “Vida de ecosistemas terrestres” en donde se busca poner fin a la deforestación y reestablecer el uso sostenible de los ecosistemas terrestres. Es decir que el tanque debe construirse en una zona donde no sea necesaria la remoción de una cantidad importante de vegetación.

En consecuencia, se puede decir que el análisis del impacto ambiental se enfoca en tres etapas principales: la selección de la ubicación del reservorio, la determinación de la capacidad

necesaria para el abastecimiento de las poblaciones futuras y la selección de los materiales para su construcción.

#### **Figura 4.1**

*Objetivos de Desarrollo Sostenible*



*Nota.* La Figura muestra los objetivos de desarrollo sostenible 6, 9 y 15, los cuales, son aquellos que se alinean a nuestro proyecto. Autoría de la ONU (2021)

#### **4.2 Línea Base Ambiental**

La ubicación geográfica del proyecto no involucra afectaciones de la fauna del sector, pues, durante el muestreo realizado para el análisis del suelo, se pudo evidenciar la ausencia de animales. No obstante, la flora sí podría verse perjudicada, ya que a pesar de que la zona específica en donde se planifica ubicar el tanque contiene vegetación, es probable que se deba retirar cierta cantidad de área verde durante la nivelación del terreno y la construcción de la cimentación.

**Tabla 4.1***Árbol de Factores para el Diseño de un Reservorio de Agua*

<b>Medio</b>	<b>Elemento</b>	<b>Factor</b>
<b>Físico-químico</b>	Tierra-suelo	Cambios en el perfil del suelo
		Erosión del suelo
		Inestabilidad de taludes
		Contaminación por desechos
	Procesos del medio físico	Infiltración subterránea (cantidad)
<b>Físico-biótico</b>	Flora	Hábitat de flora
		Alteración de la flora
		Pérdida de cobertura vegetal
<b>Humano</b>	Social	Aumento en la productividad
		Salud e higiene de la comunidad
	Económico	Generación de empleo
		Crecimiento y desarrollo de otras actividades
	Evolución	Calidad de vida y salud de la población

### 4.3 Actividades del proyecto

El tanque elevado tendrá la función de almacenar parte del agua potable que será utilizada por las personas que conviven en Espol. Su construcción y operación involucran diferentes actividades capaces de ocasionar impactos ambientales, los cuales pueden ser clasificados en tres fases que se detallan de la siguiente manera:

- Fase constructiva
  - Nivelación del terreno: Implica la remoción de áreas verdes y demás capas superficiales del suelo mediante máquinas excavadoras que alteran tanto las propiedades del suelo como la calidad del aire.
  - Encofrado y hormigonado de la estructura: La fabricación de moldes o encofrados genera una cantidad excesiva de residuos que pueden ser desechados en sectores aledaños, proliferando la contaminación ambiental. Asimismo, durante la fabricación y transportación de los materiales utilizados en la fundición de la estructura, se producen contaminantes del aire como dióxido de carbono.
  - Acabados: Las pinturas y aditivos impermeabilizantes contienen químicos que contaminan el aire y el suelo al entrar en contacto.
- Fase operativa
  - Distribución del agua: Las pérdidas en la red de distribución reflejan un consumo irresponsable del agua potable y limita el uso de este recurso para otras actividades como el riego de plantas.
  - Mantenimiento del tanque: El uso de impermeabilizantes para evitar daños estructurales del tanque, puede ocasionar deterioros ambientales y de salud a causa del desprendimiento de ciertos compuestos volátiles con el paso del tiempo.

- Fase de abandono
  - Demolición de la estructura: Generación de una gran cantidad de desperdicios de concreto que no pueden ser reutilizados con facilidad, así como el uso de maquinaria pesada que ocasionan contaminación auditiva y ambiental.

#### **4.4 Identificación de impactos ambientales**

Los impactos ambientales pueden ser evaluados a partir de una lista de revisión que permita clasificar y calificar cada uno de los posibles impactos que surjan durante las fases del proyecto.

Tabla 4.2

*Lista de Revisión del Reservorio de Agua*

	Carácter		Duración		Espacio		Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Juicio
	Beneficio	Negativo	Temporal	Permanen	Local	Extenso					
<b>Erosión del suelo</b>		X		X	X			X		X	Severo
<b>Contaminación del aire</b>		X	X			X		X	X		Moderado
<b>Pérdida de hábitats</b>		X		X	X			X		X	Moderado
<b>Pérdida de vegetación</b>		X		X	X			X	X		Moderado
<b>Empleo</b>	X		X		X		X		X		Positivo
<b>Desarrollo institucional</b>	X			X		X	X		X		Positivo
<b>Nivel de ruidos</b>		X	X		X		X		X		Compatible
<b>Pérdida de agua</b>		X		X	X		X			X	Moderado

La Tabla 4.2 clasifica cada uno de los impactos identificados en el proyecto de acuerdo con un juicio establecido por López (2013), que depende del nivel perjudicial que ocasiona

cada uno de estos impactos sobre el medio ambiente y puede ser descrito de la siguiente manera:

- Compatible: Impacto de rápida recuperación sin medidas correctoras.
- Moderado: La recuperación del impacto tarda tiempo, pero no requiere de medidas correctoras complejas.
- Severo: La recuperación requiere bastante tiempo y medidas correctoras complejas.
- Crítico: No es recuperable independientemente de las medidas correctoras tomadas y sobrepasa el límite tolerable.

#### 4.5 Valoración de impactos ambientales

En el estudio de impacto ambiental, la valoración cualitativa de los diferentes impactos es fundamental para determinar cuán perjudicial es cada uno de ellos para el medio ambiente. Tito (2020) propone la siguiente fórmula que considera varias características del impacto junto con sus respectivos factores de importancia para determinar una magnitud denominada índice de impacto ambiental, que permite calificar dicho impacto de acuerdo con su significancia.

$$Imp = We \times E + Wd \times D + Wr \times R \quad (4.1)$$

$$IA = \pm \sqrt{Imp \times |Mag|} \quad (4.2)$$

Donde:

Imp= Valor de importancia del impacto ambiental

E= Valor de Extensión y We= Peso de Extensión

D= Valor de Duración y Wd= Peso de Duración

R= Valor de Reversibilidad y Wr= Peso de Reversibilidad

IA= Valor de Impacto Ambiental

Mag= Valor de Magnitud, (+) si es beneficioso, (-) si es perjudicial

De la misma manera, Tito (2020) presenta una Tabla ponderativa con los diferentes valores de acuerdo con la incidencia de cada una de las características del impacto ambiental.

**Figura 4.2***Escala de Valoración Cualitativa*

Característica	Puntaje				
	1	2,5	5	7,5	10
Extensión	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversible	Completamente irreversible
Magnitud (incidencia sobre factor ambiental)	Poca incidencia		Mediana incidencia	Alta incidencia	

*Nota.* Elaborado por Boris (2020)

Tabla 4.3

*Valoración Cualitativa de los Impactos Ambientales*

	Características			We	Wd	Wr	Valor de Importancia	Mag nitud	Impacto Ambiental
	Extensión	Duración	Reversibilidad						
<b>Erosión del suelo</b>	1	10	7.5	0.2	0.35	0.45	7.08	-5	-5.95
<b>Contaminación del aire</b>	5	2.5	1	0.3	0.4	0.3	2.80	-2	-2.37
<b>Pérdida de hábitats</b>	1	10	7.5	0.4	0.25	0.35	5.53	-5	-5.26
<b>Pérdida de vegetación</b>	2.5	10	5	0.33	0.33	0.33	5.78	-7.5	-6.58
<b>Empleo</b>	5	2.5	1	0.3	0.5	0.2	2.95	2.5	2.72
<b>Desarrollo institucional</b>	5	7.5	1	0.4	0.4	0.2	5.20	2	3.22
<b>Nivel de ruidos</b>	1	2.5	1	0.45	0.45	0.1	1.68	-1	-1.29
<b>Pérdida de agua</b>	2.5	5	2.5	0.35	0.35	0.25	3.25	-7.5	-4.94

Es posible calificar cada impacto ambiental según los siguientes rangos propuestos por Boris (2020):

### Figura 4.3

#### *Escala de Valoración del Impacto Ambiental*

Calificación del Impacto Ambiental	Valor del índice de impacto ambiental ( $IA$ )
Altamente significativo	$ IA  \geq 6,5$
Significativo	$6,5 >  IA  \geq 4,5$
Despreciable	$ IA  < 4,5$
Benéfico	$IA > 0$

*Nota.* Elaborado por Boris (2020)

De acuerdo con la Tabla 4.3, la pérdida de vegetación es el impacto con mayor incidencia negativa sobre el medio ambiente al alcanzar un valor de 6.58, es decir que durante todas las etapas del proyecto se debe hacer especial énfasis en la prevención y control de este impacto. Por otra parte, la erosión del suelo, pérdida de hábitats y pérdida de agua adquieren una calificación significativa de acuerdo con la escala mencionada, por lo que su control también es requerido por parte de los diseñadores, constructores y operarios.

En contraste, la generación de empleos y el desarrollo institucional reflejan una huella positiva para el medio socioeconómico, beneficiando conjuntamente a todos los involucrados la elaboración del proyecto.

#### **4.6 Medidas de prevención/mitigación**

Luego de identificar y valorar cada uno de los impactos ambientales producidos durante las fases del proyecto, se plantean medidas de mitigación que permitan controlar dichos impactos. Estas medidas deben estar enfocadas en diferentes aspectos como la forma en que actúan, el factor ambiental, el entorno, el momento de aplicación y su importancia.

Este proyecto considera varios factores ambientales como la calidad del aire, suelo, vegetación y medio socioeconómico; los cuales ocurren durante la etapa constructiva y persisten de manera permanente o temporal. A pesar de que el enfoque de esta investigación es el diseño del reservorio, mas no su construcción, obviar estos impactos impediría la capacidad de desarrollar medidas de prevención y control ante aquellos que influyen de forma negativa.

La zona seleccionada para la elaboración del tanque no abarca un área extensa, por lo que todos los factores ocurren en un entorno particular, a excepción de aquellos que se pueden propagar fácilmente como la contaminación del aire y agua que son medios favorables para una rápida expansión.

Por lo tanto, se presenta la siguiente Tabla con las medidas preventivas, correctoras y compensadoras para las acciones perjudiciales relacionadas a los factores ambientales:

Tabla 4.4

*Medidas de Mitigación*

<b>Factor Ambiental</b>	Calidad del aire	<b>Entorno</b>	General	<b>Momento de aplicación</b>	Construcción	<b>Importancia</b>
	Suelo		Particular			
	Vegetación o flora					Obligatoria
	Medio Socioeconómico					
<b>Impactos negativos</b>	<b>Medidas preventivas</b>	<b>Medidas correctivas</b>	<b>Medidas compensatorias</b>			
Erosión del suelo	Seleccionar un suelo erosionado pero óptimo para la construcción	Recuperar la capa superficial del suelo y colocarla en los alrededores	Plantar árboles en las zonas aledañas que no han sido afectadas			
Pérdida de la vegetación	Seleccionar una zona libre de áreas verdes	Limitar la extracción vegetal al área específica requerida	Plantar la vegetación removida en sectores próximos			
Generación de escombros durante la mezcla de hormigón	Elaborar especificaciones para el proceso de mezclado	Depositar los escombros en contenedores apropiados	Reciclar y reutilizar los escombros			
Emisión de CO <sub>2</sub>	Planificar el uso de maquinarias en intervalos de tiempo controlados	Optimizar el uso de maquinarias para las actividades necesarias	Plantar árboles y aprovechar otras fuentes de energía.			
Pérdida de agua	Diseñar pertinentemente considerando la necesidad de mantenimientos.	Restaurar los puntos críticos donde ocurren las pérdidas.	Implementar modificaciones en las redes de distribución que permitan el mantenimiento de los sectores afectados.			

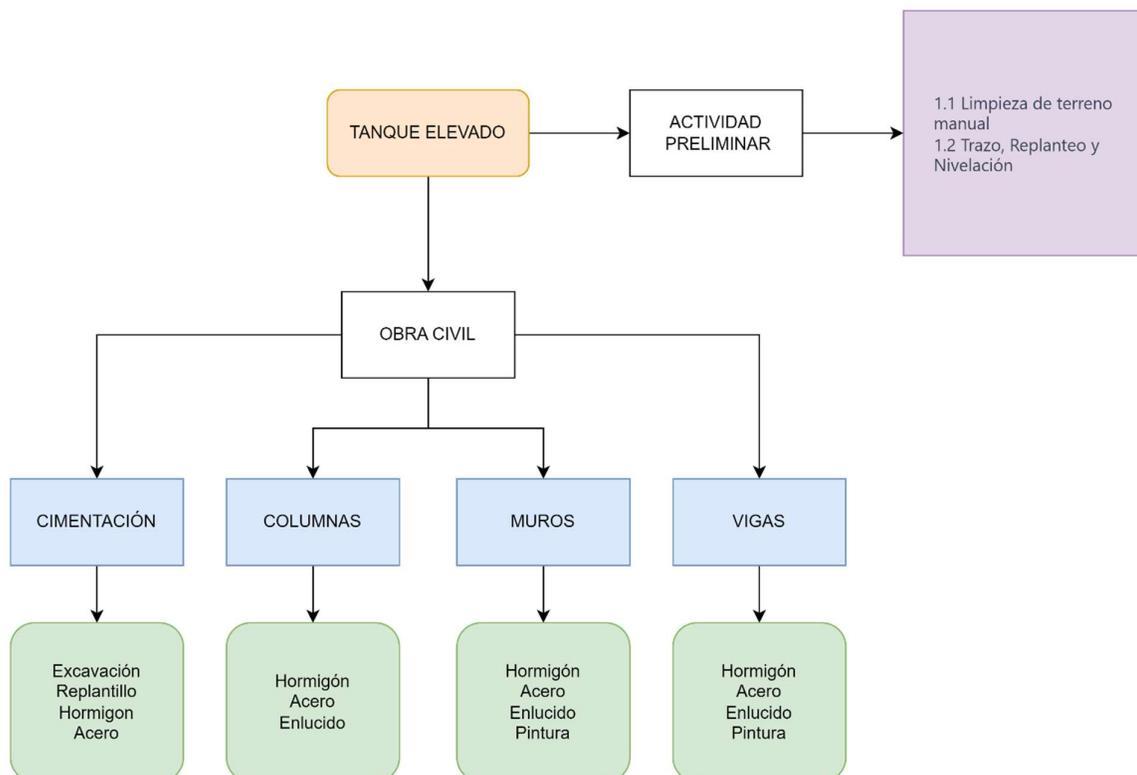
## **Capítulo 5**

## 5 Presupuesto

### 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

Figura 5.1

*Diagrama de Trabajo*



### 5.2 Rubros y Análisis de Precios Unitarios

El análisis de precios unitarios se realizó considerando los recursos disponibles en el mercado y el costo de dichos recursos. A continuación, se muestra un ejemplo de APU de acuerdo con los rubros definidos, ya que el APU completo se encuentra en la sección de anexos.

Figura 5.2

## Análisis de Precios Unitarios

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 9 de 21

Unidad: m3

Rubro:

Detalle: HORMIGÓN EN COLUMNAS H.S 300 Kg/cm2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.81
Herramienta menor (5% MO)					\$2.03
Concreteira	1	3.75	3.75	1.23	\$4.61
Vibrador	1	2.5	2.5	1.23	\$3.08
Andamios	1	0.5	0.5	1.23	\$0.62
Subtotal M					\$11.15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	6	3.26	19.56	1.23	\$24.06
Ayudante de carpintero	2	3.26	6.52	1.23	\$8.02
Albañil	1	3.3	3.3	1.23	\$4.06
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	1.23	\$4.50
Subtotal N					\$40.64
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Clavos	Kg	0.25	\$4.65	\$1.16	
Arena gruesa	m3	0.52	\$15.00	\$7.80	
Grava	m3	0.63	\$15.00	\$9.45	
Cemento	kg	425	\$0.15	\$63.75	
Sika 1.	Kg	0.3	\$1.29	\$0.39	
Diesel	gl	0.5	\$0.50	\$0.25	
Encofrados de columnas	Global	1	\$40.00	\$40.00	
Agua	m3	0.22	\$0.85	\$0.19	
Subtotal O					\$122.99
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Arena gruesa	m3	0.65	17.5	\$11.38	
Grava	m3	0.95	17.5	\$16.63	
Subtotal P					\$28.00
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$202.77
		INDIRECTOS 10 %			\$20.28
		UTILIDAD 25 %			\$50.69
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			\$273.74
		VALOR OFERTADO			\$273.74

### 5.3 Descripción de Cantidades de Obra

Las cantidades de cada rubro que requiere la construcción del proyecto fueron determinadas mediante la ayuda de diferentes softwares que nos asisten para cuantificar los materiales, el principal es Revit, pues este dispone del volumen de hormigón de los elementos estructurales y del número de varillas modeladas en el programa.

#### Figura 5.3

*Volumen de Hormigón en Vigas de Nivel 2*

A	B
Family	Material: Volume
VIGA N2	0.34 m <sup>3</sup>
VIGA N2	0.35 m <sup>3</sup>
VIGA N2	0.35 m <sup>3</sup>
VIGA N2	0.35 m <sup>3</sup>
VIGA N2	1.13 m <sup>3</sup>
Basic Wall	14.61 m <sup>3</sup>
Basic Wall	14.61 m <sup>3</sup>
Grand total: 18	41.05 m <sup>3</sup>

La función de tablas de cuantificación de Revit permite obtener y filtrar las cantidades como se muestra en la figura 5.1, para facilitar la clasificación de acuerdo a los volúmenes, longitudes, entre otros parámetros, de los materiales modelados.

La cantidad de acero de refuerzo también fue extraída de este software, pero estas tuvieron que ser procesadas de acuerdo al número de traslapes presentes en cada sección del tanque, puesto que la particularidad de la forma del tanque permite modelar las varillas de refuerzo de manera uniforme, como una varilla continua; sin embargo, constructivamente las varillas de acero tienen una longitud máxima de 12 metros, por lo que estimamos una longitud y peso total en base al número de varillas de 12 metros o menos que se deben colocar.

Como ejemplo de esta aproximación se tiene que, para la base del tanque, la longitud total de una de las varillas es 21.174 m. Por lo tanto, se necesita una varilla de 12 metros y un tramo de 9.174 m; sin embargo, se considera la longitud de traslape especificada en el capítulo 3 para la unión entre las varillas, considerando que, aunque esta longitud requerida sea menor que 12 m igual habrá un traslape por ser una sección circular.

Para un diámetro de 28 mm:

- Longitud de desarrollo del traslape: 1.75 m

$$\textit{Longitud} = 21.174 + 3 * 1.75$$

$$\textit{Longitud} = 26.424 \textit{ m}$$

Por lo que se procede a colocar dos varillas de 12 metros y un tramo de 4 metros. Completando 28 metros totales de longitud que serán los utilizados para el rubro de acero de refuerzo en el presupuesto.

## 5.4 Valoración integral del costo del proyecto

**Figura 5.4**

*Valoración Integral del Costo del Proyecto*

<b>PROYECTO</b>	RESERVORIO DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO				
<b>UBICACIÓN</b>	GUAYAQUIL GUAYAS				
<b>FECHA</b>	12/1/2024				
<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1.1	REPLANTEO y NIVELACION con EQUIPO TOPOGRAFICO	m2	400	\$2.35	\$940.99
1.2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	315	\$1.47	\$463.02
1.3	BODEGAS Y OFICINAS	m2	35	\$45.08	\$1,577.68
<b>2</b>	<b>OBRA CIVIL</b>				
<b>2.1</b>	<b>CIMENTACION</b>				
2.1.1	EXCAVACION SIN CLASIFICAR A MAQUINA	m3	230	\$2.30	\$528.28
2.1.2	DESALOJO DE MATERIAL CARGADO A MÁQUINA	m3	230	\$3.45	\$792.61
2.1.3	REPLANTILLO DE H.S 180 Kg/CM2, e=5cm	m3	10.05	\$165.59	\$1,664.13
2.1.4	HORMIGÓN EN LOSA DE CIMENTACION H.S 300 Kg/cm2	m3	141.77	\$272.86	\$38,683.72
2.1.5	ACERO DE REFUERZO	kg	10740.83	\$2.59	\$27,856.88
<b>2.2</b>	<b>COLUMNAS</b>				
2.2.1	HORMIGÓN EN COLUMNAS H.S 300 Kg/cm2	m3	53.68	\$273.74	\$14,694.59
2.2.2	ACERO DE REFUERZO	kg	16280.54	\$2.59	\$42,224.39
2.2.3	ENLUCIDO VERTICAL INCLUYE ANDAMIOS	m2	141.26	\$11.74	\$1,657.82
<b>2.3</b>	<b>VIGAS</b>				
2.3.1	HORMIGÓN EN VIGAS H.S 300 Kg/cm2	m3	12.416	\$266.82	\$3,312.85
2.3.2	ACERO DE REFUERZO	kg	1354.72	\$2.59	\$3,513.53
<b>2.4</b>	<b>PAREDES</b>				
2.4.1	HORMIGÓN EN MURO H.S 300 Kg/cm2	m3	217.64	\$316.96	\$68,982.30
2.4.2	ACERO DE REFUERZO	kg	91522.55	\$2.59	\$237,368.31
2.4.3	MASILLADO EN LOSA- + IMPERMEABILIZANTE, SIKA 1 , e=3cm, MORTER	m2	576.86	\$10.91	\$6,293.29
2.4.4	ENLUCIDO VERTICAL INCLUYE ANDAMIOS	m2	668.93	\$11.74	\$7,850.51
<b>2.5</b>	<b>CARPINTERIA METALICA</b>				
2.5.1	PUERTA PRINCIPAL METÁLICA+CERRADURA DE 2 PASADORES	u	1	\$216.22	\$216.22
2.5.2	TAPA DE HIERRO FUNDIDO	u	1	\$172.01	\$172.01
<b>2.6</b>	<b>OBRAS FINALES</b>				
2.6.1	LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA	m2	625	\$2.53	\$1,579.18
2.6.2	DESALOJO DE ESCOMBROS	m3	21	\$4.31	\$90.46
<b>Total USD \$</b>					<b>\$460,462.77</b>

De acuerdo con el presupuesto realizado, el costo total de la obra sería cuatrocientos sesenta mil cuatrocientos sesenta y dos con setenta y siete centavos.

## **5.5 Cronograma de obra**

El cronograma de la obra muestra el porcentaje de avance y desarrollo de la obra de acuerdo con las actividades y rubros definidos. Así también, el tiempo estimado del proyecto es de seis meses, distribuyendo cada avance como se muestra en la Tabla 5.2, el cual se puede visualizar de forma más detallada en la sección de anexos.

Figura 5.5

## Cronograma de Obra

Num.	Rubro	Unidad	Cantidad	P. U.	Costo Total	% Activ.	mes1 %	mes2 %	mes3 %	mes4 %	mes5 %	mes6 %	Tot
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>													
1	REPLANTEO y NIVELACION con EQUIPO TOPOGRAFICO	m2	400	\$2.35	\$940.99	0.21%	100%						100%
							\$940.99						\$940.99
							400						400
2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	315	\$1.47	\$463.02	0.10%	100%						100%
							\$463.03						\$463.02
							315						315
3	BODEGAS Y OFICINAS	m2	35	\$45.08	\$1,577.68	0.35%	100%						100%
							\$1,577.68						\$1,577.68
							35						35
<b>OBRA CIVIL</b>													
<b>CIMENTACION</b>													
4	EXCAVACION SIN CLASIFICAR A MAQUINA	m3	230	\$2.30	\$528.28	0.12%	100%						100%
							\$528.28						\$528.28
							230						230
5	DESALDO DE MATERIAL CARGADO A MÁQUINA	m3	230	\$3.45	\$792.61	0.17%	100%						100%
							\$792.61						\$792.61
							230						230
6	REPLANTILLO DE H.S 180 Kg/CM2, e=5cm	m3	10.05	\$165.59	\$1,664.13	0.37%	100%						100%
							\$1,664.13						\$1,664.13
							10.05						10.05
7	HORMIGÓN EN LOSA DE CIMENTACION H.S 300 Kg/cm2	m3	141.77	\$272.86	\$38,683.72	8.53%	75%	25%					100%
							\$29,012.79	\$9,670.93					\$38,683.72
							106.3275	35.4425					141.77
8	ACERO DE REFUERZO	kg	10740.83	\$2.59	\$27,856.88	6.14%	100%						100%
							\$27,856.88						\$27,856.88
							10740.83						10740.83
<b>COLUMNAS</b>													
9	HORMIGÓN EN COLUMNAS H.S 300 Kg/cm2	m3	53.68	\$273.74	\$14,694.59	3.24%		75%	25%				100%
							\$11,020.94	\$3,673.65					\$14,694.59
								40.26	13.42				53.68
10	ACERO DE REFUERZO	kg	16280.54	\$2.59	\$42,224.39	7.76%	30%	30%	40%				100%
							\$12,667.32	\$12,667.32	\$16,889.76				\$42,224.39
							4884.162	4884.162	6512.216				16280.54
11	ENLUCIDO VERTICAL INCLUYE ANDAMIOS	m2	141.26	\$11.74	\$1,657.82	0.37%							100%
													\$1,657.82
													141.26
<b>VIGAS</b>													
12	HORMIGÓN EN VIGAS H.S 300 Kg/cm2	m3	12.416	\$266.82	\$3,312.85	0.73%				100%			100%
										\$3,312.85			\$3,312.85
										12.416			12.416
13	ACERO DE REFUERZO	kg	1354.72	\$2.59	\$3,513.53	0.77%		40%	50%	10%			100%
							\$1,405.41	\$1,756.77	\$351.35				\$3,513.53
								541.888	677.36	135.472			1354.72
<b>PAREDES</b>													
14	HORMIGÓN EN MURO H.S 300 Kg/cm2	m3	217.64	\$316.96	\$68,982.30	15.21%		15%	25%	30%	30%		100%
							\$10,347.35	\$17,245.57	\$20,694.69	\$20,694.69			\$68,982.30
								32.646	54.41	65.292	65.292		217.64
15	ACERO DE REFUERZO	kg	91522.55	\$2.59	\$237,368.31	52.34%		20%	35%	35%	10%		100%
							\$47,473.66	\$63,078.91	\$83,078.91	\$23,736.83			\$237,368.31
								18304.51	32032.8925	32032.8925	9152.255		91522.55
16	MASILLADO EN LOSA - + IMPERMEABILIZANTE, SIKA 1, e=3cm, M	m2	576.86	\$10.91	\$6,293.29	1.39%				50%			100%
										\$3,146.65	\$3,146.65		\$6,293.29
										288.43	288.43		576.86
17	ENLUCIDO VERTICAL INCLUYE ANDAMIOS	m2	668.93	\$11.74	\$7,850.51	1.73%					10%	90%	100%
											\$785.05	\$7,065.46	\$7,850.51
											66.893	602.037	668.93
<b>CARPINTERIA METALICA</b>													
18	PUERTA PRINCIPAL METALICA+CERRADURA DE 2 PASADORES	u	1	\$216.22	\$216.22	0.05%							100%
													\$216.22
													1
19	TAPA DE HIERRO FUNDIDO	u	1	\$172.01	\$172.01	0.04%							100%
													\$172.01
													1
<b>OBRAS FINALES</b>													
20	LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA	m2	625	\$2.53	\$1,579.18	0.35%							100%
													\$1,579.18
													625
21	DESALDO DE ESCOMBROS	m3	21	\$4.31	\$90.46	0.02%							100%
													\$90.46
													21
<b>TOTAL</b>					\$460,462.77	100.00%							
Totales Mensuales							\$75,503.70	\$92,585.61	\$125,791.30	\$110,584.44	\$45,216.57	\$10,781.14	
Total Acumulado							\$75,503.70	\$168,089.31	\$293,880.61	\$404,465.06	\$449,681.63	\$460,462.77	
Porcentaje Mensual							16.40%	20.11%	27.32%	24.02%	9.82%	2.34%	
Porcentaje Acumulado							16.40%	36.50%	63.82%	87.84%	97.66%	100.00%	

## Capítulo 6

## **6 Conclusiones y recomendaciones**

### **6.1 Conclusiones**

En el transcurso de esta investigación, se llevó a cabo una exhaustiva exploración de las diversas características y principios delineados en normativas, libros y documentos de investigación relacionados con el diseño estructural. El objetivo central de este estudio fue proponer un diseño estructural de un reservorio de agua que no solo cumpla con los requisitos específicos de la zona de estudio, sino que también sienta las bases para la iniciación de un análisis detallado que conducirá a la resolución del problema principal.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral tiene la urgencia de recomponer las líneas de distribución de agua potable, debido a excesivas pérdidas registradas en años recientes. La propuesta de este estudio implica la construcción de un nuevo reservorio que no solo facilite la restauración de los tramos averiados en la red, sino que también permita el mantenimiento frecuente del tanque existente, de forma que se pueda garantizar la salud de sus usuarios.

El diseño sismorresistente, de acuerdo con la normativa ACI 318S-14 (2014), requiere de un análisis minucioso de los elementos estructurales en las condiciones más críticas a las que se pueden exponer de acuerdo a su ubicación geográfica. En este caso, el movimiento sísmico es el riesgo más perjudicial al que se exponen las estructuras, conforme con Aguiar (2017). Según este autor, en el año 2016, Ecuador se vio afectado por uno de los terremotos más devastadores de su historia, desencadenando el colapso de numerosos edificios y viviendas que evidenciaron diversas deficiencias constructivas y de diseño.

Los elementos del reservorio que deben ser analizados bajo estas condiciones son las paredes, columnas, vigas y losa de cimentación del tanque; los cuales fueron modelados en SAP2000 y SAFE para representar su comportamiento real luego de exponerse a cargas

gravitacionales y sísmicas, de manera que se pueda establecer las dimensiones que le brinden estabilidad al tanque en las condiciones más críticas.

La evaluación de participación de masas presente en las Figuras 3.38 y 3.39 reflejó que al menos el 90% de ellas se estaban considerando en el análisis y que no existe un movimiento torsional importante durante los tres primeros modos de vibración, demostrando un comportamiento estable de la estructura. Adicionalmente, se realizó la verificación del periodo fundamental de la estructura para corroborar que el valor estimado en las memorias de cálculo mediante los procedimientos que indica la Normativa Ecuatoriana de la Construcción no difiere en más de un 30% con el resultado que presenta el programa. Entonces, se obtuvo una diferencia del 22% con magnitudes de 6.95 y 5.65 segundos respectivamente, cumpliendo con la normativa y asegurando la rigidez del reservorio.

Por otro lado, se analiza también el desplazamiento lateral total que tendrá el reservorio a causa del impacto sísmico, pues la normativa ecuatoriana restringe este movimiento a través de una comparación de derivas absolutas en cada nivel, donde estas no pueden ser superiores a 0.02. Por seguridad y consideración de la importancia de la estructura, se redujo este límite a 0.01 basados en los lineamientos de otras normativas latinoamericanas; alcanzando los resultados de la Tabla 3.17 que demuestran el cumplimiento de este parámetro en cada nivel de la estructura.

Complementando la revisión de movimientos laterales, se verificó que para el análisis de segundo orden ( $P-\Delta$ ) se cumpliera con la obtención de un valor inferior a 0.1. Utilizando la Ecuación 3.36 se calculó un valor de 0.000232 que cumple con este límite.

Alcanzados todos los lineamientos de las normativas para examinar la rigidez de la estructura, se calculó el acero requerido en cada elemento estructural de acuerdo con los resultados del software SAP2000, en donde se definen las cantidades plasmadas en las Tablas 3.20 y 3.23

para muros y vigas, mientras que los apartados 3.2.3 y 3.2.4 detallan el refuerzo de las columnas y la losa de cimentación.

La distribución de este acero de refuerzo se presenta de forma clara y detallada en los planos estructurales de la sección de Anexos, los que fueron realizados con la ayuda de Revit y AutoCAD para representar visualmente la ubicación de cada una de las varillas en el reservorio, en estos se pueden corroborar todos los valores mencionados en las tablas y servirán de guía para la construcción del tanque.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis del impacto ambiental con el propósito de identificar y evaluar los efectos medioambientales derivados de las actividades ejecutadas en el proyecto. Se concluyó que la construcción del reservorio resultará en una considerable pérdida de vegetación, evidenciada por un índice de impacto ambiental de -6.58. En contraposición, se anticipa un progreso institucional positivo con un índice de 3.22, generando beneficios en el ámbito socioeconómico para todos los participantes involucrados en la ejecución del proyecto.

Por último, se estima un presupuesto referencial de la obra considerando todas las actividades y rubros involucrados en el proceso de construcción, determinando un costo total de \$453390.49.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda efectuar un análisis geotécnico del terreno mediante la medición del Índice de Calidad de la Roca (RQD) con el fin de precisar la tipología rocosa presente en la zona, sus parámetros y las condiciones actuales. Este procedimiento permitirá realizar el cálculo pertinente de una cimentación adecuada para el reservorio.
- Sería pertinente acoplar el tanque de almacenamiento hacia un sistema de distribución que se encuentre en óptimas condiciones para garantizar un suministro continuo y equitativo de agua.
- Se aconseja diseñar un plan de recuperación ambiental para reestablecer la vegetación que será retirada durante la construcción del reservorio, con la finalidad de contrarrestar el impacto ambiental generado.
- Se plantea contemplar el diseño de un reservorio con la misma capacidad, pero con una forma más convencional para desarrollar un análisis comparativo del comportamiento estructural y de la variación del costo que representaría este nuevo diseño frente al realizado en este proyecto.
- Se aconseja construir la obra con un equipo capacitado y con experiencia para desarrollar trabajos en altura, junto con un plan de manejo de emergencias y seguridad industrial para prevenir las acusaciones legales en caso de accidentes.
- Se propone realizar un mantenimiento frecuente de la estructura para evitar el exceso de infiltraciones de agua hacia los elementos estructurales, de forma que no se comprometa la rigidez y seguridad que estos aportan.

## Referencias

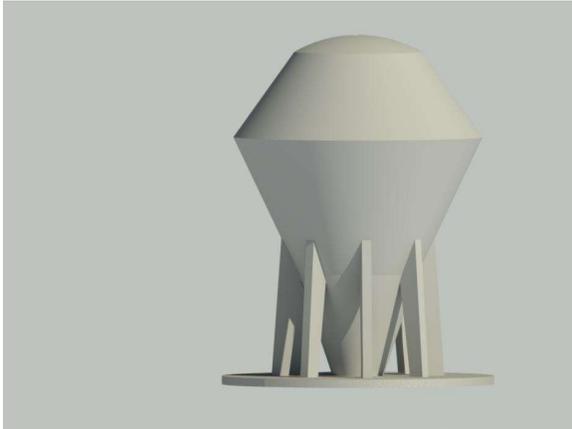
- ACI 318S-14. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*.
- ACI 350.3-06. (2006). *Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary (ACI 350.3-06)*. [www.concrete.org](http://www.concrete.org)
- Aguiar, R. (2017). Peligrosidad sísmica de la costa norte de Ecuador y el terremoto de Pedernales de 2016. *Revista Geofísica*, 67.
- Alberto, J., Silvana, M., & Alicia, O. (2013). Hidrostática - Hidrodinámica. In *Instituto politécnico*.
- ATC. (n.d.). *ATC Hazards by location*. <https://hazards.atcouncil.org/>
- Ávila, A., & Pavlova, L. (n.d.). *Curso Facilitadoras: Ana Ávila Pavlova Luna Proyectos de abastecimiento de agua potable con enfoque de género para Zonas Rurales*.
- Boris, T. (2020). Matriz de Leopold modificada impacto ambiental. *Ingeniería Ambiental*.
- Calle, P. F., & Verdezoto, E. B. (2021). Caracterización de la roca mediante propiedades físicas y su relación con la resistencia a la compresión simple. *South Florida Journal of Development*, 2(4). <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n4-010>
- Ching-Ávalos, S. V., Guzmán-Garaicoa, I. M., Velástegui-Montoya, A. D., Chang-Silva, R. J., & Herrera-Matamoros, V. I. (2020). Use of geographic information systems for mapping a cartographic baseline of trails in Gustavo Galindo Campus. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.305>
- Coduto, D. P., Kitch, W. A., & Yeung, M. R. (2016). *Foundation Design Principles and Practices Third Edition*. In *Pearson Education*.

- Coral, K., & Fernández, S. (2018). *Análisis y diseño estructural de un tanque elevado de concreto armado con capacidad de 2000 m<sup>3</sup>* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://doi.org/10.19083/tesis/624599>
- CPE INEN 5. (1992). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. *INEN*.
- ESPOL. (n.d.). *Grado*. Retrieved October 24, 2023, from <https://www.espol.edu.ec/es/educacion/grado>
- Espol - Gerencia de planificación estratégica. (2022). *Rendición de cuentas*. [http://planificacion.espol.edu.ec/sites/default/files/Rendicion%20de%20cuentas%202022\\_12jun.pdf](http://planificacion.espol.edu.ec/sites/default/files/Rendicion%20de%20cuentas%202022_12jun.pdf)
- G. Soto. (2019). *Diseño y cálculo de tanque elevado de agua con cascaras de hormigón armado*.
- Gonzales, D., & Perera, R. (2018). Diseño y calculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura. *Universidad Politecnica de Madrid* .
- *Guayaquil - Prefectura del Guayas*. (n.d.). Retrieved October 24, 2023, from <https://guayas.gob.ec/cantones-2/guayaquil/>
- Hernández Barrios, H. (2019). RESPUESTA SÍSMICA DE TANQUES ELEVADOS TIPO PÉNDULO INVERTIDO. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 99. <https://doi.org/10.18867/ris.99.533>
- Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de Materiales Octava Edición* (L. Cruz, Ed.; Octava). Pearson Education.
- Izquierdo, E. (2020). *Hidrostatica*.
- Jara Remigio Flor. (2016). *INGENIERIA SANITARIA RESERVORIOS*.

- Lazcano, S. (2012). Perfiles de velocidad de onda de corte y análisis del comportamiento sísmico del suelo en el poniente de Guadalajara, Jal. *XXVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica*.
- López, J., & Zambrano, C. (2021). *Análisis del Sistema Existente y Diseños de Optimización del Sistema Matriz de Agua Potable de la ESPOL*.
- Martín, I., Salcedo, R., & Font, R. (2011). Mecánica de fluidos. Tema 2. Impulsión de fluidos. *Mecánica De Fluidos, 2*.
- NEC-SE-CG. (2015). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN-NEC-SE-CG Cargas no sísmicas. In *Ministerio de desarrollo Urbano y vivienda*.
- NEC-SE-DS. (2015). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC-SE-DS CARGAS SÍSMICAS DISEÑO SISMO RESISTENTE. In *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*.
- NEC-SE-GC. (2014). *GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES*.
- NEC-SE-HM. (2014). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-SE-HM ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO. In *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- ONU. (2021). Objetivos de Desarrollo Sostenible | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. In *La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y los 17 objetivos del desarrollo sostenible*.
- OPS/CEPIS/05.160. (2005). Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente*, 1–25. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS\\_2005c\\_Revervorios\\_elevados.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS_2005c_Revervorios_elevados.pdf)

- Primicia. (2023, November 14). *Guayaquil vuelve a ser la ciudad más poblada* .  
<https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/censo-ecuador/censo-guayaquil-ciudad-inec-poblacion/>
- Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario de requisitos de reglamento. (2019). ACI 318-19. In *American Concrete Institute* (pp. 1–688).
- Rodríguez, S. et al. (1995). *Curso aplicado de cimentaciones*.
- Saavedra, C. A. (2016). *Verificación del cortante basal según Covenin 1756-2001*. Saavedraonline.Wordpress.
- Zambrano, L. (2001). *Análisis Dinámico del Reservorio de Agua del Campus de la Espol*. ESPOL.
- Reservorios - IGC - Innovación en Geosintéticos y construcción. (2020). IGC - Innovación en Geosintéticos y Construcción. <https://igc.com.pe/reservorios/>
- Rondero, L. (2020). Construirán 5 tanques elevados para resolver desabasto del agua en La Paz. *MetrópoliMx*. <https://metropolimx.com/construiran-5-tanques-elevados-para-resolver-desabasto-del-agua-en-la-paz/>
- Synertech. (s. f.). Tanques elevados - SynerTech. SynerTech. <https://www.synertech.com.co/tanques/tanques-elevados>

## Anexos



## **RUBRO: REPLANTEO Y NIVELACIÓN**

### **1.- DESCRIPCIÓN**

Se entenderá por replanteo el proceso de trazado y marcado de puntos importantes, trasladando los datos de los planos al terreno y marcarlos adecuadamente, como paso previo a la construcción del proyecto.

Se realizará en el terreno el replanteo de todas las obras de movimientos de tierras, estructura y albañilería señaladas en los planos, así como su nivelación, los que deberán realizarse con aparatos de precisión como teodolitos, niveles, cintas métricas. Se colocará los hitos de ejes, los mismos que no serán removidos durante el proceso de construcción, y serán comprobados por Fiscalización.

Unidad: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

Materiales mínimos:

Equipo mínimo: Teodolito, equipo de topografía.

Mano de obra mínima calificada: Estructura ocupacional D2, Topógrafo

2.

### **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

#### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Previo a la ejecución del rubro, se comprobará la limpieza total del terreno, con retiro de escombros, malezas y cualquier otro elemento que interfiera el desarrollo del rubro.

Inicialmente se verificará la exactitud del levantamiento topográfico existente: la forma, linderos, superficie, ángulos y niveles del terreno en el que se implantará el proyecto, determinando la existencia de diferencias que pudiesen afectar el replanteo y nivelación del proyecto; en el caso de existir diferencias significativas, que afecten el trazado del proyecto, se recurrirá a la fiscalización para la solución de los problemas detectados.

Previa al inicio del replanteo y nivelación, se determinará con fiscalización, el método o forma en que se ejecutarán los trabajos y se

realizarán planos de taller, de requerirse los mismos, para un mejor control de los trabajos a ejecutar.

La localización se hará en base al levantamiento topográfico del terreno, y los planos arquitectónicos y estructurales.

Se recomienda el uso de mojones de hormigón y estacas de madera resistente a la intemperie.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

La localización y replanteo de ejes, niveles, centros de columnas y alineamiento de la construcción debe ser aprobada por fiscalización y verificada periódicamente.

Los puntos de referencia de la obra se fijarán con exactitud y deberán marcarse mediante puentes formados por estacas y crucetas, mojones de hormigón, en forma estable y clara.

## **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Es necesario mantener referencias permanentes a partir de una estación de referencia externa (mojón), para que no se altere con la ejecución de la obra, se mantenga accesible y visible para realizar chequeos periódicos.

Se realizará la verificación total del replanteo, mediante el método de triangulación, verificando la total exactitud y concordancia con las medidas determinadas en los planos.

Se repetirá el replanteo y nivelación, tantas veces como sea necesario, hasta lograr su concordancia total con los planos.

## **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

Luego de verificada la exactitud de los datos del levantamiento topográfico y solucionada cualquier divergencia, se inicia con la ubicación de un punto de referencia externo a la construcción, para luego localizar ejes, centros de columnas y puntos que definan la cimentación de la construcción. A la vez se replanteará plataformas y otros elementos pavimentados que

puedan definir y delimitar la construcción. Al ubicar ejes de columnas se colocarán estacas las mismas que se ubicarán de manera que no sean afectadas con el movimiento de tierras. Por medio de puntos referenciales (mojones) exteriores se hará una continua comprobación de replanteo y niveles.

Las cotas para mamposterías y similares se podrá determinar por medio de manguera de niveles. Para la estructura, se utilizarán aparatos de precisión y cinta metálica.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

Para su cuantificación se medirá el área del terreno replanteada y su pago se realizará por metro cuadrado (M2).

**RUBRO:** LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO.

##### **1.- DESCRIPCIÓN**

Será la remoción y retiro de toda maleza, árboles, desperdicios y otros materiales que se encuentre en el área de trabajo y que deban ejecutarse manualmente.

Disponer del área de construcción, libre de todo elemento que pueda interferir en la ejecución normal de la obra a realizar. El rubro incluye la limpieza total del terreno.

Unidad: Metro cuadrado (m2).

Materiales mínimos: ninguno.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Mano de obra mínima calificada: Categorías E2.

##### **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

###### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Reconocimiento del terreno en el que se proyecta la edificación.

Determinar las precauciones y cuidados para no causar daños y perjuicios a propiedades ajenas, que se encuentren contiguas a la zona de trabajo.

Selección de los árboles que se conservarán y de los trabajos requeridos para su cuidado, hasta la terminación de las obras. Se retirarán únicamente los que impidan la ejecución de las obras. Se trasplantarán los que, a juicio de la fiscalización, impidan la ejecución de los trabajos, pero deben conservarse.

Definir los límites del área que va a ser limpiada, ya sea por descripción en planos o por indicación de la Fiscalización.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Comprobación de la ejecución correcta de los trabajos.

El material o elementos retirados y que puedan ser utilizados en el proceso de construcción, previa indicación de fiscalización, serán ubicados en un sitio determinado de la obra.

Acarreo permanente del material retirado, hacia el sitio para su desalojo.

Verificación de los trabajos para el mantenimiento de los árboles que se conservan.

## **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Aprobación de los trabajos correctamente ejecutados.

Mantenimiento del terreno limpio, libre de escombros y maleza.

Mantenimiento y cuidado de los árboles que se conservan.

## **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

Una vez definida el área que se va a intervenir, se iniciará a cortar, desenraizar y retirar los árboles, arbustos, hierbas y cualquier otra vegetación que se encuentre en la zona delimitada del proyecto. Si las condiciones del terreno y de la vegetación existente lo permiten, se realizará un primer retiro

de los materiales que sean susceptibles de utilización en el proceso de construcción de la obra.

Para evitar una acumulación de material retirado, se efectuará un acarreo simultáneo hasta el sitio donde se vaya a desalojar. El terreno quedará totalmente limpio y en condiciones de proseguir con la siguiente etapa de la construcción que será el replanteo y nivelación.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

Se medirá el área del terreno realmente limpiada y su pago se lo efectuará por metro cuadrado "M2".

#### **RUBRO: BODEGAS Y OFICINA**

##### **1.- DESCRIPCIÓN**

El constructor, con el inicio de las obras, deberá ejecutar los ambientes necesarios para el personal de guardianía de la obra, las baterías sanitarias y las bodegas requeridas para el bodegaje de materiales.

Unidad: Global o por metro cuadrado (m2).

Materiales mínimos: Pingos de eucalipto, tabla, clavos, zinc.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Mano de obra mínima calificada: Categorías E2, D2 Y C1.

##### **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

###### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión de los planos de construcción para ubicar un sitio en el cual las instalaciones provisionales no interfieran en el normal desarrollo de la obra, ubicación que deberá ser aprobada previamente por fiscalización.

Limpieza del terreno en el cual se va a ubicar esta construcción, que

incluirá retiro, desbroce y desalojo de todo material extraño y la nivelación del terreno.

Planos de taller, de la ubicación, dimensiones y demás necesarios para la realización de las instalaciones provisionales.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Verificación de filtraciones o humedad en las instalaciones provisionales.

Mantenimiento y limpieza de las instalaciones.

Realizar las cunetas y zanjas necesarias, para la recolección de aguas lluvias, con la finalidad de impedir su ingreso o deterioro de las instalaciones provisionales

## **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Retiro de todas las instalaciones provisionales, los escombros y restos de materiales de las mismas y su desalojo de la obra.

## **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

La ejecución de las instalaciones provisionales, una vez aprobada por fiscalización, su ubicación y planos de taller, se iniciará con la nivelación y excavación del suelo para ubicar las tuberías de desagüe, que irán conectadas al sistema de evacuación del alcantarillado público.

## **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición y pago se la efectuará por metro cuadrado "M2".

**RUBRO:** HORMIGÓN EN REPLANTILLOS  $F'c= 18 \text{ MPa}$

## **1.- DESCRIPCIÓN**

Es el hormigón simple, generalmente de baja resistencia, utilizado como la base de apoyo de elementos estructurales, tuberías y que no requiere el uso de encofrados.

El objetivo es la construcción de replantillos de hormigón, especificados en planos estructurales, documentos del proyecto o indicaciones de fiscalización. Incluye el proceso de fabricación, vertido y curado del hormigón.

Unidad: Metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Materiales mínimos: Cemento tipo portland, árido fino, árido grueso, agua; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, concretera, vibrador.

Mano de obra mínima calificada:

## **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

El hormigón cumplirá con lo indicado en la especificación técnica de "Preparación, transporte, vertido y curado del hormigón" del presente estudio.

### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión de los diseños del hormigón a ejecutar y los planos arquitectónicos y estructurales del proyecto. Verificación de la resistencia efectiva del suelo, para los replantillo de cimentaciones estructurales.

Las superficies de tierra, sub - base o suelo mejorado, deberán ser compactadas y estar totalmente secas.

Excavaciones terminadas y limpias, sin tierra en los costados superiores.

Niveles y cotas de fundación determinados en los planos del proyecto.

Fiscalización indicará que se puede iniciar con el hormigonado.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Compactación y nivelación del hormigón vertido.

Conformación de pendientes y caídas que se indiquen en planos.

Control del espesor mínimo determinado en planos.

## **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Prever inundaciones o acumulaciones de basura y desperdicios antes de la utilización del replantillo.

Evitar el tránsito y carga del replantillo recién fundido.

La carga sobre el replantillo no será aplicada hasta que el hormigón haya adquirido el 70% de su resistencia de diseño o que Fiscalización indique otro procedimiento.

Mantenimiento hasta su utilización.

## **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

Las superficies donde se va a colocar el replantillo estarán totalmente limpias, compactas, niveladas y secas, para proceder a verter el hormigón, colocando una capa del espesor que determinen los planos del proyecto o fiscalización. No se permitirá verter el hormigón desde alturas superiores a 2000 mm. por la disgregación de materiales.

Se realizará una compactación mediante vibrador, en los sitios donde se ha llegado a cubrir el espesor determinado, y a la vez las pendientes y caídas indicadas en planos o por fiscalización, se las realizará en esta etapa.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados de las pruebas de campo y de laboratorio, así como las tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega.

## **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición se la hará en unidad de volumen y su pago será por metro cúbico " M3 ", en base de una medición ejecutada en el sitio o con los detalles indicados en los planos del proyecto.

**RUBRO**      HORMIGÓN EN VIGAS Y LOSA DE ENTREPISO O CUBIERTA  $F'c=$   
30 MPa

## **1.- DESCRIPCIÓN**

Es el hormigón simple de determinada resistencia, que conformará losas de entrepiso o de cubierta incluyendo las vigas embebidas, para lo cual requiere del uso de encofrados, acero de refuerzo y elementos de alivianamiento.

El objetivo es la construcción de vigas y losas de hormigón, especificados en planos estructurales y demás documentos del proyecto. Incluye el proceso de fabricación, vertido y curado del hormigón

Unidad: Metro cúbico (m3).

Materiales mínimos: Cemento tipo portland, árido fino, árido grueso, agua; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, concretera, vibrador, elevadores mecánicos, andamios.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, III y V.

## **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

El hormigón cumplirá con lo indicado en la especificación técnica de "Preparación, transporte, vertido y curado del hormigón" del presente estudio.

### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión de los diseños del hormigón a ejecutar y los planos estructurales, de instalaciones y otros complementarios del proyecto.

Elementos estructurales o soportantes que van a cargar la losa terminados.

Encofrados nivelados, estables, estancos y húmedos para recibir el hormigón, aprobados por fiscalización.

Contraflechas, cuando los elementos de apoyo se ubiquen a luces considerables o en voladizo.

Colocación del acero de refuerzo y separadores aprobado por fiscalización. Colocación del acero de temperatura y el sistema para mantenerlo en el nivel especificado, durante el vertido y compactación del hormigón. Colocación de acero de refuerzo para elementos a ejecutar posteriormente, como riostras, escaleras, antepechos y otros.

Sistemas de instalaciones concluidos, probados (instalaciones de desagüe) y protegidos.

Colocación de chicotes y otros elementos requeridos para trabajos posteriores y que deben quedar embebidos en la losa.

Colocación de bloques o sistema de alivianamiento debidamente humedecido.

Trazado de niveles y colocación de guías que permitan un fácil y adecuado control del espesor de losa y vigas.

Definición del orden de vertido del hormigón, de las áreas y volúmenes que puedan cumplirse en una jornada de trabajo, conforme los recursos disponibles, y de juntas de construcción, de requerirse las mismas.

Tipo, dosificación, instrucciones y recomendaciones al utilizar aditivos.

Fiscalización indicará que se puede iniciar con el hormigonado.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Verificación y rectificación de plomos, niveles y cualquier deformación de encofrados. Control de que los encofrados no sufran deformaciones durante el proceso de vertido y vibrado del hormigón.

Hormigonado por capas uniformes; una vez iniciado éste será continuo, hasta terminar las áreas previstas. Control de cumplimiento de niveles y alturas del hormigonado.

Control de la ubicación y niveles del acero de refuerzo y el acero de

temperatura (losas de cubierta)

Vigilar el proceso consecutivo de vibrado, durante todo el proceso de fundición.

Revisión de sistemas de instalaciones, que pueden afectarse durante el proceso de hormigonado.

Control del acabado de la superficie, para el tipo y diseño del masillado que se aplicará posteriormente a la losa.

Conformación de pendientes y caídas que se indiquen en planos.

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Verificar niveles, cotas, pendientes y otros, del elemento ya fundido.

Control de las instalaciones embebidas de desagües: pruebas.

Las superficies a la vista serán lisas y limpias de cualquier rebaba o desperdicio.

Cuidados para no provocar daños al hormigón, durante el proceso de desencofrado.

Evitar cargar al elemento fundido hasta que no haya adquirido el 70% de su resistencia de diseño.

Reparaciones menores, previa la autorización de la fiscalización.

Mantenimiento hasta el momento de entrega recepción.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

Verificado y aprobado el cumplimiento de los requerimientos previos y los adicionales que el constructor o la fiscalización determinen necesarios, se dará inicio al hormigonado hasta su culminación. De acuerdo con el espesor de las losas, el vertido se realizará por capas uniformes y completando tramos totales de losa, lo que va a permitir obtener un homogéneo vibrado y terminado del elemento. En los sitios donde se posea acumulación de acero de refuerzo como: macizados,  $\frac{1}{4}$  de luz de las vigas y otros, se verterá hormigón con máximo cuidado y control. La colocación del hormigón se iniciará por las vigas, desde el centro a sus costados, continuando con el llenado de nervaduras y

terminando con la capa de compresión.

Una vez que se llegue al espesor determinado y verificado su adecuado vibrado, se procederá a compactar por medios manuales o mecánicos, y cuidando en dar las inclinaciones o pendientes indicadas en planos o por fiscalización. Para losas inclinadas se efectuará igual procedimiento, iniciando desde la parte inferior del elemento, con la variación de que el hormigón posea una mayor consistencia plástica la que impedirá su deslizamiento. Para losas de inclinaciones mayores se utilizará encofrado por los dos lados: inferior y superior.

Continuamente se realizarán inspecciones a los encofrados, verificando y corrigiendo las deformaciones que sufran durante el proceso. El retiro de éstos, que respetará un tiempo mínimo de fraguado, se lo efectuará cuidando de no provocar daños en las aristas de las losas, y si es del caso se realizarán los correctivos en forma inmediata.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo; así como las tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición se la hará en unidad de volumen y su pago será por metro cúbico " M3 ", descontando todos los vacíos que por aliviamientos pueda tener; es decir el volumen real ejecutado en base de una medición en obra y los planos del proyecto.

**RUBRO:** ACERO DE REFUERZO  $F_y = 420$  MPa.

## **1.- DESCRIPCIÓN**

Serán las operaciones necesarias para cortar, doblar, conformar ganchos, soldar y colocar el acero de refuerzo que se requiere en la conformación de elementos de hormigón armado.

Disponer de una estructura de refuerzo para el hormigón, y que consistirá en el suministro y colocación de acero de refuerzo de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en las planillas de hierro, planos estructurales y/o especificaciones.

Unidad: Kilogramo (kg).

Materiales mínimos: Acero de refuerzo con resaltes, alambre galvanizado # 18, espaciadores y separadores metálicos; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, cizalla, dobladora, bancos de trabajo, equipo de elevación.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, III y V.

## **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión de los planos estructurales del proyecto y planillas de hierro.

Elaboración de las planillas de corte y organización del trabajo.  
Determinación de los espacios necesarios para la trabajo y clasificación.

Verificación en obra, de los resaltes que certifican la resistencia de las varillas.

Pruebas previas del acero de refuerzo a utilizar (en laboratorio calificado y aceptado por la fiscalización): verificación que cumpla con la resistencia de diseño: Norma INEN 102. Varillas con resaltes de acero al carbono laminadas en caliente para hormigón armado y Capítulo 3, sección 3.5: Acero de refuerzo del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C).

Quinta edición. 1993.

Clasificación y emparrillado de las varillas ingresadas a obra, por diámetros, con identificaciones claramente visibles.

Toda varilla de refuerzo será doblada en frío.

El corte, doblado, y colocación del acero de refuerzo se regirá a lo que establece el Capítulo 7. Detalles de refuerzo del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C.). Quinta edición. 1993.

Disposición de bancos de trabajo y un sitio adecuado para el recorte, configuración, clasificación y almacenaje del acero de refuerzo trabajado, por marcas, conforme planilla de hierros.

Encofrados nivelados, estables y estancos. Antes del inicio de la colocación del acero de refuerzo, se procederá con la impregnación de aditivos desmoldantes. Iniciada la colocación del acero de refuerzo, no se permitirán estos trabajos.

Fiscalización aprobará el inicio del corte y doblado del acero de refuerzo.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Unificación de medidas y diámetros para cortes en serie.

Control de longitud de cortes y doblados. El constructor realizará muestras de estribos y otros elementos representativos por su cantidad o dificultad, para su aprobación y el de la fiscalización, antes de proseguir con el trabajo total requerido.

Doblado y corte en frío, a máquina o a mano. Se permitirá el uso de suelda para el corte, cuando así lo determine la fiscalización.

Para soldadura de acero, se regirá a lo establecido en la sección 3.5.2 Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición. 1993.

Control de que las varillas se encuentren libre de pintura, grasas y otro elemento que perjudique la adherencia con el hormigón a fundir.

La separación libre entre varillas paralelas tanto horizontal como vertical no será menor de 25 mm. o un diámetro.

Durante armado del hierro, se preverán los recubrimientos mínimos para hormigón armado y fundido en obra, determinados en la sección 7.7.1 del Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición, 1993.

Denominación

Recubrimiento mínimo (mm.)

a) Hormigón en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él 70

b) Hormigón expuesto al suelo o a la acción del clima:

Varillas de 18 mm. y mayores 50

Varillas y alambres de 16 mm. y menores 40

c) Hormigón no expuesto a la acción del clima ni en contacto con el suelo; Losas, muros, nervaduras:

Varillas mayores de 36 mm. 40

Varillas de 36 mm. y menores. 20

Vigas y columnas:

Refuerzo principal, anillos, estribos, espirales 40

Cascarones y placas plegadas:

Varillas de 18 mm. y mayores. 20

Varillas y alambres de 16 mm. y menores 15

Amarres con alambre galvanizado en todos los cruces de varillas.

El constructor suministrará y colocará los separadores, grapas, sillas metálicas y tacos de mortero, para ubicar y fijar el acero de refuerzo, en los niveles y lugares previstos en los planos, asegurando los recubrimientos mínimos establecidos en planos.

Los empalmes no se ubicarán en zonas de tracción.

Los empalmes serán efectuados cuando lo requieran o permitan los planos estructurales, las especificaciones o si lo autoriza el ingeniero responsable.

Complementariamente a lo establecido en el Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición. 1993, se consultará y acatará lo establecido en las Secciones 504. Acero de Refuerzo, Sección 807. Acero de refuerzo. de las

"Especificaciones generales para construcción de puentes y caminos" del MOP".

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Verificación del número y diámetros del acero de refuerzo colocado.  
Control de ubicación, amarres y niveles.

Verificación del sistema de instalaciones concluido y protegido.

Nivelación y estabilidad de los encofrados.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

El acero utilizado estará libre de toda suciedad, escamas sueltas, pintura, herrumbre u otra sustancia que perjudique la adherencia con el hormigón. Los cortes y doblados se efectuarán de acuerdo con las planillas de hierro de los planos estructurales revisados en obra y las indicaciones dadas por el calculista y/o la fiscalización. Para los diámetros de doblados, se observarán los mínimos establecidos en la sección 7.2.1 del C.E.C. Se agrupará el acero preparado, por marcas, con identificación de su diámetro y nivel o losa en la que deberán ubicar.

El armado y colocación será la indicada en planos; se verificará que los trabajos previos como replantillos, encofrados y otros se encuentren terminados, limpios y en estado adecuado para recibir el hierro de refuerzo. Conforme al orden de ejecución de la estructura, se colocará y armará el acero de refuerzo, cuidando siempre de ubicar y asegurar el requerido para etapas posteriores, antes de los hormigonados de las etapas previas.

Se tendrá especial cuidado en el control del espaciamiento mínimo entre varillas, en la distribución de estribos y en el orden de colocación en los lugares de cruces entre vigas y columnas. Igualmente deberá verificarse en la distribución y colocación de estribos, que los ganchos de estos se ubiquen en forma alternada.

Todo armado y colocación, será revisado en detalle con lo dispuesto en los planos estructurales, disponiéndose de las correcciones y enmiendas hasta el total cumplimiento de los mismos. Los todos los elementos terminados, se controlará los niveles y plomos de la armadura y la colocación de separadores, sillas y demás auxiliares para la fijación y conservación de la posición del hierro y el cumplimiento de los recubrimientos mínimos del hormigón. En general, para todo elemento de hormigón armado, se asegurará con alambre galvanizado todos los cruces de varilla, los que quedarán sujetos firmemente, hasta el vaciado del hormigón. Para conservar el espaciamiento entre varillas y su recubrimiento, se utilizará espaciadores metálicos debidamente amarrados con alambre galvanizado.

Previo al hormigonado, y una vez que se haya concluido y revisado los trabajos de instalaciones, alivianamientos, encofrados y otros, se verificará los amarres, traslapes, y demás referentes al acero de refuerzo. Cualquier cambio o modificación, aprobado por el ingeniero responsable, deberá registrarse en el libro de obra y en los planos de verificación y control de obra.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo; así como las tolerancias y condiciones en las que se hace dicha entrega.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición será de acuerdo a la cantidad efectiva ejecutada y colocada en obra, la que se verificará por marcas, previo a la colocación del hormigón. Su pago será por kilogramo " Kg. "

**RUBRO:** ACERO DE REFUERZO  $F_y = 420$  MPa.

## **1.- DESCRIPCIÓN**

Serán las operaciones necesarias para cortar, doblar, conformar ganchos, soldar y colocar el acero de refuerzo que se requiere en la conformación de elementos de hormigón armado.

Disponer de una estructura de refuerzo para el hormigón, y que consistirá en el suministro y colocación de acero de refuerzo de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en las planillas de hierro, planos estructurales y/o especificaciones.

Unidad: Kilogramo (kg).

Materiales mínimos: Acero de refuerzo con resaltes, alambre galvanizado # 18, espaciadores y separadores metálicos; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, cizalla, dobladora, bancos de trabajo, equipo de elevación.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, III y V.

## **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión de los planos estructurales del proyecto y planillas de hierro.

Elaboración de las planillas de corte y organización del trabajo.  
Determinación de los espacios necesarios para la trabajo y clasificación.

Verificación en obra, de los resaltes que certifican la resistencia de las varillas.

Pruebas previas del acero de refuerzo a utilizar (en laboratorio calificado y aceptado por la fiscalización): verificación que cumpla con la resistencia de diseño: Norma INEN 102. Varillas con resaltes de acero al carbono laminadas en caliente para hormigón armado y Capítulo 3, sección 3.5: Acero de refuerzo del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C). Quinta edición. 1993.

Clasificación y emparrillado de las varillas ingresadas a obra, por

diámetros, con identificaciones claramente visibles.

Toda varilla de refuerzo será doblada en frío.

El corte, doblado, y colocación del acero de refuerzo se regirá a lo que establece el Capítulo 7. Detalles de refuerzo del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C). Quinta edición. 1993.

Disposición de bancos de trabajo y un sitio adecuado para el recorte, configuración, clasificación y almacenaje del acero de refuerzo trabajado, por marcas, conforme planilla de hierros.

Encofrados nivelados, estables y estancos. Antes del inicio de la colocación del acero de refuerzo, se procederá con la impregnación de aditivos desmoldantes. Iniciada la colocación del acero de refuerzo, no se permitirán estos trabajos.

Fiscalización aprobará el inicio del corte y doblado del acero de refuerzo.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Unificación de medidas y diámetros para cortes en serie.

Control de longitud de cortes y doblados. El constructor realizará muestras de estribos y otros elementos representativos por su cantidad o dificultad, para su aprobación y el de la fiscalización, antes de proseguir con el trabajo total requerido.

Doblado y corte en frío, a máquina o a mano. Se permitirá el uso de suelda para el corte, cuando así lo determine la fiscalización.

Para soldadura de acero, se regirá a lo establecido la sección 3.5.2 Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición. 1993.

Control de que las varillas se encuentren libre de pintura, grasas y otro elemento que perjudique la adherencia con el hormigón a fundir.

La separación libre entre varillas paralelas tanto horizontal como vertical no será menor de 25 mm. o un diámetro.

Durante armado del hierro, se preverán los recubrimientos mínimos para hormigón armado y fundido en obra, determinados en la sección 7.7.1 del

Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición, 1993.

Denominación	
Recubrimiento mínimo (mm.)	
a) Hormigón en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él	70
b) Hormigón expuesto al suelo o a la acción del clima:	
Varillas de 18 mm. y mayores	50
Varillas y alambres de 16 mm. y menores	40
c) Hormigón no expuesto a la acción del clima ni en contacto con el suelo;	
Losas, muros, nervaduras:	
Varillas mayores de 36 mm.	40
Varillas de 36 mm. y menores.	20
Vigas y columnas:	
Refuerzo principal, anillos, estribos, espirales	40
Cascarones y placas plegadas:	
Varillas de 18 mm. y mayores.	20
Varillas y alambres de 16 mm. y menores	15

Amarres con alambre galvanizado en todos los cruces de varillas.

El constructor suministrará y colocará los separadores, grapas, sillas metálicas y tacos de mortero, para ubicar y fijar el acero de refuerzo, en los niveles y lugares previstos en los planos, asegurando los recubrimientos mínimos establecidos en planos.

Los empalmes no se ubicarán en zonas de tracción.

Los empalmes serán efectuados cuando lo requieran o permitan los planos estructurales, las especificaciones o si lo autoriza el ingeniero responsable.

Complementariamente a lo establecido en el Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición. 1993, se consultará y acatará lo establecido en las Secciones 504. Acero de Refuerzo, Sección 807. Acero de refuerzo. de las "Especificaciones generales para construcción de puentes y caminos" del

MOP".

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Verificación del número y diámetros del acero de refuerzo colocado.  
Control de ubicación, amarres y niveles.

Verificación del sistema de instalaciones concluido y protegido.

Nivelación y estabilidad de los encofrados.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

El acero utilizado estará libre de toda suciedad, escamas sueltas, pintura, herrumbre u otra sustancia que perjudique la adherencia con el hormigón. Los cortes y doblados se efectuarán de acuerdo con las planillas de hierro de los planos estructurales revisados en obra y las indicaciones dadas por el calculista y/o la fiscalización. Para los diámetros de doblados, se observarán los mínimos establecidos en la sección 7.2.1 del C.E.C. Se agrupará el acero preparado, por marcas, con identificación de su diámetro y nivel o losa en la que deberán ubicar.

El armado y colocación será la indicada en planos; se verificará que los trabajos previos como replantillos, encofrados y otros se encuentren terminados, limpios y en estado adecuado para recibir el hierro de refuerzo. Conforme al orden de ejecución de la estructura, se colocará y armará el acero de refuerzo, cuidando siempre de ubicar y asegurar el requerido para etapas posteriores, antes de los hormigonados de las etapas previas.

Se tendrá especial cuidado en el control del espaciamiento mínimo entre varillas, en la distribución de estribos y en el orden de colocación en los lugares de cruces entre vigas y columnas. Igualmente deberá verificarse en la distribución y colocación de estribos, que los ganchos de estos se ubiquen en forma alternada.

Todo armado y colocación, será revisado en detalle con lo dispuesto en los planos estructurales, disponiéndose de las correcciones y enmiendas hasta el total cumplimiento de los mismos. Los todos los elementos terminados, se controlará los niveles y plomos de la armadura y la colocación de separadores, sillas y demás auxiliares para la fijación y conservación de la posición del hierro y el cumplimiento de los recubrimientos mínimos del hormigón. En general, para todo elemento de hormigón armado, se asegurará con alambre galvanizado todos los cruces de varilla, los que quedarán sujetos firmemente, hasta el vaciado del hormigón. Para conservar el espaciamiento entre varillas y su recubrimiento, se utilizará espaciadores metálicos debidamente amarrados con alambre galvanizado.

Previo al hormigonado, y una vez que se haya concluido y revisado los trabajos de instalaciones, alivianamientos, encofrados y otros, se verificará los amarres, traslapes, y demás referentes al acero de refuerzo. Cualquier cambio o modificación, aprobado por el ingeniero responsable, deberá registrarse en el libro de obra y en los planos de verificación y control de obra.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo; así como las tolerancias y condiciones en las que se hace dicha entrega.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición será de acuerdo a la cantidad efectiva ejecutada y colocada en obra, la que se verificará por marcas, previo a la colocación del hormigón. Su pago será por kilogramo " Kg"

**RUBRO:** ENLUCIDO VERTICAL EXTERIOR CON MORTERO:

CEMENTO - ARENA - CEMENTINA.

## **1.- DESCRIPCIÓN**

Será la conformación de un revestimiento exterior de mortero cemento - arena - cementina (Cal hidratada) sobre mamposterías o elementos verticales, con una superficie final sobre la que se podrá realizar una diversidad de terminados posteriores.

El objetivo será la construcción del enlucido vertical exterior impermeable, incluyendo las medias cañas, filos, franjas, remates y similares que requiera el trabajo de enlucido, el que será de superficie regular, uniforme, limpia y de buen aspecto, según las ubicaciones determinadas en los planos del proyecto y las indicaciones de la dirección arquitectónica o la fiscalización.

Unidad: metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

Materiales mínimos: Cemento portland, arena, aditivos, agua; que cumplirán con el capítulo de especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, andamios, fumigadora de agua, elevador mecánico.

Mano de obra mínima calificada: Peón, albañil, maestro de obra

## **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

La elaboración del mortero cumplirá con las especificaciones del rubro "Elaboración de morteros: generalidades" Capítulo 08. Contrapisos y masillados, del presente estudio.

### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Previo a la ejecución del rubro se verificarán los planos del proyecto, determinando los sitios en los que se ejecutará el enlucido y definiendo o ratificando la forma y dimensiones de medias cañas, filos, remates o similares y de requerirse se realizarán planos de taller. No se iniciará el rubro mientras no se concluyan todas las instalaciones (las que deberán estar probadas y

verificado su funcionamiento), y otros elementos que deben quedar empotrados en la mampostería y cubiertos con en el mortero. Se cumplirán las siguientes indicaciones, previo el inicio del enlucido.

Definición del acabado de la superficie final terminada: El terminado de la superficie del enlucido será: paleteado grueso, paleteado fino, esponjeado. El constructor, por requerimiento de la dirección arquitectónica o la fiscalización, realizará muestras del enlucido, en un área mínima de 10 m<sup>2</sup>.

Definición y aprobación de los aditivos a utilizar, para lograr un enlucido impermeable, que permita la evaporación del vapor de agua y con una retracción mínima inicial y final prácticamente nula.

Protección de todos los elementos y vecindad que puedan ser afectados con la ejecución de los enlucidos.

Verificación del agregado fino para el mortero: calidad, granulometría y cantidades suficientes requeridas. Aprobación del material a ser empleado en el rubro.

Pruebas previas de resistencia del mortero, con muestras ejecutadas en obra.

No se aplicará un enlucido, sin antes verificar que la obra de mamposterías y hormigón, estén completamente secos, fraguados, limpios de polvo, grasas y otros elementos que impidan la buena adherencia del mortero.

Revisión de verticalidad y presencia de deformaciones o fallas en la mampostería: a ser corregidas previa la ejecución del enlucido. Se colocarán elementos de control de plomos, verticalidad y espesor, a máximo 2.400 mm, del nivel superior al inferior y horizontalmente. Igualmente se verificará el cumplimiento de los plomos en toda la altura de cada paramento vertical, solucionando previamente desplomes mayores al 1/1000 de la altura de cada paramento continuo.

Corchado de instalaciones y relleno de grietas y vacíos pronunciados mediante el mortero utilizado para la mampostería.

Verificación de las juntas entre mampostería y estructura: deben

encontrarse totalmente selladas, sin rajaduras. Caso contrario se procederá a resanar las mismas, previa la ejecución de los enlucidos, mediante masillas elastoméricas o con una malla metálica galvanizada, debidamente sujeta y traslapada, que garantice la estabilidad de la junta.

Superficie áspera de la mampostería y con un acabado rehundido de las juntas, para mejorar la adherencia del mortero. Las superficies de hormigón serán martelinadas, para permitir una mejor adherencia del enlucido.

Humedecimiento previo de la superficie que va a recibir el enlucido, verificando que se conserve una absorción residual.

Definición del sistema de andamiaje y forma de sustentación.

Control del sistema de seguridad de los obreros.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Todo enlucido vertical exterior, se iniciará por el nivel máximo superior de cada paramento o superficie a enlucir.

La máxima cantidad de preparación de mortero será para una jornada de trabajo, en la proporción adecuada para conseguir una mínima resistencia a la compresión de 100 kg. /cm<sup>2</sup>. El mortero para enlucido exterior incluirá en su composición, una relación cemento - cementina 2:1. El constructor realizará un detallado y concurrente control de calidad y de la granulometría del agregado fino, el proceso de medido, mezclado y transporte del mortero, para garantizar la calidad del mismo.

Verificación de la ejecución y ubicación de maestras verticales, que permitan definir niveles, alineamientos, escuadrías y verticalidad: máximo a 2.400 mm entre maestras.

Indicación y órdenes para toma de muestras y verificación de consistencia, resistencia, uso de aditivos, y las pruebas que creyera conveniente fiscalización: mínimo una diaria o cada 200 m<sup>2</sup>.

Control de la aplicación del mortero en dos capas como mínimo.

El recorrido del codal será efectuado en sentido horizontal y vertical, para obtener una superficie plana, uniforme y a codal. La capa final del

enlucido será uniforme en su espesor: que no exceda de 30 mm. ni disminuya de 20 mm, ajustando desigualdades de las mamposterías o estructura. Para enlucidos de mayor espesor, a causa de desplomes en las mamposterías, el constructor por su cuenta deberá colocar y asegurar mallas de hierro galvanizado, que garanticen el control de fisuras y adherencia del enlucido.

La intersección de una superficie horizontal y una vertical, serán en línea recta horizontal y separados por una unión tipo "media caña" perfectamente definida, con el uso de guías, reglas y otros medios. En las uniones verticales de mampostería con la estructura, se ejecutará igualmente una media caña en el enlucido, conforme a los detalles establecidos antes del inicio de los trabajos.

Control de la ejecución de los enlucidos de los fillos (encuentros de dos superficies verticales) perfectamente verticales; remates y detalles que conforman los vanos de puertas y ventanas: totalmente horizontales, de anchos uniformes, sin desplomes.

Cuando se corte una etapa de enlucido se concluirá chaflanada, para obtener una mejor adherencia con la siguiente etapa.

Control de la superficie de acabado: deberán ser uniformes a la vista, conforme a la(s) muestra(s) aprobadas. Las superficies obtenidas, serán regulares, parejas, sin grietas o fisuras.

Verificación del curado de los enlucidos: mínimo de 72 horas posteriores a la ejecución del enlucido, por medio de asperjeo de agua, en dos ocasiones diarias o adicionalmente conforme se requiera por condiciones climáticas cálidas.

Las superficies que se inicien en una jornada de trabajo deberán terminarse en la misma, para lo que se determinarán oportunamente las áreas a trabajarse en una jornada de trabajo, acorde con los medios disponibles.

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Fiscalización realizará la recepción y posterior aprobación o rechazo del rubro ejecutado, para lo cual se observarán:

El cumplimiento de la resistencia especificada para el mortero, mediante las pruebas de las muestras tomadas durante la ejecución del rubro.

Pruebas de una buena adherencia del mortero, mediante golpes con una varilla de 12 mm de diámetro, que permita localizar posibles áreas de enlucido no adheridas suficientemente a las mamposterías. El enlucido no se desprenderá al clavar y retirar clavos de acero de 1 ½". Las áreas defectuosas deberán retirarse y ejecutarse nuevamente.

Verificación del acabado superficial y comprobación de la verticalidad, que será uniforme y a codal, sin ondulaciones o hendiduras: mediante un codal de 3000 mm, colocado en cualquier dirección, la variación no será mayor a +/- 2 mm. en los 3000 mm. del codal. Control de fisuras: los enlucidos terminados no tendrán fisuras de ninguna especie.

Verificación de escuadría en uniones verticales y plomo de las aristas de unión; verificación de la nivelación de franjas y filos y anchos uniformes de las mismas, con tolerancias de +/- 2 mm. en 3000 mm. de longitud o altura.

Eliminación y limpieza de manchas, por eflorescencias producidas por sales minerales, salitres u otros.

Limpieza del mortero sobrante y de los sitios afectados durante el proceso de ejecución del rubro.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

El constructor verificará y comprobará y recibirá la aprobación de fiscalización, de que las mamposterías o demás elementos se encuentra en condiciones de recibir adecuadamente el mortero de enlucido, se han cumplido con los requerimientos previos de esta especificación y cuenta con los medios para la ejecución y control de calidad de la ejecución de los trabajos.

Se procederá a elaborar un mortero de dosificación determinada en los ensayos previos, para la resistencia y proporción exigida, controlando detalladamente la cantidad mínima de agua requerida y la cantidad correcta de los aditivos. Conformadas las maestras de guía y control, el mortero para

la primera capa se aplicará mediante lanzado sobre la mampostería hidratada, conformando inicialmente un champeado grueso, que se igualará mediante codal. Ésta capa de mortero no sobrepasará un espesor de 20 mm. y tampoco será inferior a 10 mm. y deberá incluir un aditivo hidrófugo.

Mediante un codal de 3000 mm. de longitud, perfectamente recto, sin alabeos o torceduras, de madera o metálico, se procederá a igualar la superficie de revestimiento, retirando el exceso o adicionando el faltante de mortero, ajustando los plomos al de las maestras establecidas. Los movimientos del codal serán longitudinales y transversales para obtener una superficie uniformemente plana. La segunda capa, se colocará inmediatamente a continuación de la precedente, cubriendo toda la superficie con un espesor uniforme de 10 mm. e igualándola mediante el uso del codal y de una paleta de madera de mínimo 200 x 800 mm, utilizando esta última con movimientos circulares. Igualada y verificada la superficie, se procederá al acabado de la misma, con la paleta de madera, para un acabado paleteado grueso o fino: superficie más o menos áspera, utilizada generalmente para la aplicación de una capa de recubrimiento de acabado final; con esponja humedecida en agua, con movimientos circulares uniformemente efectuados, para terminado esponjeado, el que consiste en dejar vistos los granos del agregado fino, para lo que el mortero deberá encontrarse en su fase de fraguado inicial.

Ejecutadas las franjas entre maestras de los enlucidos verticales, antes de su fraguado, se procederá con la ejecución de medias cañas horizontales y verticales, para las que, con elementos metálicos que contengan las formas y dimensiones de las mismas, y de una longitud no menor a 600 mm, se procede al retiro del mortero de enlucido, en una profundidad de 10 mm, o según detalles o indicación de la dirección arquitectónica, para completar su acabado de aristas y filos, hasta lograr hendiduras uniformes en ancho y profundidad, perfectamente verticales u horizontales, conforme su ubicación y

función.

Se realizará el enlucido de las franjas que conforman el vano de puertas y ventanas que se ubiquen hacia el exterior, definiendo y ejecutando las aristas, pendientes, medias cañas y otros que se indiquen en planos de detalles o por la dirección arquitectónica o fiscalización.

Fiscalización aprobará o rechazará la ejecución del rubro, mediante los resultados de ensayos de laboratorio, y complementando con las tolerancias y pruebas de las condiciones en las que se entrega el rubro concluido.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición se la hará en unidad de superficie y su pago será por metro cuadrado " M2 ", multiplicando la base por la altura del paramento enlucido, descontando el área de vanos e incrementando las franjas de puertas y ventanas; es decir el área realmente ejecutada que deberá ser verificada en obra y con los detalles indicados en los planos del proyecto. El pago incluye la ejecución de las medias cañas, muestras, franjas, filos, remates y similares requeridos para el total recubrimiento de las mamposterías y demás elementos verticales exteriores.

**RUBRO:** HORMIGÓN EN VIGAS  $F'c= 30$  MPa

#### **1.- DESCRIPCIÓN**

Es el hormigón de determinada resistencia, que conformará los elementos estructurales denominados vigas, que son parte integrante de la estructura y que requieren de acero de refuerzo y encofrados previos para su fundición.

El objetivo es la construcción de vigas de hormigón en forma independiente, especificados en planos estructurales y demás documentos del

proyecto. Incluye el proceso de fabricación, vertido y curado del hormigón

Unidad: Metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Materiales mínimos: Cemento tipo portland, árido fino, árido grueso, agua; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, concretera, vibrador, andamios.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, III y V.

## **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

El hormigón cumplirá con lo indicado en la especificación técnica de "Preparación, transporte, vertido y curado del hormigón" del presente estudio.

### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión del diseño del hormigón y los planos arquitectónicos, de instalaciones y estructurales del proyecto.

Fundición y terminación de elementos estructurales que soportarán la viga.

Ubicación y sustentación de sistema de andamios.

Encofrados nivelados, aplomados, estables, estancos y húmedos para recibir el hormigón, aprobados por fiscalización.

Acero de refuerzo y separadores, instalaciones embebidas y otros aprobados por fiscalización.

Tipo, dosificación, instrucciones y recomendaciones al utilizar aditivos.

Fiscalización indicará que se puede iniciar con el hormigonado.

### **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Verificación de plomos, niveles, deslizamientos, apuntalamientos o cualquier deformación en los encofrados.

Hormigonado por capas uniformes, y una vez iniciado este será continuo.

Vigilar el proceso continuo y uniforme de vibrado.

Verificación de la posición del acero de refuerzo.

Toma de muestras del hormigón.

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Verificación del procedimiento de curado, al menos por siete días.

Las superficies a la vista serán lisas y limpias de cualquier rebaba o desperdicio, debidamente alineadas, escuadradas y aplomadas, debiendo repararse cualquier defecto en forma inmediata al desencofrado de costados y fondos.

Evitar la carga del elemento recién fundido hasta que haya adquirido el 100% de su resistencia de diseño y/o retirar el apuntalamiento hasta que al menos haya adquirido el 70% de su resistencia de diseño.

Cuidados para no provocar daños al hormigón, durante el proceso de desencofrado.

Mantenimiento hasta el momento de entrega recepción del rubro.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

Comprobado que los apuntalamientos, encofrados y el acero de refuerzo se encuentran aprobados por fiscalización, se dará inicio al hormigonado hasta su culminación. De acuerdo con el espesor de las vigas, se realizará por capas que no superen los 400mm. y completando tramos totales de viga, lo que va a permitir obtener un homogéneo vibrado y terminado del elemento. El vertido del concreto se iniciará desde el centro de las vigas, hacia sus costados.

Continuamente se realizarán inspecciones a los encofrados, verificando y corrigiendo las deformaciones que sufran durante el proceso. El retiro de los encofrados, que respetará un tiempo mínimo de fraguado, se lo efectuará cuidando de no provocar daños en las aristas de las vigas, ya que son los lugares más susceptibles de desprendimientos; y si es del caso se realizarán los correctivos en forma inmediata.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados y cumplimiento de dimensiones, alineamiento, escuadrado, de las pruebas de resistencia de laboratorio y de campo; así como las tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición se la hará en unidad de volumen y su pago será por metro cúbico " M3 ", estableciendo la longitud, ancho y altura en base de una medición ejecutada en obra o en planos del proyecto.

**RUBRO:** ACERO DE REFUERZO  $F_y = 420$  MPa.

#### **1.- DESCRIPCIÓN**

Serán las operaciones necesarias para cortar, doblar, conformar ganchos, soldar y colocar el acero de refuerzo que se requiere en la conformación de elementos de hormigón armado.

Disponer de una estructura de refuerzo para el hormigón, y que consistirá en el suministro y colocación de acero de refuerzo de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en las planillas de hierro, planos estructurales y/o especificaciones.

Unidad: Kilogramo (kg.).

Materiales mínimos: Acero de refuerzo con resaltes, alambre galvanizado # 18, espaciadores y separadores metálicos; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, cizalla, dobladora, bancos de trabajo, equipo de elevación.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, III y V.

#### **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

##### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión de los planos estructurales del proyecto y planillas de hierro.

Elaboración de las planillas de corte y organización del trabajo.  
Determinación de los espacios necesarios para la trabajo y clasificación.

Verificación en obra, de los resaltes que certifican la resistencia de las varillas.

Pruebas previas del acero de refuerzo a utilizar (en laboratorio calificado y aceptado por la fiscalización): verificación que cumpla con la resistencia de diseño: Norma INEN 102. Varillas con resaltes de acero al carbono laminadas en caliente para hormigón armado y Capítulo 3, sección 3.5: Acero de refuerzo del Código Ecuatoriano de la Construcción ( C.E.C). Quinta edición. 1993.

Clasificación y emparrillado de las varillas ingresadas a obra, por diámetros, con identificaciones claramente visibles.

Toda varilla de refuerzo será doblada en frío.

El corte, doblado, y colocación del acero de refuerzo se regirá a lo que establece el Capítulo 7. Detalles de refuerzo del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C.). Quinta edición. 1993.

Disposición de bancos de trabajo y un sitio adecuado para el recorte, configuración, clasificación y almacenaje del acero de refuerzo trabajado, por marcas, conforme planilla de hierros.

Encofrados nivelados, estables y estancos. Antes del inicio de la colocación del acero de refuerzo, se procederá con la impregnación de aditivos desmoldantes. Iniciada la colocación del acero de refuerzo, no se permitirán estos trabajos.

Fiscalización aprobará el inicio del corte y doblado del acero de refuerzo.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Unificación de medidas y diámetros para cortes en serie.

Control de longitud de cortes y doblados. El constructor realizará muestras de estribos y otros elementos representativos por su cantidad o dificultad, para su aprobación y el de la fiscalización, antes de proseguir con el

trabajo total requerido.

Doblez y corte en frío, a máquina o a mano. Se permitirá el uso de suelda para el corte, cuando así lo determine la fiscalización.

Para soldadura de acero, se regirá a lo establecido en la sección 3.5.2 Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición. 1993.

Control de que las varillas se encuentren libre de pintura, grasas y otro elemento que perjudique la adherencia con el hormigón a fundir.

La separación libre entre varillas paralelas tanto horizontal como vertical no será menor de 25 mm. o un diámetro.

Durante armado del hierro, se preverán los recubrimientos mínimos para hormigón armado y fundido en obra, determinados en la sección 7.7.1 del Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición, 1993.

#### Denominación

#### Recubrimiento mínimo (mm.)

a) Hormigón en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él	70
b) Hormigón expuesto al suelo o a la acción del clima:	
Varillas de 18 mm. y mayores	50
Varillas y alambres de 16 mm. y menores	40
c) Hormigón no expuesto a la acción del clima ni en contacto con el suelo;	
Losas, muros, nervaduras:	
Varillas mayores de 36 mm.	40
Varillas de 36 mm. y menores.	20
Vigas y columnas:	
Refuerzo principal, anillos, estribos, espirales	40
Cascarones y placas plegadas:	
Varillas de 18 mm. y mayores.	20
Varillas y alambres de 16 mm. y menores	15
Amarres con alambre galvanizado en todos los cruces de varillas.	
El constructor suministrará y colocará los separadores, grapas, sillas	

metálicas y tacos de mortero, para ubicar y fijar el acero de refuerzo, en los niveles y lugares previstos en los planos, asegurando los recubrimientos mínimos establecidos en planos.

Los empalmes no se ubicarán en zonas de tracción.

Los empalmes serán efectuados cuando lo requieran o permitan los planos estructurales, las especificaciones o si lo autoriza el ingeniero responsable.

Complementariamente a lo establecido en el Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición. 1993, se consultará y acatará lo establecido en las Secciones 504. Acero de Refuerzo, Sección 807. Acero de refuerzo. de las "Especificaciones generales para construcción de puentes y caminos" del MOP".

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Verificación del número y diámetros del acero de refuerzo colocado.  
Control de ubicación, amarres y niveles.

Verificación del sistema de instalaciones concluido y protegido.

Nivelación y estabilidad de los encofrados.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

El acero utilizado estará libre de toda suciedad, escamas sueltas, pintura, herrumbre u otra sustancia que perjudique la adherencia con el hormigón. Los cortes y doblados se efectuarán de acuerdo con las planillas de hierro de los planos estructurales revisados en obra y las indicaciones dadas por el calculista y/o la fiscalización. Para los diámetros de doblados, se observarán los mínimos establecidos en la sección 7.2.1 del C.E.C. Se agrupará el acero preparado, por marcas, con identificación de su diámetro y nivel o losa en la que deberán ubicar.

El armado y colocación será la indicada en planos; se verificará que los trabajos previos como replantillos, encofrados y otros se encuentren

terminados, limpios y en estado adecuado para recibir el hierro de refuerzo. Conforme al orden de ejecución de la estructura, se colocará y armará el acero de refuerzo, cuidando siempre de ubicar y asegurar el requerido para etapas posteriores, antes de los hormigonados de las etapas previas.

Se tendrá especial cuidado en el control del espaciamiento mínimo entre varillas, en la distribución de estribos y en el orden de colocación en los lugares de cruces entre vigas y columnas. Igualmente deberá verificarse en la distribución y colocación de estribos, que los ganchos de estos se ubiquen en forma alternada.

Todo armado y colocación, será revisado en detalle con lo dispuesto en los planos estructurales, disponiéndose de las correcciones y enmiendas hasta el total cumplimiento de los mismos. Los todos los elementos terminados, se controlará los niveles y plomos de la armadura y la colocación de separadores, sillas y demás auxiliares para la fijación y conservación de la posición del hierro y el cumplimiento de los recubrimientos mínimos del hormigón. En general, para todo elemento de hormigón armado, se asegurará con alambre galvanizado todos los cruces de varilla, los que quedarán sujetos firmemente, hasta el vaciado del hormigón. Para conservar el espaciamiento entre varillas y su recubrimiento, se utilizará espaciadores metálicos debidamente amarrados con alambre galvanizado.

Previo al hormigonado, y una vez que se haya concluido y revisado los trabajos de instalaciones, aliviamientos, encofrados y otros, se verificará los amarres, traslapes, y demás referentes al acero de refuerzo. Cualquier cambio o modificación, aprobado por el ingeniero responsable, deberá registrarse en el libro de obra y en los planos de verificación y control de obra.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo; así

como las tolerancias y condiciones en las que se hace dicha entrega.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición será de acuerdo a la cantidad efectiva ejecutada y colocada en obra, la que se verificará por marcas, previo a la colocación del hormigón. Su pago será por kilogramo " Kg. "

**RUBRO:** HORMIGÓN EN MUROS  $F'c= 30 \text{ MPa}$

#### **1.- DESCRIPCIÓN**

Es el hormigón simple de determinada resistencia, que se lo utiliza para la conformación de muros soportantes y de contención, generalmente expuestos a esfuerzos de carga y empuje, y que requieren de encofrados y acero de refuerzo para su fundición.

El objetivo es la construcción de muros de hormigón, especificados en planos estructurales y demás documentos del proyecto. Incluye el proceso de fabricación, vertido y curado del hormigón

Unidad: Metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Materiales mínimos: Cemento tipo portland, árido fino, árido grueso, agua; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, concretera, vibrador, andamios.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, III y V.

#### **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

El hormigón cumplirá con lo indicado en la especificación técnica de "Preparación, transporte, vertido y curado del hormigón" del presente estudio.

##### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión de los diseños del hormigón a ejecutar y los planos del

proyecto. Verificación de la resistencia del suelo efectiva y las recomendaciones del informe y/o el consultor estructural; verificación de los rellenos y el empuje que soportará el muro.

Medidas de seguridad para la ejecución de los trabajos.

Estabilidad del talud o corte a soportar (para muros fundidos contra cortes sin relleno posterior).

Sistema de drenaje de rellenos e impermeabilización del muro.

Compactación y terminado de las áreas a ponerse en contacto con el hormigón. Replanteo terminado.

Ubicación y sustentación de sistema de andamios, para personal y transporte y vertido de concreto.

Encofrados estables, estancos y húmedos para recibir el hormigón, aprobados por fiscalización.

Acero de refuerzo, instalaciones embebidas y otros aprobados por fiscalización.

Colocación y distribución de acero de refuerzo, para arriostramientos posteriores.

Tipo, dosificación, instrucciones y recomendaciones al utilizar aditivos.

Ubicación y definición de juntas de construcción y de dilatación a observarse en la ejecución del rubro. Definición de la forma y etapas de trabajo.

Fiscalización indicará que se puede iniciar con el hormigonado.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Verificación de plomos, niveles, deslizamientos, pandeos o cualquier deformación de encofrados, su arriostramiento y apuntalamiento.

Ejecución por secciones, de acuerdo con la longitud y altura del muro.

Hormigonado por capas uniformes y del espesor máximo determinado; una vez iniciado este será continuo. Control del proceso de vibrado, especialmente en las zonas bajas.

Control de la ubicación del acero de refuerzo, separadores e

instalaciones embebidas.

Control en la ejecución del tipo y forma de las juntas de construcción y de las juntas de dilatación.

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Las superficies a la vista serán lisas y limpias de cualquier rebaba o desperdicio.

Comprobación de niveles, plomos y alturas con los planos del proyecto.

Cuidados para no provocar daños al hormigón, durante el proceso de desencofrado.

Evitar cargar al elemento recién fundido hasta que no haya adquirido el 70% de su resistencia de diseño.

Impermeabilización de la cara posterior, antes de proceder con el relleno y otros trabajos posteriores.

Cuidado y mantenimiento hasta el momento del uso y/o entrega recepción del rubro.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

En general es conveniente realizar la ejecución progresiva del muro por tramos, garantizando un recíproco encastramiento de las secciones del muro y la impermeabilidad del conjunto.

Con el hormigón simple elaborado en obra o premezclado se procederá a colocar en capas de espesor que permitan un fácil vibrado y compactación del hormigón que se va vertiendo. Este procedimiento se lo repetirá hasta completar las dimensiones del muro, según planos del proyecto

En el momento de desencofrado, se cuidará de no provocar daños y desprendimientos en las aristas del muro fundido, y de existir se procederá a cubrir las fallas en forma inmediata, por medio de un mortero de similares características al hormigón utilizado.

Las juntas de construcción deberán mantener el diseño y forma preestablecida (preferiblemente machihembrada), debiendo estar totalmente limpias y humedecidas, para proseguir con el siguiente tramo. En las juntas de dilatación, deberá colocarse, preferiblemente al centro, el material de sellado

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, se sujetará a los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo; así como las tolerancias y condiciones en las que se hace dicha entrega.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición se la hará en unidad de volumen y su pago será por metro cúbico " M3 ". Se cubicará las tres dimensiones del elemento ejecutado: largo, ancho y altura; es decir el volumen real del rubro ejecutado.

**RUBRO:** ACERO DE REFUERZO  $F_y = 420$  MPa

#### **1.- DESCRIPCIÓN**

Serán las operaciones necesarias para cortar, doblar, conformar ganchos, soldar y colocar el acero de refuerzo que se requiere en la conformación de elementos de hormigón armado.

Disponer de una estructura de refuerzo para el hormigón, y que consistirá en el suministro y colocación de acero de refuerzo de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en las planillas de hierro, planos estructurales y/o especificaciones.

Unidad: Kilogramo (kg.).

Materiales mínimos: Acero de refuerzo con resaltes, alambre galvanizado # 18, espaciadores y separadores metálicos; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, cizalla, dobladora, bancos de

trabajo, equipo de elevación.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, III y V.

## **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Revisión de los planos estructurales del proyecto y planillas de hierro.

Elaboración de las planillas de corte y organización del trabajo.

Determinación de los espacios necesarios para el trabajo y clasificación.

Verificación en obra, de los resaltes que certifican la resistencia de las varillas.

Pruebas previas del acero de refuerzo a utilizar (en laboratorio calificado y aceptado por la fiscalización): verificación que cumpla con la resistencia de diseño: Norma INEN 102. Varillas con resaltes de acero al carbono laminadas en caliente para hormigón armado y Capítulo 3, sección 3.5 : Acero de refuerzo del Código Ecuatoriano de la Construcción ( C.E.C). Quinta edición. 1993.

Clasificación y emparrillado de las varillas ingresadas a obra, por diámetros, con identificaciones claramente visibles.

Toda varilla de refuerzo será doblada en frío.

El corte, doblado, y colocación del acero de refuerzo se regirá a lo que establece el Capítulo 7. Detalles de refuerzo del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C.). Quinta edición. 1993.

Disposición de bancos de trabajo y un sitio adecuado para el recorte, configuración, clasificación y almacenaje del acero de refuerzo trabajado, por marcas, conforme planilla de hierros.

Encofrados nivelados, estables y estancos. Antes del inicio de la colocación del acero de refuerzo, se procederá con la impregnación de aditivos desmoldantes. Iniciada la colocación del acero de refuerzo, no se permitirán estos trabajos.

Fiscalización aprobará el inicio del corte y doblado del acero de refuerzo.

## 2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN

Unificación de medidas y diámetros para cortes en serie.

Control de longitud de cortes y doblados. El constructor realizará muestras de estribos y otros elementos representativos por su cantidad o dificultad, para su aprobación y el de la fiscalización, antes de proseguir con el trabajo total requerido.

Doblez y corte en frío, a máquina o a mano. Se permitirá el uso de suelda para el corte, cuando así lo determine la fiscalización.

Para soldadura de acero, se regirá a lo establecido en la sección 3.5.2 Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición. 1993.

Control de que las varillas se encuentren libre de pintura, grasas y otro elemento que perjudique la adherencia con el hormigón a fundir.

La separación libre entre varillas paralelas tanto horizontal como vertical no será menor de 25 mm. o un diámetro.

Durante armado del hierro, se preverán los recubrimientos mínimos para hormigón armado y fundido en obra, determinados en la sección 7.7.1 del Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición, 1993.

### Denominación

#### Recubrimiento mínimo (mm.)

a) Hormigón en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él 70

b) Hormigón expuesto al suelo o a la acción del clima:

Varillas de 18 mm. y mayores 50

Varillas y alambres de 16 mm. y menores 40

c) Hormigón no expuesto a la acción del clima ni en contacto con el suelo; Losas, muros, nervaduras:

Varillas mayores de 36 mm. 40

Varillas de 36 mm. y menores. 20

Vigas y columnas:

Refuerzo principal, anillos, estribos, espirales 40

Cascarones y placas plegadas:

Varillas de 18 mm. y mayores. 20

Varillas y alambres de 16 mm. y menores 15

Amarres con alambre galvanizado en todos los cruces de varillas.

El constructor suministrará y colocará los separadores, grapas, sillas metálicas y tacos de mortero, para ubicar y fijar el acero de refuerzo, en los niveles y lugares previstos en los planos, asegurando los recubrimientos mínimos establecidos en planos.

Los empalmes no se ubicarán en zonas de tracción.

Los empalmes serán efectuados cuando lo requieran o permitan los planos estructurales, las especificaciones o si lo autoriza el ingeniero responsable.

Complementariamente a lo establecido en el Código Ecuatoriano de la Construcción. Quinta edición. 1993, se consultará y acatará lo establecido en las Secciones 504. Acero de Refuerzo, Sección 807. Acero de refuerzo. de las "Especificaciones generales para construcción de puentes y caminos" del MOP".

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Verificación del número y diámetros del acero de refuerzo colocado.  
Control de ubicación, amarres y niveles.

Verificación del sistema de instalaciones concluido y protegido.

Nivelación y estabilidad de los encofrados.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

El acero utilizado estará libre de toda suciedad, escamas sueltas, pintura, herrumbre u otra sustancia que perjudique la adherencia con el hormigón. Los cortes y doblados se efectuarán de acuerdo con las planillas de hierro de los planos estructurales revisados en obra y las indicaciones dadas por el calculista y/o la fiscalización. Para los diámetros de doblados, se observarán los mínimos establecidos en la sección 7.2.1 del C.E.C. Se

agrupará el acero preparado, por marcas, con identificación de su diámetro y nivel o losa en la que deberán ubicar.

El armado y colocación será la indicada en planos; se verificará que los trabajos previos como replantillos, encofrados y otros se encuentren terminados, limpios y en estado adecuado para recibir el hierro de refuerzo. Conforme al orden de ejecución de la estructura, se colocará y armará el acero de refuerzo, cuidando siempre de ubicar y asegurar el requerido para etapas posteriores, antes de los hormigonados de las etapas previas.

Se tendrá especial cuidado en el control del espaciamiento mínimo entre varillas, en la distribución de estribos y en el orden de colocación en los lugares de cruces entre vigas y columnas. Igualmente deberá verificarse en la distribución y colocación de estribos, que los ganchos de estos se ubiquen en forma alternada.

Todo armado y colocación, será revisado en detalle con lo dispuesto en los planos estructurales, disponiéndose de las correcciones y enmiendas hasta el total cumplimiento de los mismos. Los todos los elementos terminados, se controlará los niveles y plomos de la armadura y la colocación de separadores, sillas y demás auxiliares para la fijación y conservación de la posición del hierro y el cumplimiento de los recubrimientos mínimos del hormigón. En general, para todo elemento de hormigón armado, se asegurará con alambre galvanizado todos los cruces de varilla, los que quedarán sujetos firmemente, hasta el vaciado del hormigón. Para conservar el espaciamiento entre varillas y su recubrimiento, se utilizará espaciadores metálicos debidamente amarrados con alambre galvanizado.

Previo al hormigonado, y una vez que se haya concluido y revisado los trabajos de instalaciones, alivianamientos, encofrados y otros, se verificará los amarres, traslapes, y demás referentes al acero de refuerzo. Cualquier cambio

o modificación, aprobado por el ingeniero responsable, deberá registrarse en el libro de obra y en los planos de verificación y control de obra.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo; así como las tolerancias y condiciones en las que se hace dicha entrega.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición será de acuerdo a la cantidad efectiva ejecutada y colocada en obra, la que se verificará por marcas, previo a la colocación del hormigón. Su pago será por kilogramo " Kg. "

**RUBRO:** ENLUCIDO VERTICAL EXTERIOR CON MORTERO:  
CEMENTO - ARENA - CEMENTINA.

#### **1.- DESCRIPCIÓN**

Será la conformación de un revestimiento exterior de mortero cemento - arena - cementina (Cal hidratada) sobre mamposterías o elementos verticales, con una superficie final sobre la que se podrá realizar una diversidad de terminados posteriores.

El objetivo será la construcción del enlucido vertical exterior impermeable, incluyendo las medias cañas, filos, franjas, remates y similares que requiera el trabajo de enlucido, el que será de superficie regular, uniforme, limpia y de buen aspecto, según las ubicaciones determinadas en los planos del proyecto y las indicaciones de la dirección arquitectónica o la fiscalización.

Unidad: metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

Materiales mínimos: Cemento portland, arena, aditivos, agua; que

cumplirán con el capítulo de especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, andamios, fumigadora de agua, elevador mecánico.

Mano de obra mínima calificada: Peón, albañil, maestro de obra

## **2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

La elaboración del mortero cumplirá con las especificaciones del rubro "Elaboración de morteros: generalidades" Capítulo 08. Contrapisos y masillados, del presente estudio.

### **2.1- REQUERIMIENTOS PREVIOS**

Previo a la ejecución del rubro se verificarán los planos del proyecto, determinando los sitios en los que se ejecutará el enlucido y definiendo o ratificando la forma y dimensiones de medias cañas, filos, remates o similares y de requerirse se realizarán planos de taller. No se iniciará el rubro mientras no se concluyan todas las instalaciones (las que deberán estar probadas y verificado su funcionamiento), y otros elementos que deben quedar empotrados en la mampostería y cubiertos con en el mortero. Se cumplirán las siguientes indicaciones, previo el inicio del enlucido.

Definición del acabado de la superficie final terminada: El terminado de la superficie del enlucido será: paleteado grueso, paleteado fino, esponjeado. El constructor, por requerimiento de la dirección arquitectónica o la fiscalización, realizará muestras del enlucido, en un área mínima de 10 m<sup>2</sup>.

Definición y aprobación de los aditivos a utilizar, para lograr un enlucido impermeable, que permita la evaporación del vapor de agua y con una retracción mínima inicial y final prácticamente nula.

Protección de todos los elementos y vecindad que puedan ser afectados con la ejecución de los enlucidos.

Verificación del agregado fino para el mortero: calidad, granulometría y cantidades suficientes requeridas. Aprobación del material a ser empleado en el rubro.

Pruebas previas de resistencia del mortero, con muestras ejecutadas en obra.

No se aplicará un enlucido, sin antes verificar que la obra de mamposterías y hormigón, estén completamente secos, fraguados, limpios de polvo, grasas y otros elementos que impidan la buena adherencia del mortero.

Revisión de verticalidad y presencia de deformaciones o fallas en la mampostería: a ser corregidas previa la ejecución del enlucido. Se colocarán elementos de control de plomos, verticalidad y espesor, a máximo 2.400 mm, del nivel superior al inferior y horizontalmente. Igualmente se verificará el cumplimiento de los plomos en toda la altura de cada paramento vertical, solucionando previamente desplomes mayores al 1/1000 de la altura de cada paramento continuo.

Corchado de instalaciones y relleno de grietas y vacíos pronunciados mediante el mortero utilizado para la mampostería.

Verificación de las juntas entre mampostería y estructura: deben encontrarse totalmente selladas, sin rajaduras. Caso contrario se procederá a resanar las mismas, previa la ejecución de los enlucidos, mediante masillas elastoméricas o con una malla metálica galvanizada, debidamente sujeta y traslapada, que garantice la estabilidad de la junta.

Superficie áspera de la mampostería y con un acabado rehundido de las juntas, para mejorar la adherencia del mortero. Las superficies de hormigón serán martelinadas, para permitir una mejor adherencia del enlucido.

Humedecimiento previo de la superficie que va a recibir el enlucido, verificando que se conserve una absorción residual.

Definición del sistema de andamiaje y forma de sustentación.

Control del sistema de seguridad de los obreros.

## **2.2.- DURANTE LA EJECUCIÓN**

Todo enlucido vertical exterior, se iniciará por el nivel máximo superior de cada paramento o superficie a enlucir.

La máxima cantidad de preparación de mortero será para una jornada de trabajo, en la proporción adecuada para conseguir una mínima resistencia a la compresión de 100 kg. /cm<sup>2</sup>. El mortero para enlucido exterior incluirá en su composición, una relación cemento - cementina 2:1. El constructor realizará un detallado y concurrente control de calidad y de la granulometría del agregado fino, el proceso de medido, mezclado y transporte del mortero, para garantizar la calidad del mismo.

Verificación de la ejecución y ubicación de maestras verticales, que permitan definir niveles, alineamientos, escuadrías y verticalidad: máximo a 2.400 mm entre maestras.

Indicación y órdenes para toma de muestras y verificación de consistencia, resistencia, uso de aditivos, y las pruebas que creyera conveniente fiscalización: mínimo una diaria o cada 200 m<sup>2</sup>.

Control de la aplicación del mortero en dos capas como mínimo.

El recorrido del codal será efectuado en sentido horizontal y vertical, para obtener una superficie plana, uniforme y a codal. La capa final del enlucido será uniforme en su espesor: que no exceda de 30 mm. ni disminuya de 20 mm, ajustando desigualdades de las mamposterías o estructura. Para enlucidos de mayor espesor, a causa de desplomes en las mamposterías, el constructor por su cuenta deberá colocar y asegurar mallas de hierro galvanizado, que garanticen el control de fisuras y adherencia del enlucido.

La intersección de una superficie horizontal y una vertical, serán en línea recta horizontal y separados por una unión tipo "media caña" perfectamente definida, con el uso de guías, reglas y otros medios. En las uniones verticales de mampostería con la estructura, se ejecutará igualmente una media caña en el enlucido, conforme a los detalles establecidos antes del inicio de los trabajos.

Control de la ejecución de los enlucidos de los fillos (encuentros de dos superficies verticales) perfectamente verticales; remates y detalles que conforman los vanos de puertas y ventanas: totalmente horizontales, de anchos uniformes, sin desplomes.

Cuando se corte una etapa de enlucido se concluirá chaflanada, para obtener una mejor adherencia con la siguiente etapa.

Control de la superficie de acabado: deberán ser uniformes a la vista, conforme a la(s) muestra(s) aprobadas. Las superficies obtenidas, serán regulares, parejas, sin grietas o fisuras.

Verificación del curado de los enlucidos: mínimo de 72 horas posteriores a la ejecución del enlucido, por medio de asperjeo de agua, en dos ocasiones diarias o adicionalmente conforme se requiera por condiciones climáticas cálidas.

Las superficies que se inicien en una jornada de trabajo deberán terminarse en la misma, para lo que se determinarán oportunamente las áreas a trabajarse en una jornada de trabajo, acorde con los medios disponibles.

### **2.3.- POSTERIOR A LA EJECUCIÓN**

Fiscalización realizará la recepción y posterior aprobación o rechazo del rubro ejecutado, para lo cual se observarán:

El cumplimiento de la resistencia especificada para el mortero, mediante las pruebas de las muestras tomadas durante la ejecución del rubro.

Pruebas de una buena adherencia del mortero, mediante golpes con una varilla de 12 mm de diámetro, que permita localizar posibles áreas de enlucido no adheridas suficientemente a las mamposterías. El enlucido no se desprenderá al clavar y retirar clavos de acero de 1 ½". Las áreas defectuosas deberán retirarse y ejecutarse nuevamente.

Verificación del acabado superficial y comprobación de la verticalidad, que será uniforme y a codal, sin ondulaciones o hendiduras: mediante un codal de 3000 mm, colocado en cualquier dirección, la variación no será mayor a +/- 2 mm. en los 3000 mm. del codal. Control de fisuras: los enlucidos terminados no tendrán fisuras de ninguna especie.

Verificación de escuadría en uniones verticales y plomo de las aristas de unión; verificación de la nivelación de franjas y filos y anchos uniformes de las mismas, con tolerancias de +/- 2 mm. en 3000 mm. de longitud o altura.

Eliminación y limpieza de manchas, por eflorescencias producidas por sales minerales, salitres u otros.

Limpieza del mortero sobrante y de los sitios afectados durante el proceso de ejecución del rubro.

### **3.- EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN**

El constructor verificará y comprobará y recibirá la aprobación de fiscalización, de que las mamposterías o demás elementos se encuentra en condiciones de recibir adecuadamente el mortero de enlucido, se han cumplido con los requerimientos previos de esta especificación y cuenta con los medios para la ejecución y control de calidad de la ejecución de los trabajos.

Se procederá a elaborar un mortero de dosificación determinada en los ensayos previos, para la resistencia y proporción exigida, controlando detalladamente la cantidad mínima de agua requerida y la cantidad correcta de los aditivos. Conformadas las maestras de guía y control, el mortero para la primera capa se aplicará mediante lanzado sobre la mampostería hidratada, conformando inicialmente un champeado grueso, que se igualará mediante codal. Ésta capa de mortero no sobrepasará un espesor de 20 mm. y tampoco será inferior a 10 mm. y deberá incluir un aditivo hidrófugo.

Mediante un codal de 3000 mm. de longitud, perfectamente recto, sin alabeos o torceduras, de madera o metálico, se procederá a igualar la superficie de revestimiento, retirando el exceso o adicionando el faltante de mortero, ajustando los plomos al de las maestras establecidas. Los movimientos del codal serán longitudinales y transversales para obtener una superficie uniformemente plana. La segunda capa, se colocará inmediatamente a continuación de la precedente, cubriendo toda la superficie con un espesor uniforme de 10 mm. e igualándola mediante el uso del codal y de una paleta de madera de mínimo 200 x 800 mm, utilizando esta última con movimientos circulares. Igualada y verificada la superficie, se procederá al

acabado de la misma, con la paleta de madera, para un acabado paleteado grueso o fino: superficie más o menos áspera, utilizada generalmente para la aplicación de una capa de recubrimiento de acabado final; con esponja humedecida en agua, con movimientos circulares uniformemente efectuados, para terminado esponjeado, el que consiste en dejar vistos los granos del agregado fino, para lo que el mortero deberá encontrarse en su fase de fraguado inicial.

Ejecutadas las franjas entre maestras de los enlucidos verticales, antes de su fraguado, se procederá con la ejecución de medias cañas horizontales y verticales, para las que, con elementos metálicos que contengan las formas y dimensiones de las mismas, y de una longitud no menor a 600 mm, se procede al retiro del mortero de enlucido, en una profundidad de 10 mm, o según detalles o indicación de la dirección arquitectónica, para completar su acabado de aristas y filos, hasta lograr hendiduras uniformes en ancho y profundidad, perfectamente verticales u horizontales, conforme su ubicación y función.

Se realizará el enlucido de las franjas que conforman el vano de puertas y ventanas que se ubiquen hacia el exterior, definiendo y ejecutando las aristas, pendientes, medias cañas y otros que se indiquen en planos de detalles o por la dirección arquitectónica o fiscalización.

Fiscalización aprobará o rechazará la ejecución del rubro, mediante los resultados de ensayos de laboratorio, y complementando con las tolerancias y pruebas de las condiciones en las que se entrega el rubro concluido.

#### **4.- MEDICIÓN Y PAGO**

La medición se la hará en unidad de superficie y su pago será por metro cuadrado " M2 ", multiplicando la base por la altura del paramento enlucido, descontando el área de vanos e incrementando la franja de puertas y

ventanas; es decir el área realmente ejecutada que deberá ser verificada en obra y con los detalles indicados en los planos del proyecto. El pago incluye la ejecución de las medias cañas, muestras, franjas, filos, remates y similares requeridos para el total recubrimiento de las mamposterías y demás elementos verticales exteriores.

**RUBRO: PUERTA PRINCIPAL METÁLICA+ CERRADURA (u)**

**Descripción:**

El material a usar será el indicado en los planos. Las soldaduras deberán practicarse de acuerdo con las normas pertinentes y con personal calificado, utilizando materiales y equipos idóneos, debiendo obtener trabajos de calidad, libres de imperfecciones y rebabas, debilitamiento de los materiales o desmejora de sus cualidades mecánicas.

Todo el material deberá estar libre de escamas, sin raspaduras o abollamientos, ni cualquier otro defecto en su superficie. El espesor mínimo de las planchas (tool) galvanizada será de 1,0 mm. En todos los casos se deberán seguir y cumplir precisamente con las medidas, especificaciones y diseños constantes en los planos que correspondan a cada elemento o pieza de metal.

Los marcos de puertas deberán ser soldados sin cordón visible; deberán ser reforzados para que reciban las bisagras y la chapa o cerradura deberá ser atornillada a la puerta. Se deberá aplicar 2 manos de anticorrosivo, una mano se aplicará en el taller, otra al pie de obra y el acabado final será de dos manos de esmalte de color blanco hueso aplicado con soplete. No se aceptarán terminados a brocha. Para su colocación se utilizarán tornillos autoterrajantes y tacos Fisher. Previo a la aplicación de la primera mano de pintura anticorrosiva la fiscalización dará por escrito su aprobación sobre la calidad y dimensiones de los materiales utilizados, así mismo para el acabado final, la fiscalización dará su aprobación sobre el estado de la superficie a

pintarse. La fiscalización en cualquier fase de construcción podrá rechazar las puertas y exigir al contratista el cambio de materiales o de los mecánicos.

**Medición y forma de pago:**

El rubro puerta metálica se medirá en unidades.

El pago de este rubro será el establecido en el contrato y constituirá la compensación total por el suministro de materiales, cerradura, transporte y colocación de la puerta en la obra, y por toda la mano de obra, equipo, herramientas y operaciones que se requieran para la correcta ejecución del rubro.

**Materiales mínimos:**

Puerta metálica 0,90 x 2,05 m, Cerradura llave-llave y accesorios de muy buena calidad, perfilería tubular y plancha de acero galvanizada de 1mm, vidrio catedral llovizna de 6mm.

**Equipo mínimo:**

Soldadora, amolador, compresor, soplete, herramienta menor

**RUBRO: LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA**

**Descripción:**

Estos trabajos requerirán de personal suficiente para una adecuada limpieza permanente del área de influencia de los trabajos; el mismo, que deberá contar con la herramienta menor que facilite esta actividad, entre la cuales se contaría escobas, palas y carretillas.

Estos trabajos deberán considerar el acarreo del material hasta el lugar de acopio que sea establecido por la Fiscalización, para su posterior desalojo, así como también concederá la limpieza final de los trabajos previa su recepción.

**Equipo mínimo:**

Herramienta menor.

**Mano de obra mínima calificada:**

ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2 (1).

**Medición:**

La medida se lo hará diaria en función de las visitas del Fiscalizador o su delegado, el cual, al ver el incumplimiento de estas medidas de seguridad, dejará asentado en el LIBRO DIARIO DE LA OBRA LA INSATISFACCIÓN A LA NORMA y no se aceptará justificación alguna por pequeña que esta fuera.

**Pago:**

El pago por estos trabajos será por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), y se entenderá que el precio establecido en la tabla de cantidades y precios del Contratista cubrirá el costo de la mano de obra, herramientas y demás elementos necesarios para cumplir a SATISFACCION de la Fiscalización estas actividades, durante todo el tiempo que demande la construcción de la Obra hasta su recepción.

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 1 de 21

Unidad: m2

Rubro:

Detalle: REPLANTEO y NIVELACION con EQUIPO TOPOGRAFICO

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.02
Herramienta menor (5% MO)					\$0.05
Teodolito	1	3	3	0.14	\$0.42
Equipo de topografía	1	2	2	0.14	\$0.28
Subtotal M					\$0.77
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Cadenero	1	3.3	3.3	0.14	\$0.46
TOPOGRAFO 2: título exper mayor a 5 años (Estr. Oc. C1)	1	3.66	3.66	0.14	\$0.51
Subtotal N					\$0.97
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal O					\$0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.74
INDIRECTOS 10 %					\$0.17
UTILIDAD 25 %					\$0.44
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$2.35
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$2.35</b>

Son: DOS dólares con TREINTA Y CINCO centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 2 de 21

Rubro:

Unidad: m2

Detalle: LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.02
Herramienta menor (5% MO)					\$0.05
Subtotal M					\$0.07
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	3.26	3.26	0.32	\$1.04
Subtotal N					\$1.04
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal O					\$0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.12
INDIRECTOS 10 %					\$0.11
UTILIDAD 25 %					\$0.28
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$1.51
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$1.51</b>

Son: UN dólar con CINCUENTA Y UN centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 3 de 21

Unidad: m2

Rubro:

Detalle: BODEGAS Y OFICINAS

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.14
Herramienta menor (5% MO)					\$0.35
Subtotal M					\$0.48
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	1	3.26	3.26	1	\$3.26
Albañil	1	3.3	3.3	1	\$3.30
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.1	3.66	0.366	1	\$0.37
Subtotal N					\$6.93
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Zinc	m2	1	\$4.07	\$4.07	
Tabla dura de encofrado de 0.30 m.	u	5	\$1.79	\$8.95	
Tiras de eucalipto 2.5x2x250 (cm) rústica	u	2	\$0.90	\$1.80	
Viga de Eucalipto 15x15	m	0.5	\$6.76	\$3.38	
Alfajía de eucalipto 7x7x250 (cm) rústica	u	1	\$3.92	\$3.92	
Pingos de eucalipto 4 a 7 m x 0.45	m	2	\$1.12	\$2.24	
Clavos C/c Liso 20X1.50 3/4X17	kg	0.4	\$4.50	\$1.80	
Subtotal O					\$26.16
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$33.57
INDIRECTOS 10 %					\$3.36
UTILIDAD 25 %					\$8.39
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$45.32
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$45.32</b>

Son: CUARENTA Y CINCO dólares con TREINTA Y DOS centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 4 de 21

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: EXCAVACION SIN CLASIFICAR A MAQUINA

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.01
Herramienta menor (5% MO)					\$0.03
Retroexcavadora	1	20	20	0.05	\$1.00
Subtotal M					\$1.05
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	2	3.26	6.52	0.05	\$0.33
Ayudante de operador de equipo	1	3.26	3.26	0.05	\$0.16
OPERADOR Excavadora	1	3.66	3.66	0.05	\$0.18
Subtotal N					\$0.67
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal O					\$0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.72
INDIRECTOS 10 %					\$0.17
UTILIDAD 25 %					\$0.43
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$2.32
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$2.32</b>

Son: DOS dólares con TREINTA Y DOS centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 5 de 21

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: DESALOJO DE MATERIAL CARGADO A MÁQUINA

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.01
Herramienta menor (5% MO)					\$0.02
Volqueta 8m3	1	20	20	0.04	\$0.80
Cargadora frontal	1	35	35	0.04	\$1.40
Subtotal M					\$2.22
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
OPERADOR Cargadora frontal	1	3.66	3.66	0.04	\$0.15
Chofer camiones pesados (Estruct. Oc. C1)	1	4.79	4.79	0.04	\$0.19
Subtotal N					\$0.34
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal O					\$0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$2.56
INDIRECTOS 10 %					\$0.26
UTILIDAD 25 %					\$0.64
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$3.46
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$3.46</b>

Son: TRES dólares con CUARENTA Y SEIS centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 6 de 21

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: REPLANTILLO DE H.S 180 Kg/CM2, e=5cm

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.91
Herramienta menor (5% MO)					\$2.27
Concretera	1	3.75	3.75	1.25	\$4.69
Subtotal M					\$7.87
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	8	3.26	26.08	1.25	\$32.60
Albañil	1	3.3	3.3	1.25	\$4.13
Operador de equipo liviano	1	3.3	3.3	1.25	\$4.13
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	1.25	\$4.58
Subtotal N					\$45.43
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Arena gruesa	m3	0.65	15	\$9.75	
Grava	m3	0.95	15	\$14.25	
Cemento	kg	309	0.15	\$46.35	
Agua	m3	0.24	0.85	\$0.20	
Subtotal O					\$70.55
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$123.85
INDIRECTOS 10 %					\$12.38
UTILIDAD 25 %					\$30.96
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$167.19
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$167.19</b>

Son: CIENTO SESENTA Y SIETE dólares con DIECINUEVE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 7 de 21

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: HORMIGÓN EN LOSA DE CIMENTACION H.S 300 Kg/cm2

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$1.38
Herramienta menor (5% MO)					\$3.45
Concretera	1	3.75	3.75	1	\$3.75
Vibrador	1	2.5	2.5	1	\$2.50
Elevador	1	5	5	1	\$5.00
Subtotal M					\$16.08
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	11	3.26	35.86	1	\$35.86
Ayudante de carpintero	5	3.26	16.3	1	\$16.30
Albañil	2	3.3	6.6	1	\$6.60
Carpintero	2	3.3	6.6	1	\$6.60
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	1	\$3.66
Subtotal N					\$69.02
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Arena gruesa	m3	0.52	\$15.00	\$7.80	
Grava	m3	0.63	\$15.00	\$9.45	
Cemento	kg	425	\$0.15	\$63.75	
Sika 1.	Kg	0.8	\$1.29	\$1.03	
Encofrado prefabricado para losa	m2	11.6	\$3.00	\$34.80	
Agua	m3	0.22	\$0.85	\$0.19	
Subtotal O					\$117.02
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$202.12
				INDIRECTOS 10 %	\$20.21
				UTILIDAD 25 %	\$50.53
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$272.86
				<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$272.86</b>

Son: DOSCIENTOS SETENTA Y DOS dólares con OCHENTA Y SEIS centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 8 de 21

Rubro:

Unidad: kg

Detalle: ACERO DE REFUERZO

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.01
Herramienta menor (5% MO)					\$0.02
Cizalla	1	1	1	0.03	\$0.03
Amoladora.	2	1.25	2.5	0.03	\$0.08
Subtotal M					\$0.13
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Ayudante de fierro	2	3.26	6.52	0.03	\$0.20
Fierro	2	3.3	6.6	0.03	\$0.20
Subtotal N					\$0.39
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Acero de refuerzo	kg	1.05	1.21	\$1.27	
Alambre galvanizado No.18	Kg	0.05	2.49	\$0.12	
Subtotal O					\$1.40
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.92
INDIRECTOS 10 %					\$0.19
UTILIDAD 25 %					\$0.48
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$2.59
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$2.59</b>

Son: DOS dólares con CINCUENTA Y NUEVE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 9 de 21

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: HORMIGÓN EN COLUMNAS H.S 300 Kg/cm2

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.81
Herramienta menor (5% MO)					\$2.03
Concretera	1	3.75	3.75	1.23	\$4.61
Vibrador	1	2.5	2.5	1.23	\$3.08
Andamios	1	0.5	0.5	1.23	\$0.62
Subtotal M					\$11.15
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	6	3.26	19.56	1.23	\$24.06
Ayudante de carpintero	2	3.26	6.52	1.23	\$8.02
Albañil	1	3.3	3.3	1.23	\$4.06
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	1.23	\$4.50
Subtotal N					\$40.64
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Clavos	Kg	0.25	\$4.65	\$1.16	
Arena gruesa	m3	0.52	\$15.00	\$7.80	
Grava	m3	0.63	\$15.00	\$9.45	
Cemento	kg	425	\$0.15	\$63.75	
Sika 1.	Kg	0.3	\$1.29	\$0.39	
Diesel	gl	0.5	\$0.50	\$0.25	
Encofrados de columnas	Global	1	\$40.00	\$40.00	
Agua	m3	0.22	\$0.85	\$0.19	
Subtotal O					\$122.99
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Arena gruesa	m3	0.65	17.5	\$11.38	
Grava	m3	0.95	17.5	\$16.63	
Subtotal P					\$28.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$202.77
INDIRECTOS 10 %					\$20.28
UTILIDAD 25 %					\$50.69
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$273.74
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$273.74</b>

Son: DOSCIENTOS SETENTA Y TRES dólares con SETENTA Y CUATRO centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 10 de 21

Rubro:

Unidad: kg

Detalle: ACERO DE REFUERZO

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.01
Herramienta menor (5% MO)					\$0.02
Cizalla	1	1	1	0.03	\$0.03
Amoladora.	2	1.25	2.5	0.03	\$0.08
Subtotal M					\$0.13
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Ayudante de fierro	2	3.26	6.52	0.03	\$0.20
Fierro	2	3.3	6.6	0.03	\$0.20
Subtotal N					\$0.39
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Acero de refuerzo	kg	1.05	1.21	\$1.27	
Alambre galvanizado No.18	Kg	0.05	2.49	\$0.12	
Subtotal O					\$1.40
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.92
INDIRECTOS 10 %					\$0.19
UTILIDAD 25 %					\$0.48
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$2.59
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$2.59</b>

Son: DOS dólares con CINCUENTA Y NUEVE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 11 de 21

Rubro:

Unidad: m2

Detalle: ENLUCIDO VERTICAL INCLUYE ANDAMIOS

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.13
Herramienta menor (5% MO)					\$0.33
Andamios	0.5	0.5	0.25	0.64	\$0.16
Subtotal M					\$0.62
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	1	3.26	3.26	0.64	\$2.09
Albañil	1	3.3	3.3	0.64	\$2.11
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	0.64	\$2.34
Subtotal N					\$6.54
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Cemento	kg	5.975	0.15	\$0.90	
Arena	m3	0.0272	18	\$0.49	
Cementina (saco=25 kg)	kg.	2.875	0.11	\$0.32	
Agua	m3	0.007	0.85	\$0.01	
Subtotal O					\$1.71
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$8.86
INDIRECTOS 10 %					\$0.89
UTILIDAD 25 %					\$2.22
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$11.97
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$11.97</b>

Son: ONCE dólares con NOVENTA Y SIETE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 12 de 21

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: HORMIGÓN EN VIGAS H.S 300 Kg/cm2

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$1.05
Herramienta menor (5% MO)					\$2.63
Concretera	1	3.75	3.75	1.23	\$4.61
Vibrador	1	2.5	2.5	1.23	\$3.08
Andamios	1	0.5	0.5	1.23	\$0.62
Subtotal M					\$11.99
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	9	3.26	29.34	1.23	\$36.09
Ayudante de carpintero	2	3.26	6.52	1.23	\$8.02
Albañil	1	3.3	3.3	1.23	\$4.06
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	1.23	\$4.50
Subtotal N					\$52.67
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Clavos	Kg	0.25	4.65	\$1.16	
Arena gruesa	m3	0.52	15	\$7.80	
Grava	m3	0.63	15	\$9.45	
Cemento	kg	425	0.15	\$63.75	
Sika 1.	Kg	0.3	1.29	\$0.39	
Diesel	gl	0.5	0.5	\$0.25	
Encofrado de vigas	Global	1	50	\$50.00	
Agua	m3	0.22	0.85	\$0.19	
Subtotal O					\$132.99
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$197.65
INDIRECTOS 10 %					\$19.76
UTILIDAD 25 %					\$49.41
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$266.82
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$266.82</b>

Son: DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS dólares con OCHENTA Y DOS centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 13 de 21

Rubro:

Unidad: kg

Detalle: ACERO DE REFUERZO

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.01
Herramienta menor (5% MO)					\$0.02
Cizalla	1	1	1	0.03	\$0.03
Amoladora.	2	1.25	2.5	0.03	\$0.08
Subtotal M					\$0.13
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Ayudante de fierro	2	3.26	6.52	0.03	\$0.20
Fierro	2	3.3	6.6	0.03	\$0.20
Subtotal N					\$0.39
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Acero de refuerzo	kg	1.05	1.21	\$1.27	
Alambre galvanizado No.18	Kg	0.05	2.49	\$0.12	
Subtotal O					\$1.40
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.92
INDIRECTOS 10 %					\$0.19
UTILIDAD 25 %					\$0.48
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$2.59
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$2.59</b>

Son: DOS dólares con CINCUENTA Y NUEVE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 14 de 21

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: HORMIGÓN EN MURO H.S 300 Kg/cm2

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$1.32
Herramienta menor (5% MO)					\$3.29
Concretera	2	3.75	7.5	1	\$7.50
Vibrador	1	2.5	2.5	1	\$2.50
Bomba para hormigón	1	6	6	1	\$6.00
Taladro eléctrico	2	1.1	2.2	1	\$2.20
Subtotal M					\$22.80
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	11	3.26	35.86	1	\$35.86
Ayudante de carpintero	4	3.26	13.04	1	\$13.04
Albañil	2	3.3	6.6	1	\$6.60
Carpintero	2	3.3	6.6	1	\$6.60
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	1	\$3.66
Subtotal N					\$65.76
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Arena gruesa	m3	0.52	\$15.00	\$7.80	
Grava	m3	0.63	\$15.00	\$9.45	
Cemento	kg	425	\$0.15	\$63.75	
Sika 1.	Kg	0.8	\$1.29	\$1.03	
Encofrado para muro	Global	1	\$64.00	\$64.00	
Agua	m3	0.22	\$0.85	\$0.19	
Subtotal O					\$146.22
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$234.78
INDIRECTOS 10 %					\$23.48
UTILIDAD 25 %					\$58.70
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$316.96
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$316.96</b>

Son: TRESCIENTOS DIECISÉIS dólares con NOVENTA Y SEIS centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 15 de 21

Rubro:

Unidad: kg

Detalle: ACERO DE REFUERZO

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.01
Herramienta menor (5% MO)					\$0.02
Cizalla	1	1	1	0.03	\$0.03
Amoladora.	2	1.25	2.5	0.03	\$0.08
Subtotal M					\$0.13
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Ayudante de fierro	2	3.26	6.52	0.03	\$0.20
Fierro	2	3.3	6.6	0.03	\$0.20
Subtotal N					\$0.39
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Acero de refuerzo	kg	1.05	1.21	\$1.27	
Alambre galvanizado No.18	Kg	0.05	2.49	\$0.12	
Subtotal O					\$1.40
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.92
INDIRECTOS 10 %					\$0.19
UTILIDAD 25 %					\$0.48
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$2.59
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$2.59</b>

Son: DOS dólares con CINCUENTA Y NUEVE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 16 de 21

Rubro:

Unidad: m2

Detalle: MASILLADO EN LOSA- + IMPERMEABILIZANTE, SIKA 1 , e=3cm, MORTERO 1:3

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.09
Herramienta menor (5% MO)					\$0.23
Subtotal M					\$0.32
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	3.26	3.26	0.7	\$2.28
Albañil	1	3.3	3.3	0.7	\$2.31
Subtotal N					\$4.59
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cemento	kg	15.45	0.15	\$2.32	
Sika 1.	Kg	0.3	1.29	\$0.39	
Arena	m3	0.032	18	\$0.58	
Agua	m3	0.01	0.85	\$0.01	
Subtotal O					\$3.29
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$8.20
INDIRECTOS 10 %					\$0.82
UTILIDAD 25 %					\$2.05
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$11.07
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$11.07</b>

Son: ONCE dólares con SIETE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 17 de 21

Rubro:

Unidad: m2

Detalle: ENLUCIDO VERTICAL INCLUYE ANDAMIOS

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.13
Herramienta menor (5% MO)					\$0.33
Andamios	0.5	0.5	0.25	0.64	\$0.16
Subtotal M					\$0.62
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Peón	1	3.26	3.26	0.64	\$2.09
Albañil	1	3.3	3.3	0.64	\$2.11
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	0.64	\$2.34
Subtotal N					\$6.54
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Cemento	kg	5.975	\$0.15	\$0.90	
Arena	m3	0.0272	\$18.00	\$0.49	
Cementina (saco=25 kg)	kg.	2.875	\$0.11	\$0.32	
Agua	m3	0.007	\$0.85	\$0.01	
Subtotal O					\$1.71
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$8.86
INDIRECTOS 10 %					\$0.89
UTILIDAD 25 %					\$2.22
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$11.97
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$11.97</b>

Son: ONCE dólares con NOVENTA Y SIETE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 18 de 21

Rubro:

Unidad: u

Detalle: PUERTA PRINCIPAL METÁLICA+CERRADURA DE 2 PASADORES

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Seguridad Industrial (2% MO)					\$1.17
Herramienta menor (5% MO)					\$2.94
Amoladora.	0.1	1.25	0.125	5.747	\$0.72
Soldadora eléctrica 300 a.	0.1	2.52	0.252	5.747	\$1.45
Compresor	0.1	13.75	1.375	5.747	\$7.90
Subtotal M					\$14.18
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Ayudante de herrero	1	3.26	3.26	5.747	\$18.74
Ferrero	1	3.3	3.3	5.747	\$18.97
Maestro soldador especializado	1	3.66	3.66	5.747	\$21.03
Subtotal N					\$58.74
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tubo angulo MTC e=1.2 mm	m	6.1	\$2.16	\$13.18	
Tubo TEC TG e=1.2 mm	m	2.29	\$2.37	\$5.43	
Angulo 40x3 mm	m	5.1	\$2.08	\$10.61	
Plancha galvanizada e=1mm	m2	2.12	\$9.62	\$20.39	
Bisagra de 16x60 mm	u	2	\$1.50	\$3.00	
Vidrio catedral tipo llovizna	m2	3	\$2.00	\$6.00	
Cerradura dos pasadores Nro 30	u	1	\$23.21	\$23.21	
Fondo gris(2 manos)	lt	0.5	\$2.48	\$1.24	
Pintura esmalte(2 manos)	lt	0.5	\$3.30	\$1.65	
Diluyente.	lt	1	\$1.74	\$1.74	
Lija de agua	plg	0.5	\$0.80	\$0.40	
Tornillos galvanizados 6x75	u	6	\$0.04	\$0.24	
Taco fisher.	u	6	\$0.03	\$0.18	
Suelda 6011	kg	0.26	\$5.85	\$1.52	
Subtotal O					\$88.79
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$161.70
INDIRECTOS 10 %					\$16.17

UTILIDAD 25 %	\$40.43
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$218.30
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$218.30</b>

Son: DOSCIENTOS DIECIOCHO dólares con TREINTA centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 19 de 21

Rubro:

Unidad: u

Detalle: TAPA DE HIERRO FUNDIDO

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.02
Herramienta menor (5% MO)					\$0.05
Subtotal M					\$0.07
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	3.26	3.26	0.25	\$0.82
Maestro de obra	0.2	3.48	0.696	0.25	\$0.17
Subtotal N					\$0.99
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cemento	kg	30.7	\$0.15	\$4.61	
Arena M	m3	0.02	\$13.33	\$0.27	
Tapa de hierro fundido.	u	1	\$121.50	\$121.50	
Agua	m3	0.01	\$0.85	\$0.01	
Subtotal O					\$126.38
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$127.44
INDIRECTOS 10 %					\$12.74
UTILIDAD 25 %					\$31.86
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$172.04
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$172.04</b>

Son: CIENTO SETENTA Y DOS dólares con CUATRO centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 20 de 21

Rubro:

Unidad: m2

Detalle: LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.04
Herramienta menor (5% MO)					\$0.09
Subtotal M					\$0.13
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	3.26	3.26	0.55	\$1.79
Subtotal N					\$1.79
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal O					\$0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$1.92
INDIRECTOS 10 %					\$0.19
UTILIDAD 25 %					\$0.48
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$2.59
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$2.59</b>

Son: DOS dólares con CINCUENTA Y NUEVE centavos

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 21 de 21

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: DESALOJO DE ESCOMBROS

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Seguridad Industrial (2% MO)					\$0.01
Herramienta menor (5% MO)					\$0.02
Volqueta 8m3	1	20	20	0.05	\$1.00
Cargadora frontal	1	35	35	0.05	\$1.75
Subtotal M					\$2.78
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
OPERADOR Excavadora	1	3.66	3.66	0.05	\$0.18
Chofer camiones pesados (Estruct. Oc. C1)	1	4.79	4.79	0.05	\$0.24
Subtotal N					\$0.42
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal O					\$0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$3.20
INDIRECTOS 10 %					\$0.32
UTILIDAD 25 %					\$0.80
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$4.32
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$4.32</b>

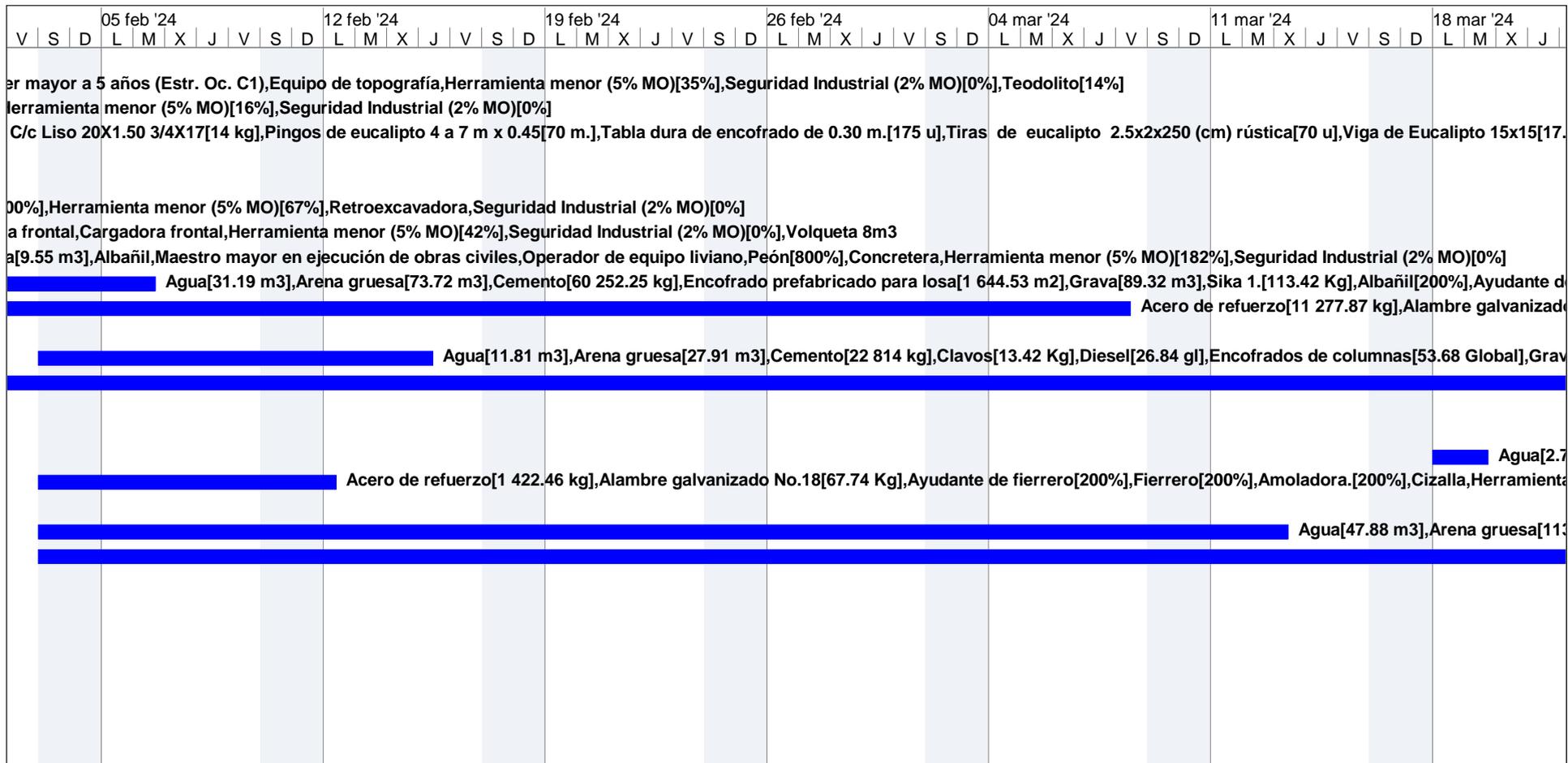
Son: CUATRO dólares con TREINTA Y DOS centavos

Id	i	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	15 ene '24				22 ene '24				29 ene '24			
							J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L
1		OBRAS PRELIMINARES	0 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
2		REPLANTEO y NIVELAC	7 días	vie 12-01-24	lun 22-01-24													
3		LIMPIEZA MANUAL DEL	12.6 días	vie 12-01-24	mar 30-01-24													
4		BODEGAS Y OFICINAS	4.38 días	vie 12-01-24	jue 18-01-24													
5		OBRA CIVIL	0 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
6		CIMENTACION	0 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
7		EXCAVACION SIN CLA	1.44 días	vie 12-01-24	lun 15-01-24													
8		DESALOJO DE MATERIA	1.15 días	vie 12-01-24	lun 15-01-24													
9		REPLANTILLO DE H.S 1	1.57 días	vie 12-01-24	lun 15-01-24													
10		HORMIGÓN EN LOSA D	17.72 días	vie 12-01-24	mar 06-02-24													
11		ACERO DE REFUERZO	40.28 días	vie 12-01-24	vie 08-03-24													
12		COLUMNAS	0 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
13		HORMIGÓN EN COLUM	8.25 días	sáb 03-02-24	jue 15-02-24													
14		ACERO DE REFUERZO	50.9 días	vie 12-01-24	vie 22-03-24													
15		ENLUCIDO VERTICAL IN	11.3 días	mié 01-05-24	jue 16-05-24													
16		VIGAS	0 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
17		HORMIGÓN EN VIGAS F	1.91 días	lun 18-03-24	mar 19-03-24													
18		ACERO DE REFUERZO	5.08 días	sáb 03-02-24	lun 12-02-24													
19		PAREDES	0 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
20		HORMIGÓN EN MURO F	27.21 días	sáb 03-02-24	mié 13-03-24													
21		ACERO DE REFUERZO	43.14 días	sáb 03-02-24	jue 29-05-25													
22		MASILLADO EN LOSA-	50.46 días	mié 01-05-24	mié 10-07-24													
23		ENLUCIDO VERTICAL IN	53.5 días	mar 09-04-24	vie 21-06-24													
24		CARPINTERIA METALIC	0 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
25		PUERTA PRINCIPAL ME	0.72 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
26		TAPA DE HIERRO FUNC	0.03 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
27		OBRAS FINALES	0 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													
28		LIMPIEZA FINAL DE LA	42.97 días	mié 01-05-24	vie 28-06-24													
29		DESALOJO DE ESCOMI	0.13 días	mié 01-05-24	mié 01-05-24													

Cadenero, TOPOGRAFO 2: título exper r  
 Peón, Her  
 Alfajía de eucalipto 7x7x250 (cm) rústica[35 u], Clavos C/  
 Ayudante de operador de equipo, OPERADOR Excavadora, Peón[200%  
 Chofer camiones pesados (Estruct. Oc. C1), OPERADOR Cargadora fr  
 Agua[2.41 m3], Arena gruesa[6.53 m3], Cemento[3 105.45 kg], Grava[9

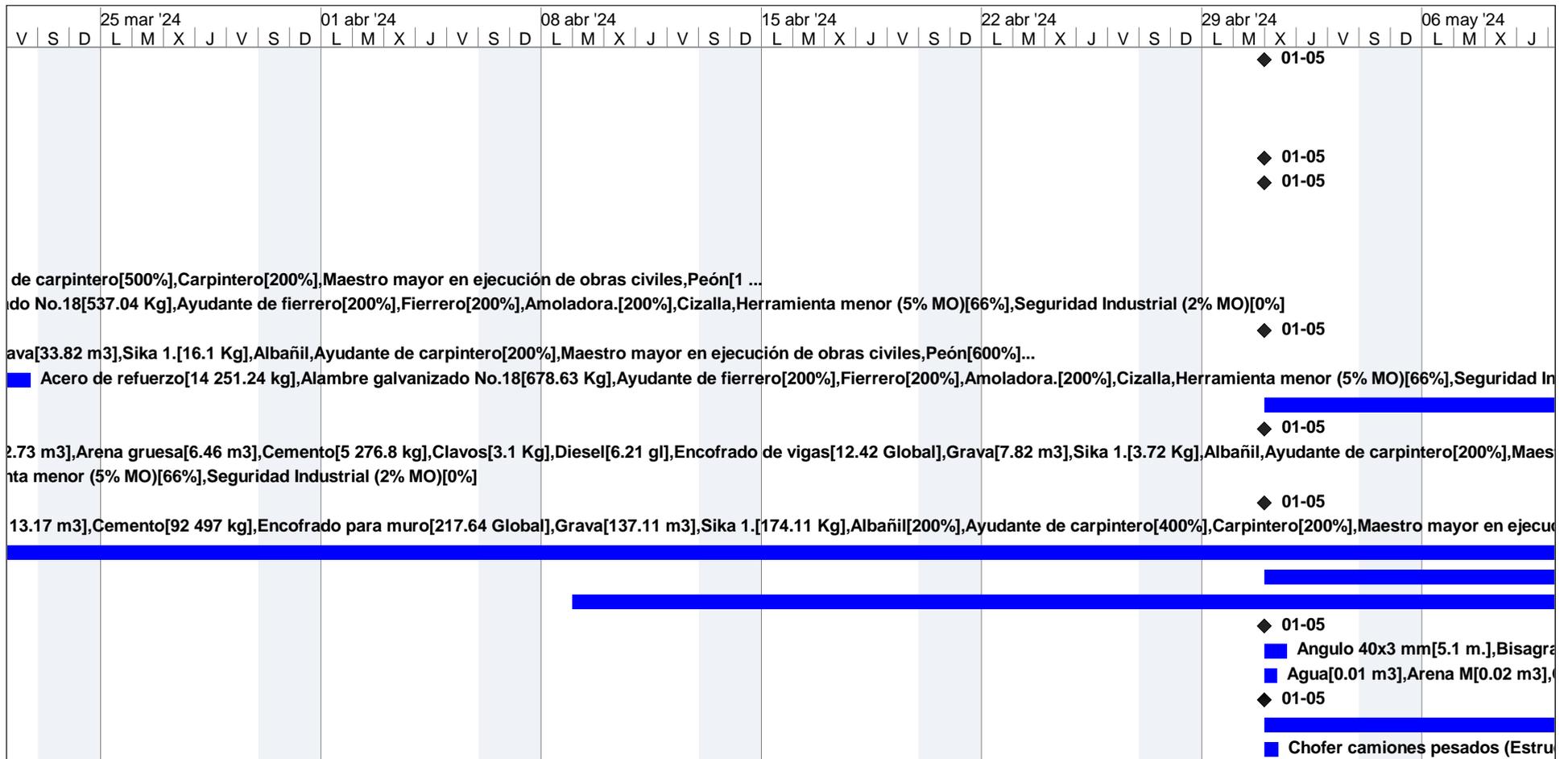
Proyecto: Cronograma Prado.mpp  
 Fecha: vie 12-01-24

Tarea		Hito inactivo		solo fin	
División		Resumen inactivo		Tareas externas	
Hito		Tarea manual		Hito externo	
Resumen		solo duración		Progreso	
Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
Tareas externas		Resumen manual			
Hito externo		solo el comienzo			

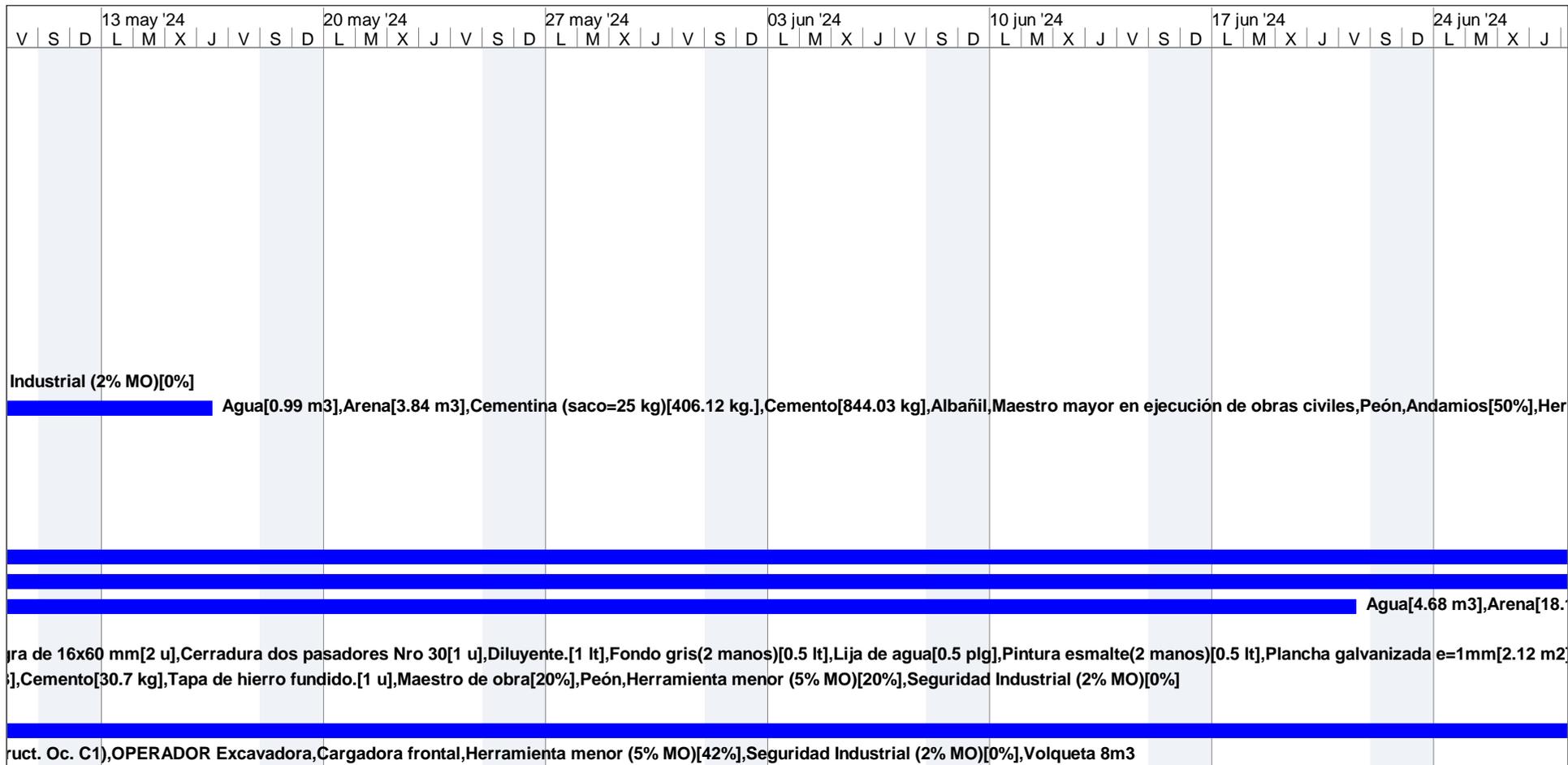


Proyecto: Cronograma Prado.mpp  
 Fecha: vie 12-01-24

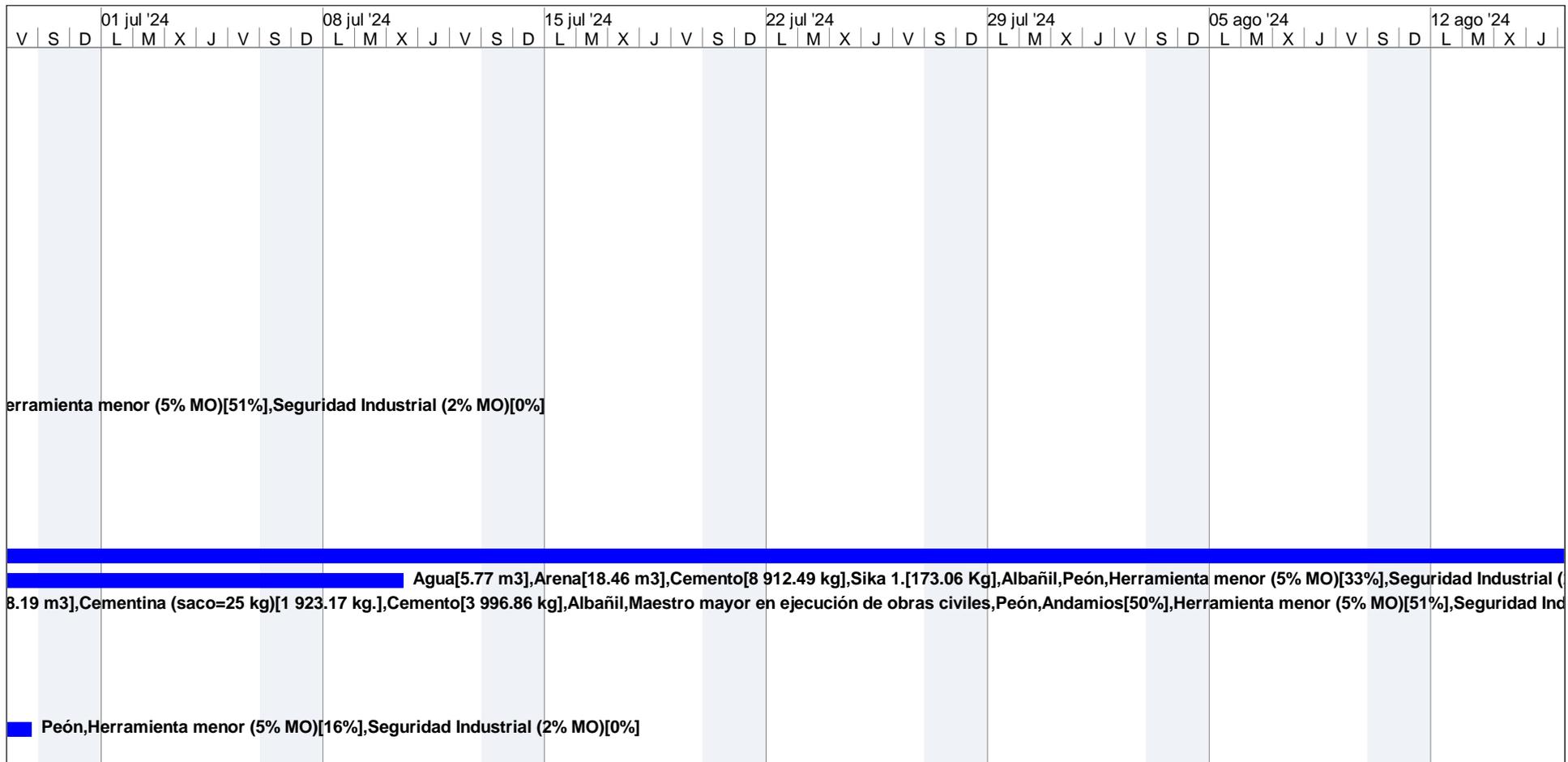
Tarea		Hito inactivo		solo fin	
División		Resumen inactivo		Tareas externas	
Hito		Tarea manual		Hito externo	
Resumen		solo duración		Progreso	
Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
Tareas externas		Resumen manual			
Hito externo		solo el comienzo			



Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			

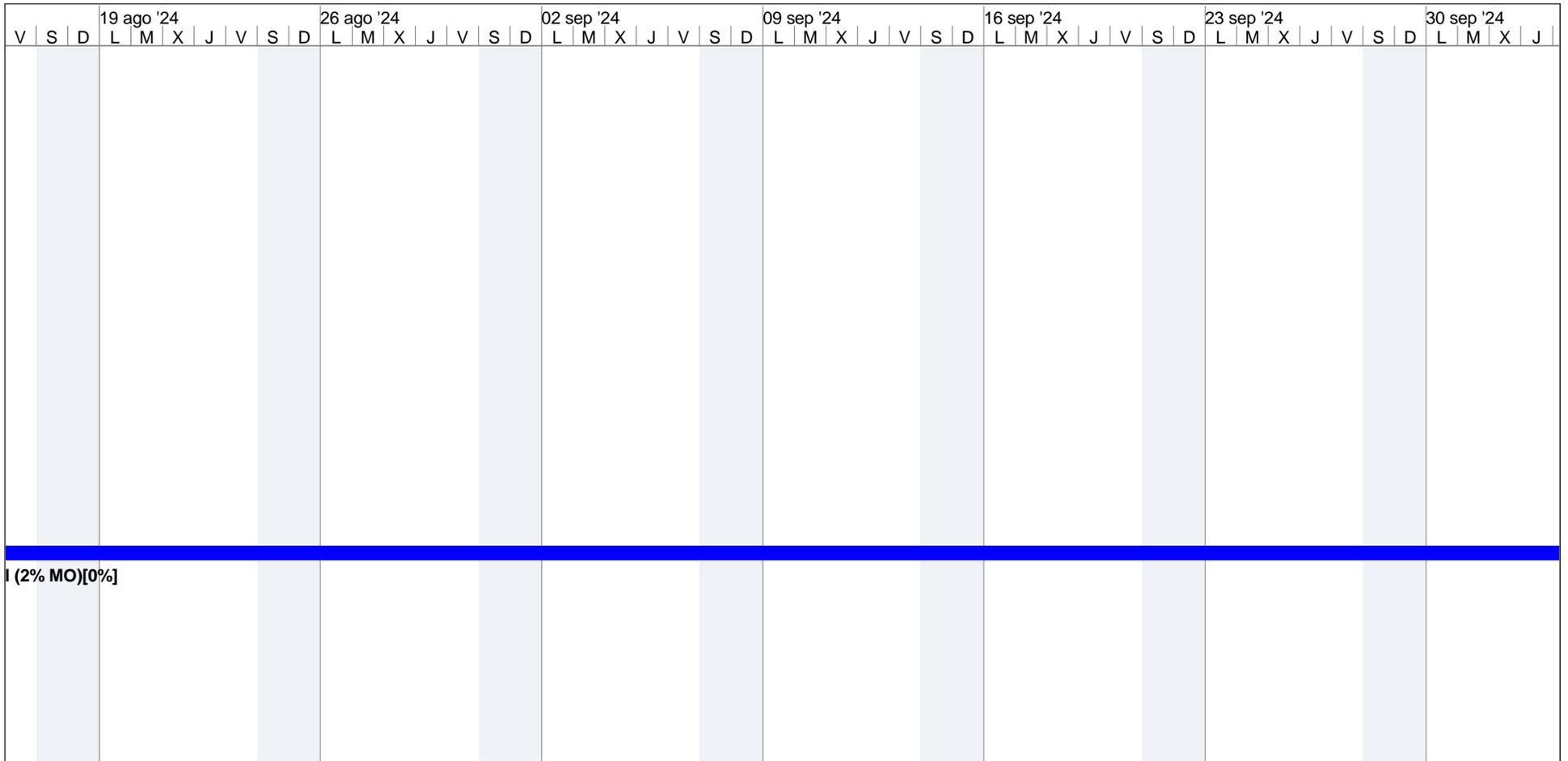


Proyecto: Cronograma Prado.mpp  
 Fecha: vie 12-01-24

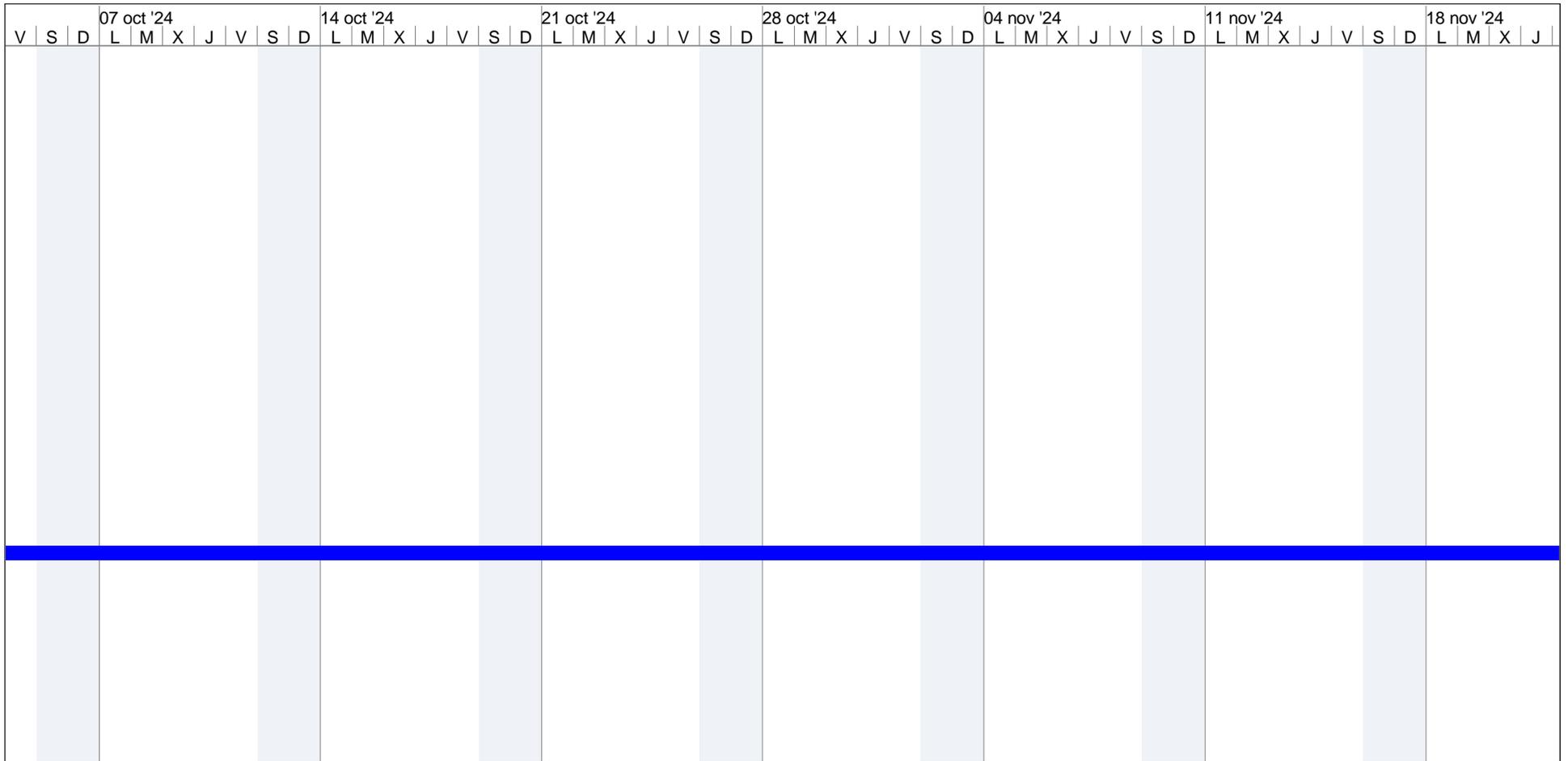


erramienta menor (5% MO)[51%], Seguridad Industrial (2% MO)[0%]

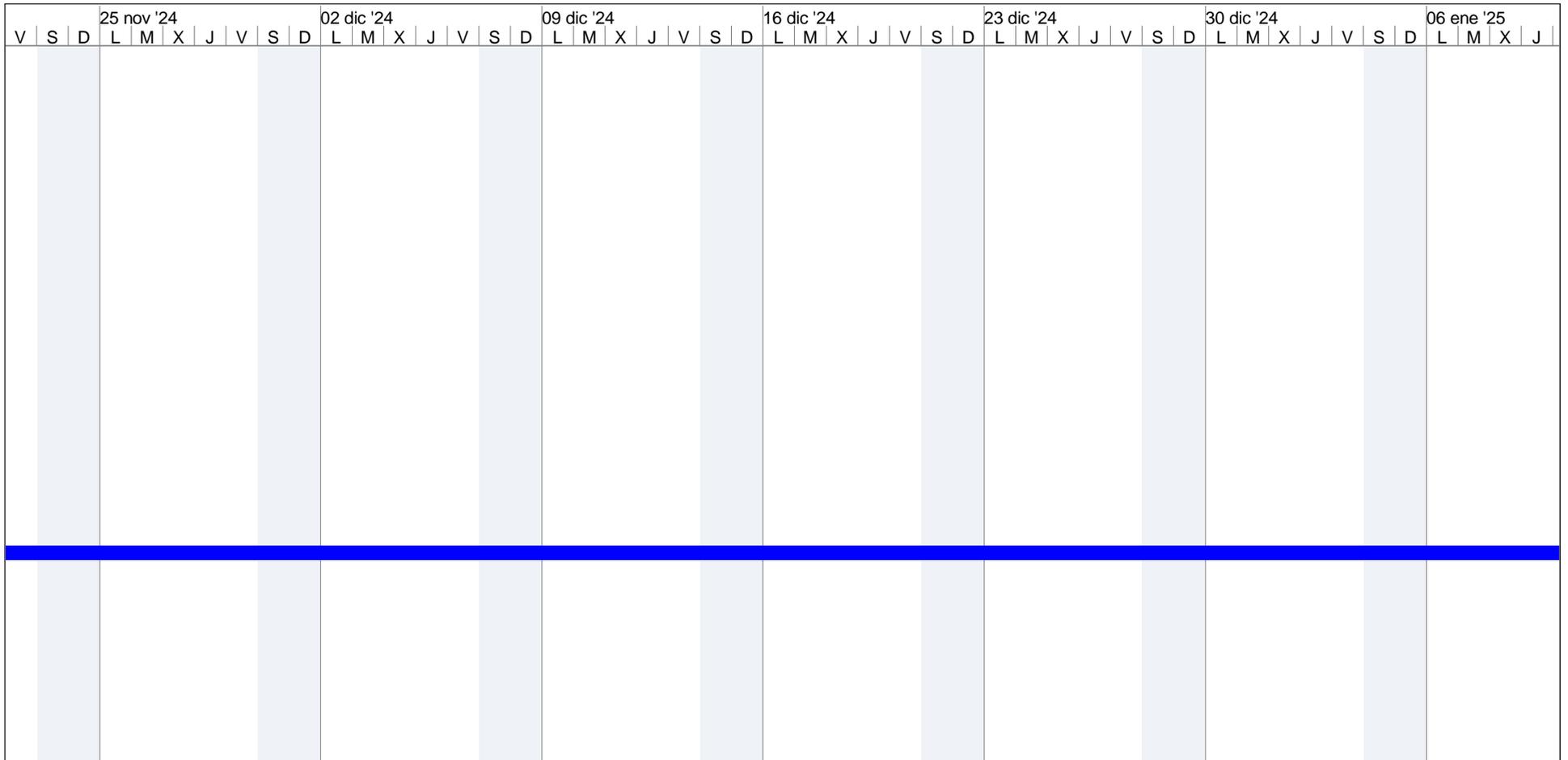
Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			



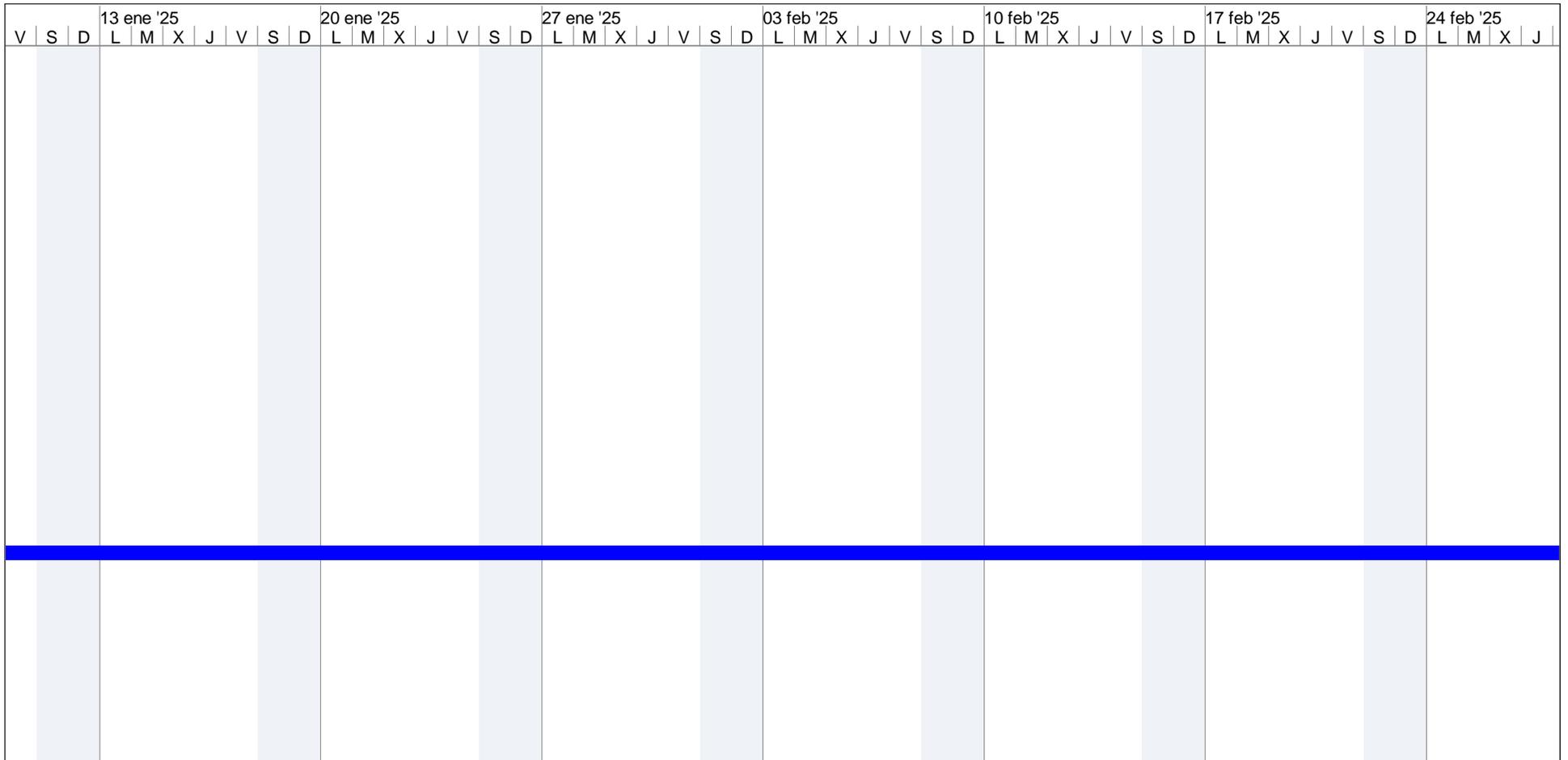
Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			



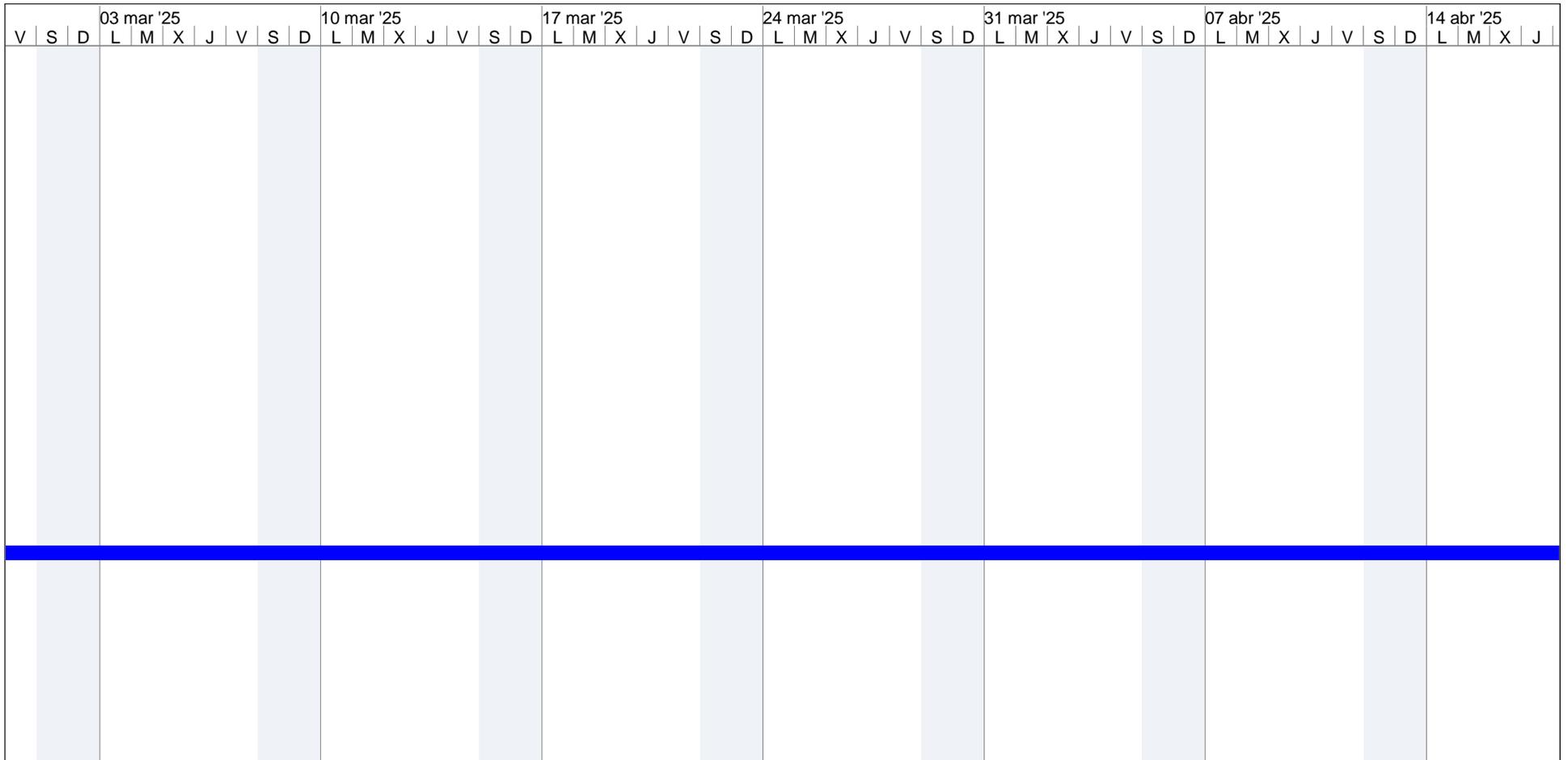
Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			



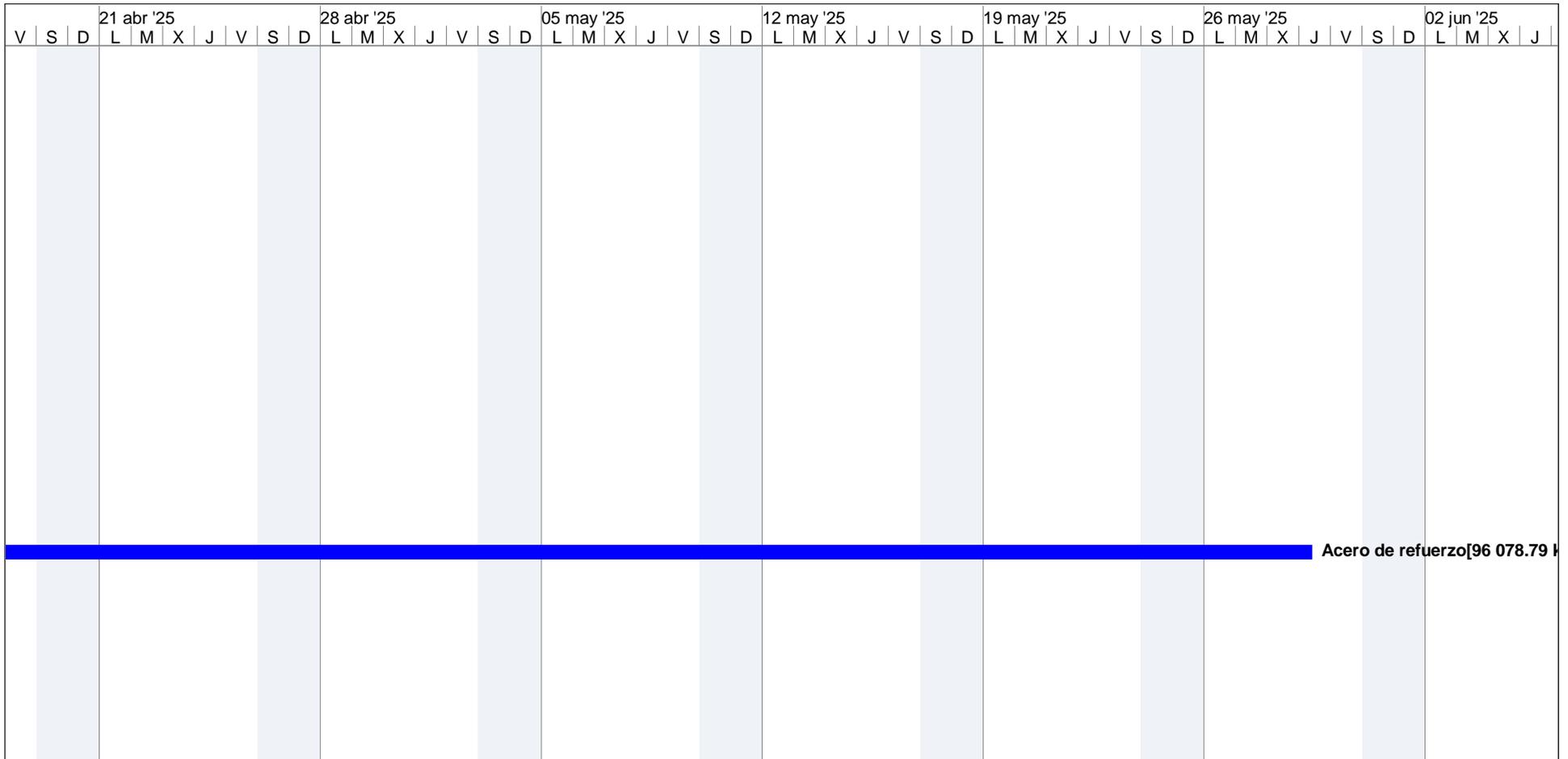
Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			



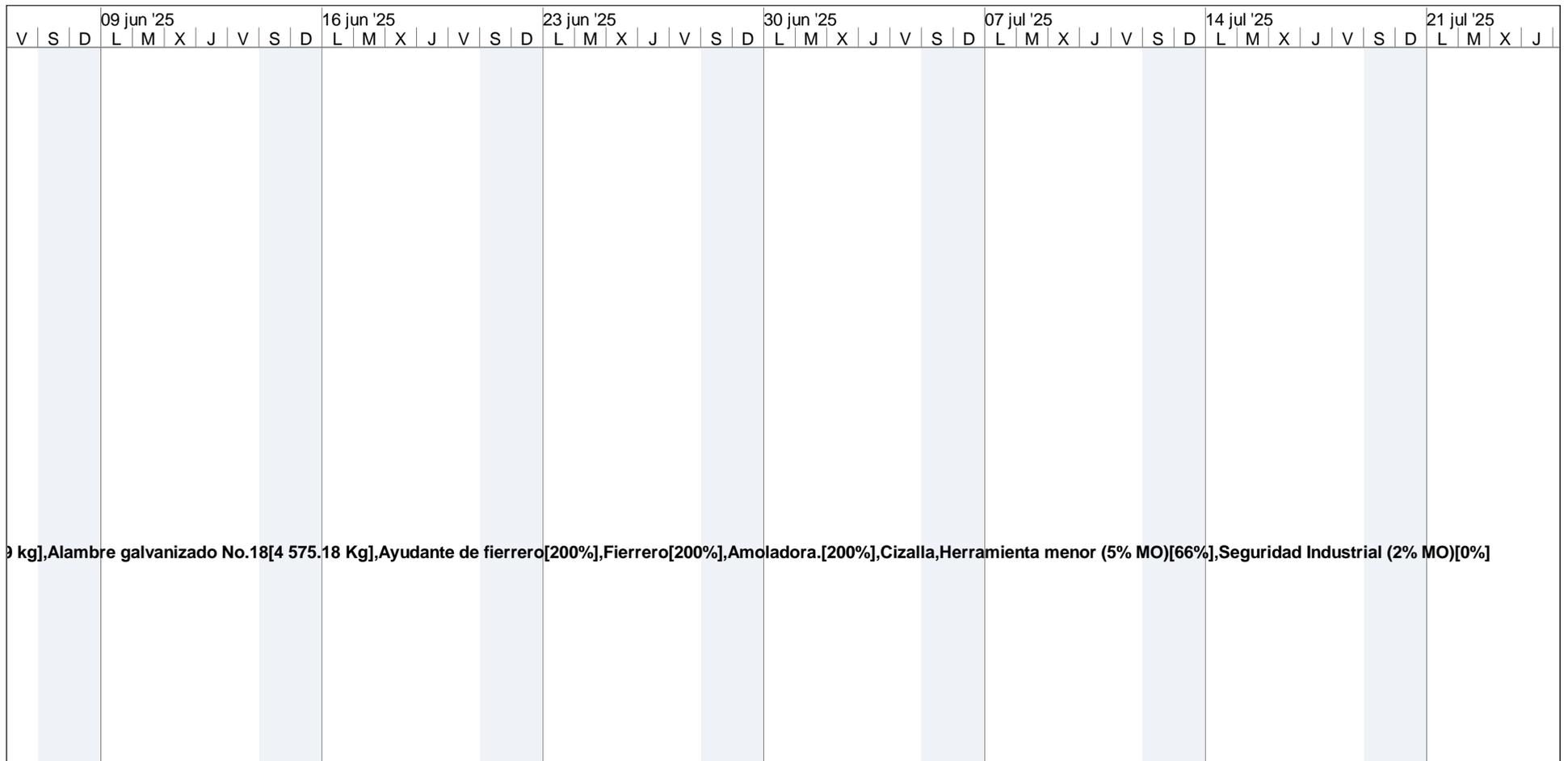
Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			



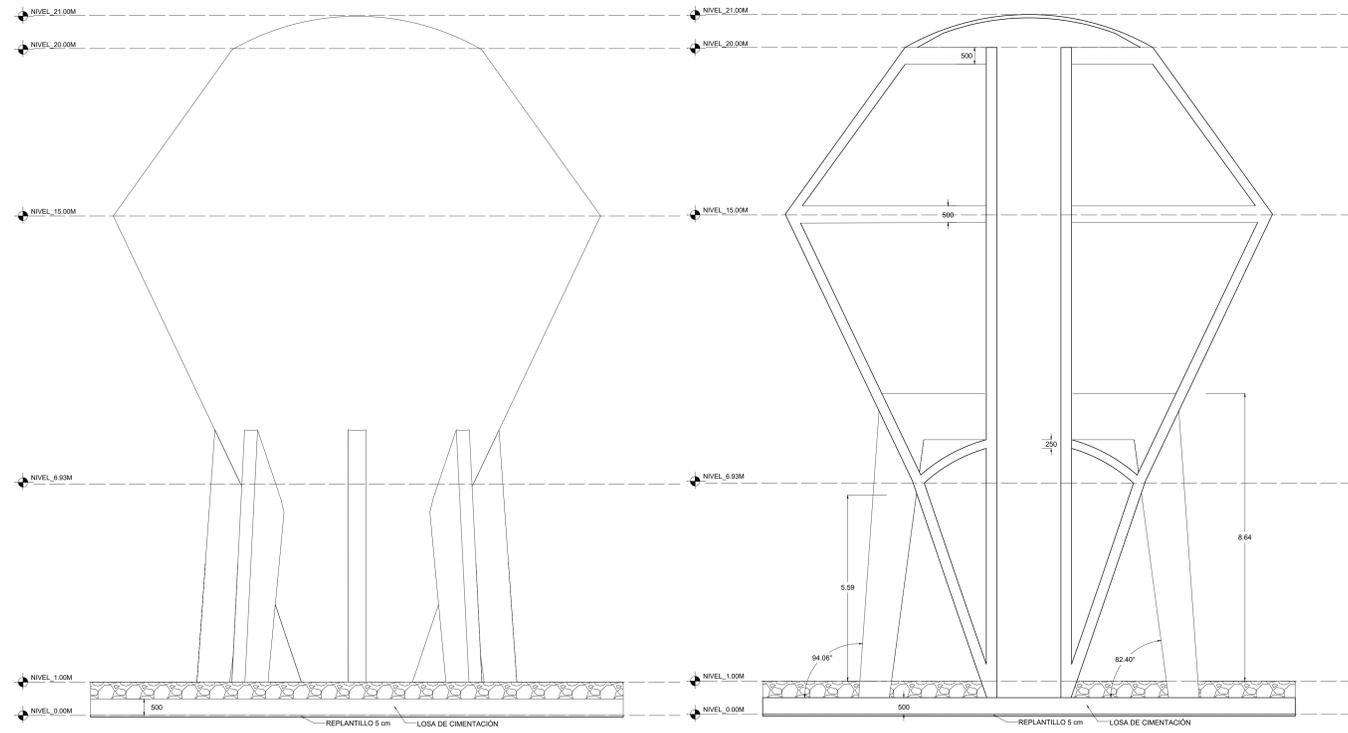
Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			



Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			

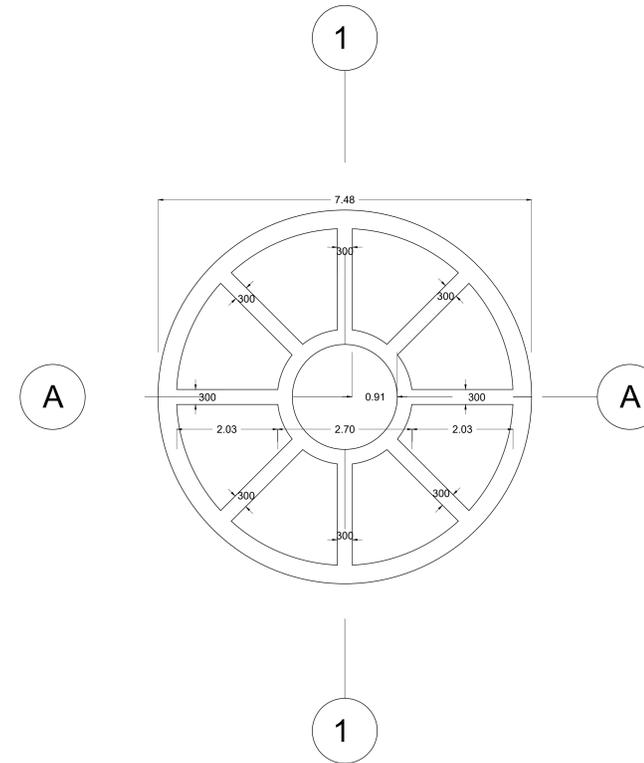


Proyecto: Cronograma Prado.mpp Fecha: vie 12-01-24	Tarea		Hito inactivo		solo fin	
	División		Resumen inactivo		Tareas externas	
	Hito		Tarea manual		Hito externo	
	Resumen		solo duración		Progreso	
	Resumen del proyecto		Informe de resumen manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Resumen manual			
	Hito externo		solo el comienzo			

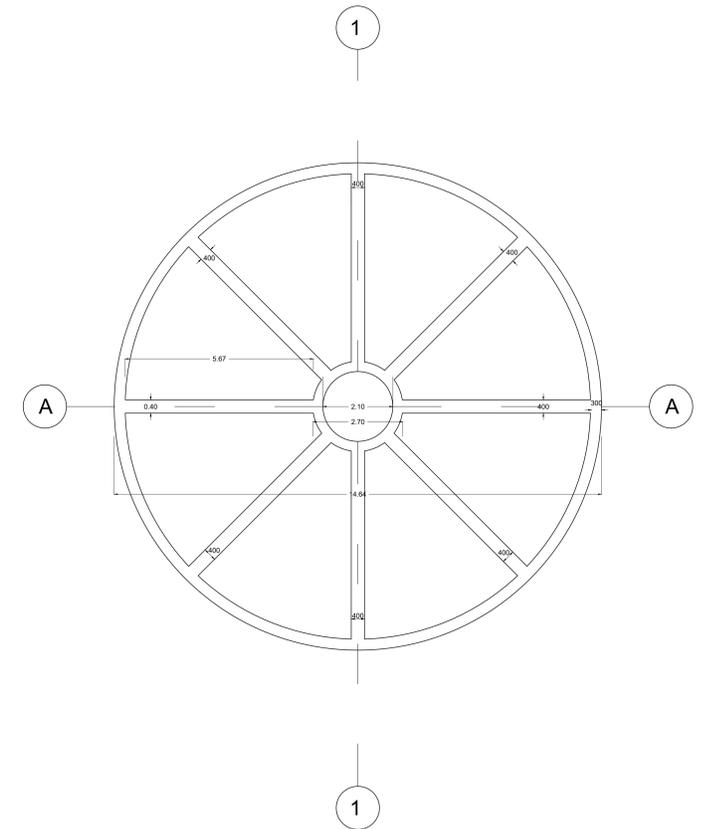


**FACHADA**  
ESC 1:75

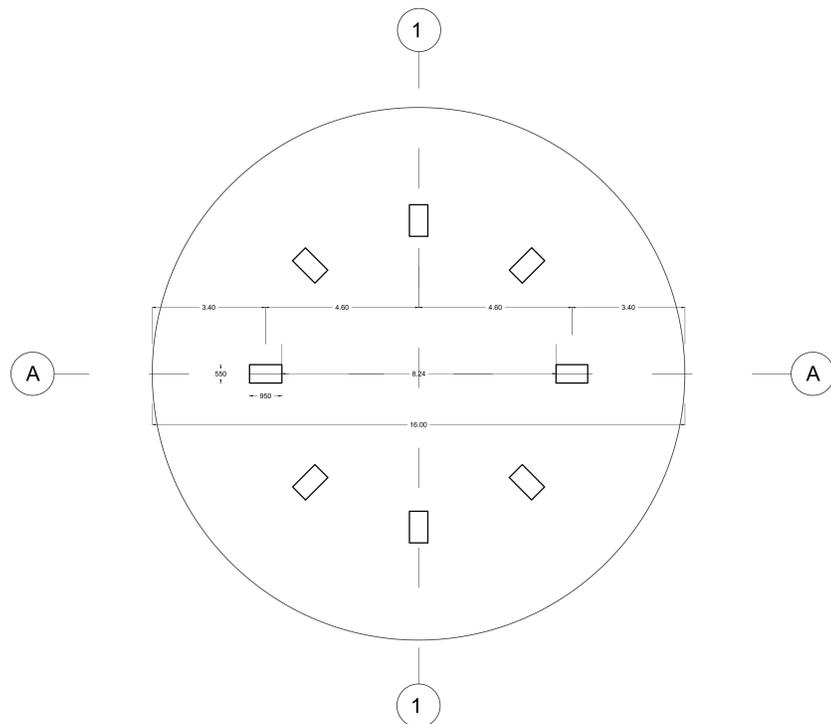
**ELEVACIÓN**  
ESC 1:75



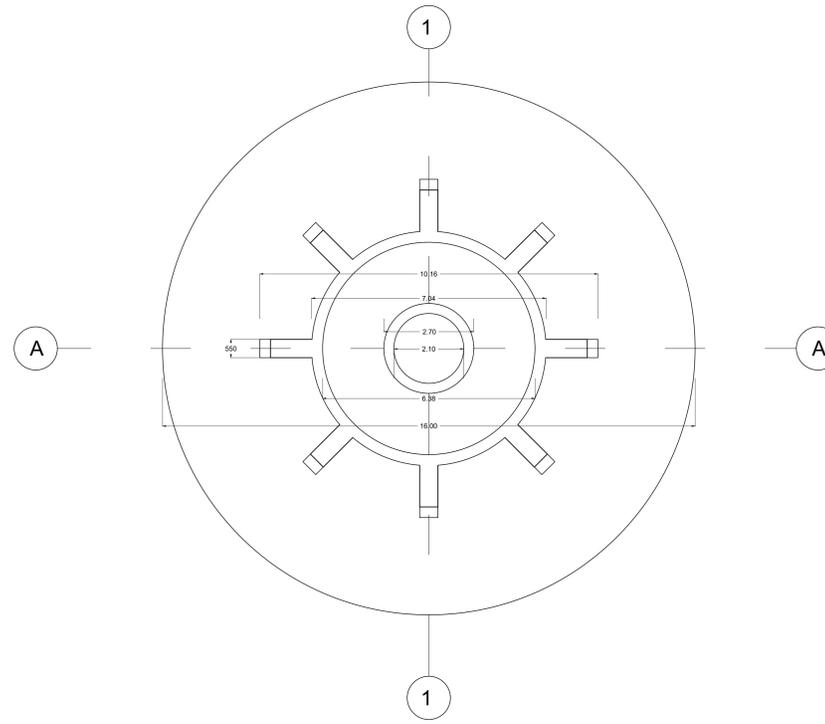
**NIVEL 20 M**  
ESC 1:50



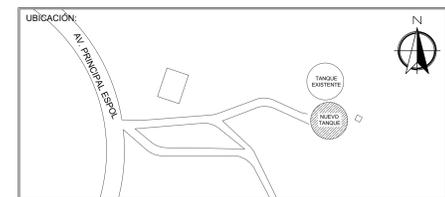
**NIVEL 15 M**  
ESC 1:50



**CIMENTACIÓN**  
ESC 1:75



**NIVEL 6.93 M**  
ESC 1:75



DATOS:

<b>Provincia:</b>	Guayas
<b>Cantón:</b>	Guayaquil
<b>Ciudad:</b>	Guayaquil
<b>Parroquia:</b>	Tarqui
<b>Dirección:</b>	km 30.5 Vía Perimetral

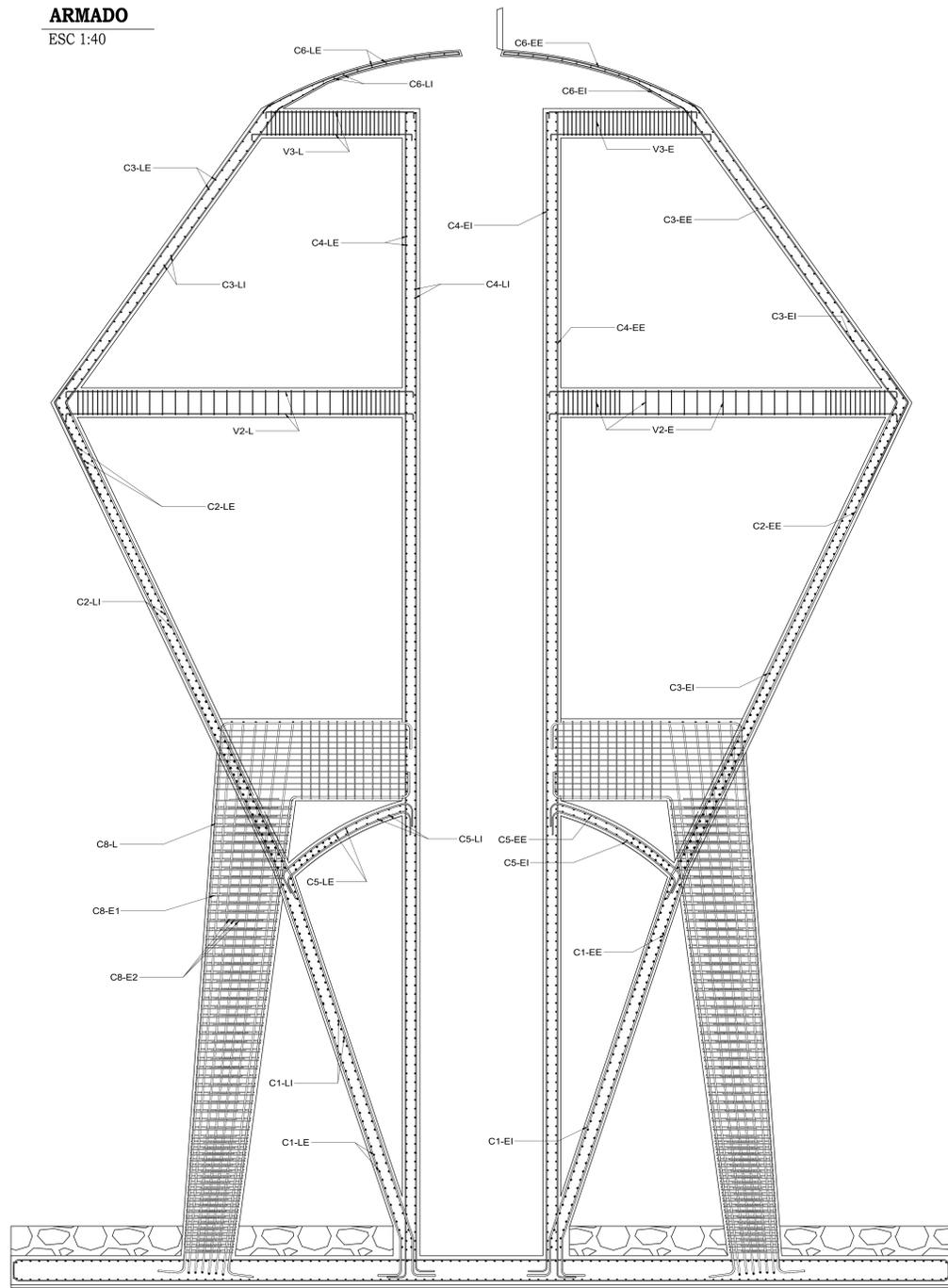
CONTENIDO:  
**FACHADA-ELEVACIÓN-NIVELES-CIMENTACIÓN**

PROYECTO:  
Diseño estructural de Reservorio Campus Gustavo Galindo ESPOL

Tutor Responsable: MSc. Walter Hurtares Orrala	Profesor de Materia Integradora: Ing. Danilo Davila	Fecha: 12/01/24	Tamaño: A0
Objetos: David Alejandro Prado	Joselyn Aray Silva	Lamina: A 1/4	Escala: Ind.



**ARMADO**  
ESC 1:40



**TABLA DETALLE DE REFUERZO MUROS-TRASLAPE 1**

MARCA	Diametro de varilla	Cantidad/Radio	Total de radios/varillas que llevan esa composición	Traslape	cantidad de traslapes	Forma Traslape
C1-LE	28.00	2φ12m y 1φ10m	3.00	1750	3.00	[Diagrama de traslape]
	28.00	2φ12m	8.00	1750	2.00	
	28.00	1φ12m y 1φ10m	7.00	1750	2.00	
	25.00	1φ12m y 1φ8m	7.00	1750	2.00	
	25.00	1φ12m y 1φ6m	6.00	1750	2.00	
	25.00	1φ12m y 1φ4m	4.00	1750	2.00	
C1-LI	25.00	1φ12m y 1φ2m	5.00	1750	2.00	[Diagrama de traslape]
	25.00	1φ12m	5.00	1750	1.00	
	28.00	2φ12m	8.00	1750	2.00	
	28.00	1φ12m y 1φ10m	10.00	1750	2.00	
	25.00	1φ12m y 1φ4m	8.00	1750	2.00	
	25.00	1φ12m y 1φ4m	8.00	1750	2.00	
C1-EE	25.00	1φ10m	95.00	1750	1.00	[Diagrama de traslape]
	25.00	1φ10m	75.00	1750	1.00	
	25.00	4φ12m y 1φ6m	2.00	1500	5.00	
	25.00	4φ12m y 1φ4m	8.00	1500	5.00	
	25.00	4φ12m	6.00	1500	4.00	
	25.00	3φ12m y 1φ10m	6.00	1500	4.00	
C2-LE	25.00	3φ12m y 1φ8m	5.00	1500	4.00	[Diagrama de traslape]
	25.00	3φ12m y 1φ6m	6.00	1500	4.00	
	25.00	3φ12m y 1φ4m	6.00	1500	4.00	
	25.00	3φ12m y 2φ6m	3.00	1500	4.00	
	32.00	3φ12m y 1φ4m	3.00	1500	4.00	
	32.00	3φ12m y 1φ2m	2.00	1500	4.00	
	32.00	3φ12m	4.00	1500	3.00	
	32.00	3φ12m y 1φ10m	6.00	1500	3.00	
	32.00	3φ12m y 1φ8m	6.00	1500	3.00	
	32.00	3φ12m y 1φ6m	7.00	1500	3.00	
	25.00	4φ12m y 1φ4m	7.00	1500	5.00	
	25.00	4φ12m	6.00	1500	4.00	
C2-LI	25.00	3φ12m y 1φ10m	6.00	1500	4.00	[Diagrama de traslape]
	25.00	3φ12m y 1φ8m	6.00	1500	4.00	
	25.00	3φ12m y 1φ6m	6.00	1500	4.00	
	25.00	3φ12m y 1φ4m	4.00	1500	4.00	
	25.00	3φ12m	7.00	1500	3.00	
	32.00	2φ12m y 1φ10m	6.00	1500	3.00	
	32.00	2φ12m y 1φ8m	7.00	1500	3.00	
	32.00	2φ12m y 1φ6m	4.00	1500	3.00	
	32.00	2φ12m y 1φ4m	4.00	1500	3.00	
	28.00	1φ12m	222.00	1500	1.00	
	28.00	1φ12m	201.00	1500	1.00	
	C3-LE	16.00	3φ12m y 1φ4m	2.00	1000	
16.00		3φ12m y 1φ2m	1.00	1000	4.00	
16.00		3φ12m	3.00	1000	3.00	
16.00		2φ12m y 1φ10m	2.00	1000	3.00	
16.00		2φ12m y 1φ8m	3.00	1000	3.00	
16.00		2φ12m y 1φ6m	3.00	1000	3.00	
16.00		2φ12m y 1φ4m	3.00	1000	3.00	
20.00		2φ12m y 1φ2m	2.00	1000	3.00	
20.00		2φ12m	5.00	1000	2.00	
20.00		1φ12m y 1φ10m	6.00	1000	2.00	
20.00		1φ12m y 1φ8m	1.00	1000	2.00	
C3-LI		16.00	3φ12m y 1φ2m	1.00	1000	4.00
	16.00	3φ12m	3.00	1000	3.00	
	16.00	2φ12m y 1φ10m	3.00	1000	3.00	
	16.00	2φ12m y 1φ8m	3.00	1000	3.00	
	16.00	2φ12m y 1φ6m	2.00	1000	3.00	
	16.00	2φ12m y 1φ4m	3.00	1000	3.00	
	16.00	2φ12m y 1φ2m	1.00	1000	3.00	
	16.00	2φ12m	1.00	1000	3.00	
	20.00	4φ12m	3.00	1000	4.00	
	20.00	3φ12m y 1φ10m	3.00	1000	4.00	
	20.00	3φ12m y 1φ8m	3.00	1000	4.00	
	C3-EE	16.00	1φ8m	230.00	1000	1.00
16.00		1φ8m	220.00	1000	1.00	

**TABLA DETALLE DE REFUERZO MUROS -TRASLAPE 2**

MARCA	Diametro de varilla	Cantidad/Radio	Total de radios/varillas que llevan esa composición	Traslape	cantidad de traslapes	Forma Traslape
C4-LE	18.00	1φ12m y 1φ10m	130.00	1000.00	2.00	[Diagrama de traslape]
	18.00	1φ12m y 1φ10m	130.00	1000.00	2.00	
C4-LI	18.00	1φ12m y 1φ10m	130.00	1000.00	2.00	[Diagrama de traslape]
C4-EE	18.00	1φ10m	58.00	1000.00	1.00	[Diagrama de traslape]
C4-EI	18.00	1φ10m	44.00	1000.00	1.00	[Diagrama de traslape]
C5-LE	16.00	1φ12m y 1φ6m	2.00	1000	2.00	[Diagrama de traslape]
	16.00	1φ12m y 1φ4m	2.00	1000	2.00	
	16.00	1φ12m	2.00	1000	1.00	
	16.00	1φ10m	1.00	1000	1.00	
	28.00	2φ12m y 1φ2m	1.00	1750	3.00	
	28.00	2φ12m	3.00	1750	2.00	
C5-LI	28.00	1φ12m y 1φ10m	3.00	1750	2.00	[Diagrama de traslape]
	28.00	1φ12m y 1φ8m	1.00	1750	2.00	
	16.00	1φ12m y 1φ6m	2.00	1000	2.00	
	16.00	1φ12m y 1φ4m	2.00	1000	2.00	
	16.00	1φ12m	2.00	1000	1.00	
	16.00	1φ10m	1.00	1000	1.00	
	28.00	2φ12m	4.00	1750	2.00	
	28.00	1φ12m y 1φ10m	3.00	1750	2.00	
	28.00	1φ12m y 1φ8m	1.00	1750	2.00	
	28.00	1φ12m y 1φ6m	1.00	1750	2.00	
	28.00	1φ12m y 1φ4m	1.00	1750	2.00	
	28.00	1φ12m y 1φ2m	1.00	1750	2.00	
C6-LE	8.00	1φ12m y 1φ4m	2.00	500	2.00	[Diagrama de traslape]
	8.00	1φ12m y 1φ2m	1.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m	1.00	500	1.00	
	8.00	1φ10m	1.00	500	1.00	
	8.00	1φ8m	1.00	500	1.00	
	8.00	1φ6m	2.00	500	1.00	
	8.00	1φ4m	1.00	500	1.00	
	8.00	2φ12m	2.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m y 1φ10m	2.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m y 1φ8m	1.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m y 1φ6m	2.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m y 1φ4m	2.00	500	1.00	
C6-LI	8.00	1φ12m y 1φ2m	1.00	500	2.00	[Diagrama de traslape]
	8.00	1φ12m	1.00	500	2.00	
	8.00	1φ10m	1.00	500	2.00	
	8.00	1φ8m	1.00	500	2.00	
	8.00	1φ6m	2.00	500	2.00	
	8.00	1φ4m	1.00	500	2.00	
C6-EE	8.00	1φ12m y 1φ10m	1.00	500	2.00	[Diagrama de traslape]
	8.00	1φ12m y 1φ8m	2.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m y 1φ6m	2.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m y 1φ4m	2.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m y 1φ2m	1.00	500	2.00	
	8.00	1φ12m	1.00	500	2.00	
C6-EI	8.00	1φ4m	106.00	500	1.00	[Diagrama de traslape]

**TABLA DETALLE DE REFUERZO VIGAS - GANCHOS**

MARCA	Diametro de varilla	Cantidad	Longitud de varilla	A	B	C	Forma del gancho
V2-E	10.00	41.00	1638	420	320.00	89	[Diagrama de gancho]
V2-L	14.00	8.00	8000	5890	1055.00	0	[Diagrama de gancho]
V3-E	10.00	28.00	1438	420	220.00	89	[Diagrama de gancho]
V3-L	14.00	6.00	4000	3000	1000.00	0	[Diagrama de gancho]

**TABLA DETALLE REFUERZO MARCA C5 - GANCHOS**

MARCA	Diametro de varilla	Cantidad	Longitud de varilla	A	B	C	Forma del gancho
C5-EE	22.00	213.00	4000	500	3000.00	500	[Diagrama de gancho]
C5-EI	22.00	206.00	4000	750	2500.00	750	[Diagrama de gancho]

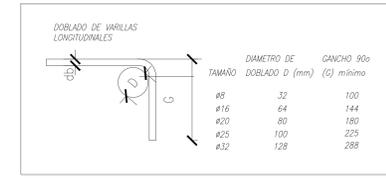
**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

f <sub>c</sub> =300	kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>y</sub> =4200	



**DIAMETRO DE GANCHO 125º**

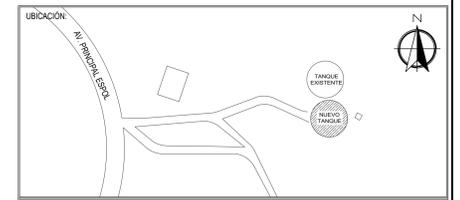
TAMARO DOBLADO D (mm)	(G) mínimo
#10	40
#14	56
#18	105
#25	126



**DIAMETRO DE GANCHO 90º**

TAMARO DOBLADO D (mm)	(G) mínimo
#8	32
#10	64
#12	80
#16	100
#25	128
#32	288

- OBSERVACIONES**
- 1- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE DE OTRA MANERA.
  - 2- LOS PLANOS ESTRUCTURALES TENDRAN UNA COORDINACION CON LOS PLANOS ARQUITECTONICOS.
  - 3- LAS DIMENSIONES PREVIENEZAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.
  - 4- EL HORMIGON DEBERA TENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS DE: HORMIGON ESTRUCTURAL f<sub>c</sub> = 300kg/cm<sup>2</sup> HORMIGON DE REPARTIDO f<sub>c</sub> = 180 kg/cm<sup>2</sup>
  - 5- EL ACERO DE REFUERZO DEBERA TENER UN LIMITE A LA FLUENCIA f<sub>y</sub> = 4200kg/cm<sup>2</sup>(varilla)
  - 6- EL RECLUBAMIENTO DEBERA SER: CIMENTACION = 40 mm EN LOSA DE CEMENTO COLUMNAS Y VIGAS = 40 mm.
  - 7- PAREDES ESTRUCTURALES QUE CONTIENAN AL AGUA = 50 mm.
  - 8- PAREDE DE CUBIERTO INTERIOR = 30 mm.
  - 9- PAREDE DEL FOSATE = 40 mm.
  - 10- CUBIERTA = 25 mm.



**DATOS:**

**Provincia:** Guayas  
**Cantón:** Guayaquil  
**Ciudad:** Guayaquil  
**Parroquia:** Tarqui  
**Dirección:** km 30.5 Vía Perimetral

**CONTENIDO:**  
**ARMADO-TABLA DE DETALLE DE REFUERZO VIGAS-TABLA DE DETALLE DE REFUERZO MUROS-TRASLAPE 1 Y 2**

**PROYECTO:**  
 Diseño estructural de Reservoirio Campus Gustavo Galindo ESPOL

Tutor Responsable: MSc. Walter Hurtares Orrala	Profesor de Materia Integradora: Ing. Danilo Davila	Fecha: 12/01/24	Tamaño: A0
Elaborado: David Alejandro Prado	Dibujante: Josselyn Aray Silva	Lamina: A 3/4	Escala: 1:40

**TABLA DETALLE DE REFUERZO COLUMNAS - GANCHOS 1**

MARCA	Diametro de varilla	Cantidad	Longitud de varilla	A	B	C	Forma del gancho
	14.00	2	2480	124	470	689	
	14.00	2	2451	124	470	680	
	14.00	2	2443	124	470	671	
	14.00	2	2425	124	470	662	
	14.00	2	2406	124	470	652	
	14.00	2	2388	124	470	643	
	14.00	2	2369	124	470	634	
	14.00	2	2351	124	470	625	
	14.00	2	2333	124	470	616	
	14.00	2	2314	124	470	606	
	14.00	2	2296	124	470	597	
	14.00	2	2278	124	470	588	
	14.00	2	2259	124	470	579	
	14.00	2	2241	124	470	570	
	14.00	2	2223	124	470	561	
	14.00	2	2204	124	470	551	
	14.00	2	2186	124	470	542	
	14.00	2	2167	124	470	533	
	14.00	2	2149	124	470	524	
	14.00	2	2131	124	470	515	
	14.00	2	2112	124	470	505	
	14.00	2	2094	124	470	496	
	14.00	2	2076	124	470	487	
	14.00	2	2057	124	470	478	
	14.00	2	2039	124	470	469	
	14.00	2	2021	124	470	460	
	14.00	2	2002	124	470	450	
	14.00	2	1984	124	470	441	
	14.00	2	1973	124	470	435	
	14.00	2	1965	124	470	432	
	14.00	2	1961	124	470	429	
	14.00	2	1949	124	470	423	
	14.00	2	1947	124	470	423	
	14.00	2	1936	124	470	417	
	14.00	2	1929	124	470	414	
	14.00	2	1924	124	470	411	
	14.00	2	1912	124	470	405	
	14.00	2	1910	124	470	404	
	14.00	2	1900	124	470	399	
	14.00	2	1892	124	470	395	
	14.00	2	1888	124	470	393	
	14.00	2	1876	124	470	387	
	14.00	2	1874	124	470	386	
	14.00	2	1863	124	470	380	
	14.00	2	1855	124	470	377	
	14.00	2	1851	124	470	374	
	14.00	2	1839	124	470	368	
	14.00	2	1837	124	470	368	
	14.00	2	1827	124	470	362	
	14.00	2	1819	124	470	359	
	14.00	2	1815	124	470	356	
	14.00	2	1803	124	470	350	
	14.00	2	1800	124	470	349	
	14.00	2	1790	124	470	344	
	14.00	2	1782	124	470	340	
	14.00	2	1778	124	470	338	
	14.00	2	1766	124	470	332	
	14.00	2	1754	124	470	326	
	14.00	2	1742	124	470	320	
	14.00	2	1730	124	470	314	
C8-E2	14.00	1	1622	154	1314	0	
	14.00	1	1612	154	1304	0	
	14.00	1	1603	154	1295	0	
	14.00	1	1594	154	1286	0	
	14.00	1	1585	154	1277	0	
	14.00	1	1576	154	1268	0	
	14.00	1	1566	154	1259	0	
	14.00	1	1557	154	1249	0	
	14.00	1	1548	154	1240	0	
	14.00	1	1539	154	1231	0	
	14.00	1	1530	154	1222	0	
	14.00	1	1521	154	1213	0	
	14.00	1	1511	154	1203	0	
	14.00	1	1502	154	1194	0	
	14.00	1	1493	154	1185	0	
	14.00	1	1484	154	1176	0	
	14.00	1	1475	154	1167	0	
	14.00	1	1465	154	1158	0	
	14.00	1	1456	154	1148	0	
	14.00	1	1447	154	1139	0	
	14.00	1	1438	154	1130	0	
	14.00	1	1429	154	1121	0	
	14.00	1	1420	154	1112	0	
	14.00	1	1410	154	1102	0	
	14.00	1	1401	154	1093	0	
	14.00	1	1392	154	1084	0	
	14.00	1	1383	154	1075	0	
	14.00	1	1374	154	1066	0	
	14.00	1	1364	154	1057	0	
	14.00	1	1355	154	1047	0	
	14.00	1	1346	154	1038	0	
	14.00	1	1337	154	1029	0	
	14.00	1	1328	154	1020	0	
	14.00	1	1319	154	1011	0	
	14.00	1	1309	154	1001	0	
	14.00	1	1300	154	992	0	
	14.00	1	1291	154	983	0	
	14.00	1	1282	154	974	0	
	14.00	1	1273	154	965	0	
	14.00	1	1267	154	959	0	
	14.00	1	1261	154	953	0	
	14.00	1	1255	154	947	0	
	14.00	1	1249	154	941	0	
	14.00	1	1242	154	935	0	
	14.00	1	1236	154	928	0	
	14.00	1	1230	154	922	0	
	14.00	1	1224	154	916	0	
	14.00	1	1218	154	910	0	
	14.00	1	1212	154	904	0	
	14.00	1	1206	154	898	0	
	14.00	1	1200	154	892	0	
	14.00	1	1194	154	886	0	
	14.00	1	1188	154	880	0	
	14.00	1	1182	154	874	0	
	14.00	1	1176	154	868	0	
	14.00	1	1169	154	862	0	
	14.00	1	1163	154	855	0	
	14.00	1	1157	154	849	0	
	14.00	1	1151	154	843	0	

**TABLA DETALLE DE REFUERZO COLUMNAS - GANCHOS 2**

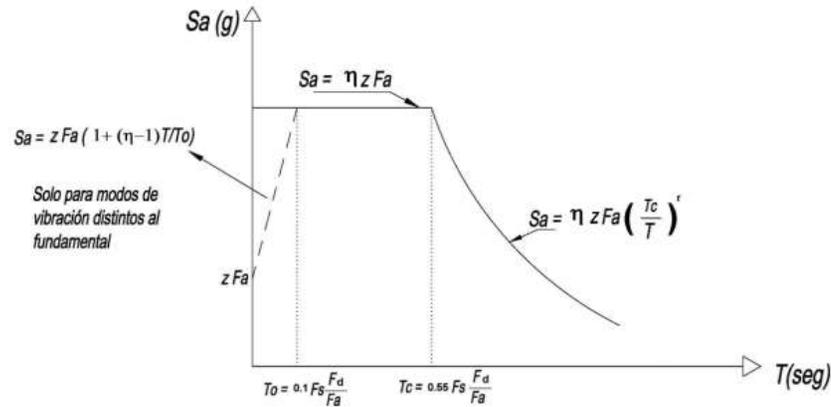
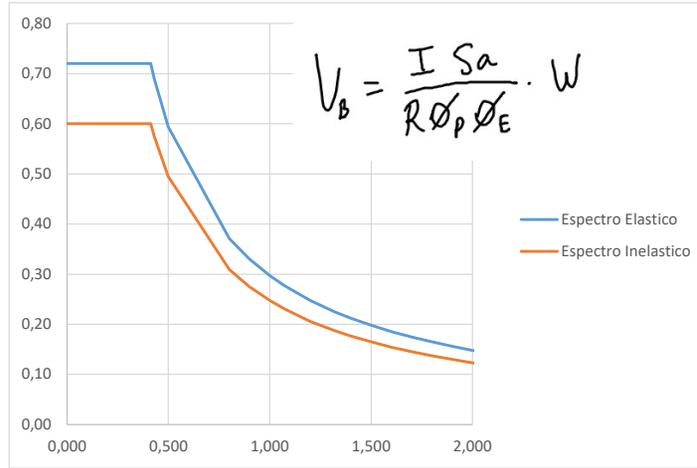
MARCA	Diametro de varilla	Cantidad	Longitud de varilla	A	B	C	D	Forma del gancho
	14.00	1.00	7167	3268	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7156	3263	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7143	3256	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7126	3246	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7113	3243	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7100	3235	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7086	3228	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7076	3223	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7062	3217	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7043	3207	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7030	3199	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7015	3193	470.00	124	124	
	14.00	1.00	7000	3187	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6985	3181	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6970	3175	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6955	3169	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6940	3163	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6925	3157	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6910	3151	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6895	3145	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6880	3139	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6865	3133	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6850	3127	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6835	3121	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6820	3115	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6805	3109	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6790	3103	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6775	3097	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6760	3091	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6745	3085	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6730	3079	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6715	3073	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6700	3067	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6685	3061	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6670	3055	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6655	3049	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6640	3043	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6625	3037	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6610	3031	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6595	3025	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6580	3019	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6565	3013	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6550	3007	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6535	3001	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6520	2995	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6505	2989	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6490	2983	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6475	2977	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6460	2971	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6445	2965	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6430	2959	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6415	2953	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6400	2947	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6385	2941	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6370	2935	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6355	2929	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6340	2923	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6325	2917	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6310	2911	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6295	2905	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6280	2899	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6265	2893	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6250	2887	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6235	2881	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6220	2875	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6205	2869	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6190	2863	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6175	2857	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6160	2851	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6145	2845	470.00	124	124	
	14.00	1.00	6130					

# Espectro de proyecto

(espectro de diseño)

Provincia	Cantón	Z	$\eta$	Suelo	r	Fa	Fd	Fs	To	Tc	I	phip	phie	R
Guayas	Guayaquil	0,4	1,8	B	1	1	1	0,75	0,075	0,413	1,5	1	0,9	2

T s	ELASTICO	INELASTICO
	Sa (T) [g]	V
0,000	0,72	0,600
0,075	0,72	0,600
0,413	0,72	0,600
0,431	0,690	0,575
0,500	0,59	0,495
0,800	0,37	0,309
0,900	0,33	0,275
1,000	0,30	0,248
1,070	0,28	0,231
1,200	0,25	0,206
1,320	0,23	0,188
1,400	0,21	0,177
1,500	0,20	0,165
1,600	0,19	0,155
1,700	0,17	0,146
1,800	0,17	0,138
1,900	0,16	0,130
2,000	0,15	0,124
2,100	0,14	0,118
2,200	0,14	0,113
2,300	0,13	0,108
2,400	0,12	0,103
2,500	0,12	0,099
2,600	0,11	0,095
2,700	0,11	0,092
2,800	0,11	0,088
2,900	0,10	0,085
3,000	0,10	0,083
3,100	0,10	0,080
3,200	0,09	0,077
3,300	0,09	0,075
3,400	0,09	0,073
3,500	0,08	0,071
3,600	0,08	0,069
3,700	0,08	0,067
3,800	0,08	0,065
3,900	0,08	0,063
4,000	0,07	0,062



Sección	Carga nodal [kN]	N° nodos	Peso total [kN]
Cúpula superior	1,41	72,00	101,52
Cono Truncado 3	20,04	72,00	1442,88
Cono Truncado 2	29,66	72,00	2135,52
Cúpula inferior	3,36	72,00	241,92
Cono Truncado 1	9,99	72,00	719,28
Carga viva cúpula	0,29	72,00	20,88
Cilindro interior	9,81	72,00	706,32
			5347,44

Elemento	Cantidad	Volumen unitario [m <sup>3</sup> ]	Volumen total [m <sup>3</sup> ]	Peso específico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso [kN]
Columna	8	3,864	30,91	24	741,888

<b>PESO TOTAL [kN]</b>	<b>6089,33</b>
------------------------	----------------

Hagua	13,390	m
BL	0,5	m
R1	3,29	m
R2	6,99	m
R3	3,73	m

NIVEL 3	diametro sup [m]	7,46
	diametro inf [m]	13,98
	H [m]	4,5
	dcilindro [m]	2,70
VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	ELEMENTO/CASCARA	Dint
	cono truncado	418,68
	Cilindro int	25,76

NIVEL 2	diametro sup [m]	13,98
	diametro inf [m]	6,58
	H [m]	7,83
	H cilindro [m]	7,83
	dcilindro [m]	2,70
VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	ELEMENTO/CASCARA	Dint
	cono truncado	677,95
	Cilindro int	44,83

CUPULA (LOSA)	diametro cupula sup [m]	2,70
	diametro cupula inf [m]	6,55
	H cupula [m]	1,06
	H cilindro [m]	
VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	ELEMENTO/CASCARA	Dint
	Cascara esferica	21,52
	Cilindro	6,07
	TOTAL CUP - CILINDRO	15,45

Volumen del agua (m3)		
	V Cono truncado	V Restante
Nivel 1		
Nivel 2	677,95	64,80
Nivel 3	418,68	30,28
TOTAL	1096,63	95,08

V de agua	1001,542	m3
-----------	----------	----

$$H_L = \frac{V_{cilindro}}{\pi \cdot r^2} \text{ con } V_{agua} = V_{cilindro}$$

HL	6,515	m
D	13,980	m

$$D/H = \frac{1000}{2,146}$$

--	--

Z	0,4
I	1,5
I	1,5

NEC  
ACI

**Tabla 4(c) Factor de importancia I**

uso del estanque	Factor I
estanques que contienen material peligroso*	1,5
estanques cuyo contenido es usable para distintos propósitos después de un terremoto, o estanques que son parte de sistemas de salvataje	1,25
otros	1,0

\*Para estanques que contienen material peligroso, el ingeniero puede necesitar I=1.5 para considerar un terremoto mayor al terremoto de diseño

**PERIODO MASA IMPULSIVA**

S	1,2	ACI
---	-----	-----

**Tabla 4(b) coeficiente de perfil de suelo S**

Tipo	Descripción del perfil	Coficiente
A	Perfil con (a) material rocoso caracterizado por una velocidad de onda de corte mayor que 2500 pies por segundo (762 m/s), o que una forma convencional de clasificación de suelos de tipo medio-densa a densa o muy densa a igual o mayor profundidad máxima a 200 pies (60960 mm)	1,0
B	un perfil de suelo con predominancia de condiciones de suelo medio-densa a densa o semi rígida y perfil desde la profundidad del suelo excede 200 pies (60960 mm)	1,2
C	un perfil de suelo con más de 20 pies (60960 mm) de suelo blando a medio rígido pero no más de 60 pies (18288 mm) de suelo blando	1,5
D	un perfil de suelo con más de 60 pies (18288 mm) de suelo blando caracterizado por una velocidad de onda de corte menor que 1000 pies por segundo (304,8 m/s)	2,0

Nota: el factor del perfil será establecido de datos geotécnicos convenientemente verificados, en lugares donde no se conocen las características del suelo en suficiente detalle para determinar el perfil del suelo. Tipo C será usado, el perfil D del suelo no se usará en ningún caso a menos que el profesional encargado determine que el perfil D puede estar presente en el sitio, o en la proximidad que el Perfil D se establece con datos geotécnicos.

Ri	2
Rc	1

**Table 4.1.1(b)—Response modification factor R**

Type of structure	R <sub>i</sub>		R <sub>c</sub>
	On or above grade	Buried	
Anchored, flexible-base tanks	3.25 <sup>a</sup>	3.25 <sup>a</sup>	1.0
Fixed or hinged-base tanks	2.0	3.0	1.0
Unanchored, contained, or uncontained tanks <sup>b</sup>	1.5	2.0	1.0
Posttension-mounted tanks	2.0	—	1.0

<sup>a</sup>Buried tank is defined as a tank whose maximum water surface at rest is at or below ground level. For partially buried tanks, the R<sub>i</sub> value may be linearly interpolated between that shown for tanks on grade and for buried tanks. R<sub>i</sub> = 3.25 is the maximum R<sub>i</sub> value permitted to be used for any liquid-containing concrete structure.  
<sup>b</sup>Unanchored, uncontained tanks shall not be built in locations where S<sub>gg</sub> ≥ 0.75.

**DATOS**

HL	6,51	m
D	13,98	m
D/HL	2,146	-
HI/D	0,466	-
r	6,99	m
EC	25478,425	Mpa
g	9,81	m/s <sup>2</sup>
γ <sub>ca</sub>	24	kN/m <sup>3</sup>

2,55E+07      kN/m<sup>2</sup>

**PERIODO MASA IMPULSIVA**

C <sub>w</sub>	0,159	-
tw	0,3	m
Cl	0,010	-
wl	163,08	1/s
T <sub>i</sub>	0,039	s

For D/H<sub>g</sub> > 0.667

$$C_w = 9.375 \cdot 10^{-4} + 0.2039 \left(\frac{H_g}{D}\right) - 0.1034 \left(\frac{H_g}{D}\right)^2 - 0.1253 \left(\frac{H_g}{D}\right)^3 + 0.1287 \left(\frac{H_g}{D}\right)^4 - 3.196 \cdot 10^{-4} \left(\frac{H_g}{D}\right)^5$$

$$[C_c = C_w \sqrt{\frac{I_w}{10r}} \text{ in the SI system}] \quad [c_w = C_i \frac{1}{H_g} \sqrt{10^3 E_c \frac{R}{T_c}} \text{ in the SI system}]$$

$$T_r = \frac{2\pi}{\omega_j}$$

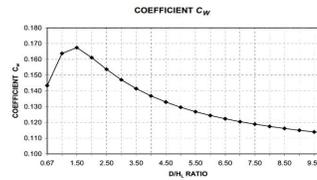
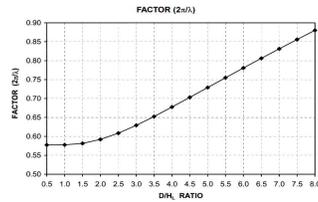
$$\lambda = \sqrt{3,68 g \tanh\left[3,68 \left(\frac{H_g}{D}\right)\right]}$$

$$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{D}}$$

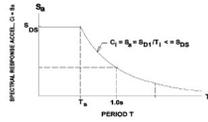
$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \sqrt{D}$$

**PERIODO MASA CONVECTIVA**

2π/lambda	1,08	-
wc	1,56	-
lambda	5,817	-
Tc	4,04	s



FACTORES DE AMPLIFICACIÓN ESPECTRAL					
Tc	For $T_c \leq 1.6 T_B$ seconds	Cc	0,103	1,080	OK
4,039	$C_c = \frac{1.5 S_{D1}}{T_c} \leq 1.5 S_{DS}$				
1.6/Ts					
4,144					
Tl	For $T_l \leq T_B$	Cl	0,720		
0,039	$C_l = S_{DS}$				



Ts	0,386
Ss	1,08
S1	0,417
SDS	0,72
SD1	0,278
Fa	1
Fv	1
SMS	1,08

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_1 F_v \quad S_{DS} = \frac{2}{3} S_s F_a$$

COEFICIENTE DE MASA EFECTIVA		
ε	0,681	OK

$$\epsilon = [0,0151 \left(\frac{D}{H_L}\right)^2 - 0,1908 \left(\frac{D}{H_L}\right) + 1,021] \leq 1$$

$$\epsilon = [0,0151 \left(\frac{D}{H_L}\right)^2 - 0,1908 \left(\frac{D}{H_L}\right) + 1,021] \leq 1,0 \text{ (9-45)}$$

PESO PROPIO		
SECCIÓN	kN	Ton
Cúpula Superior	101,52	10,152
Cono Truncado 3	1442,88	144,288
Cono Truncado 2	2135,52	213,552
Cúpula Inferior	241,92	24,192
Cono Truncado 1	719,28	71,928
Columnas	741,89	74,189
Carga viva cúpula superior	20,88	2,088
Ww (peso de los muros)	2437,23	243,72
eWw (peso del tanque corregido)	4140,32	414,03
Wr	111,96	11,20

γ H2O	γ H2O	γ H2O
Ton/m³	kg/m³	kN/m³
1	1000	9,81

6.1.7. Carga sismica reactiva W  
La carga sismica W representa la carga reactiva por sismo. Independientemente del metodo de analisis descrito en la sección 6.2 se usara la siguiente carga sismica reactiva W

Casos especiales: bodegas y atmósferas

W-D-H/L
Doble
D Carga muerta total de la estructura
E Carga viva del piso 1

Parametros basicos

Nombre	Valor	Descripción
S <sub>B</sub>	1.199	Movimiento del suelo MCE <sub>R</sub> (periodo = 0.2 s)
S <sub>1</sub>	0.417	Movimiento del suelo MCE <sub>R</sub> (periodo = 1.0 s)
SMS	1.079	Valor de aceleración espectral modificado por el sitio
M1	0.334	Valor de aceleración espectral modificado por el sitio
S <sub>DS</sub>	0.72	Valor numérico de diseño sísmico a 0.2 s SA
S <sub>D1</sub>	0.222	Valor numérico de diseño sísmico a 1.0 s SA

$$W_L = \gamma_{agua} \cdot V_{agua} \quad m_L = \frac{W_L}{g}$$

	Ton	kg
WL	1000,00	1003085,86
ml	101,94	102251,36
	Ton/m3	kg/m3
	KN	
WL	9810,00	
ml	1000,00	
	KN/m3	

$$\text{Housner} \quad W_i = \frac{\tanh\left[0,866\left(\frac{D}{H_L}\right)\right]}{0,866\left(\frac{D}{H_L}\right)} \cdot W_L$$

	Ton	kg
Wi	512,56	514145,51
mi	522,49	52410,35
	Ton/m3	kg/m3
	KN	
Wi	5028,25	
mi	512,56	
	KN/m3	

$$\frac{W_c}{W_L} = 0,230 \left(\frac{D}{H_L}\right) \cdot \tanh\left[3,68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right]$$

	Ton	kg
Wc	462,59	464013,27
mc	47,15	47300,03
	Ton/m3	kg/m3
	KN	
Wc	4537,97	
mc	462,59	
	KN/m3	

	Ton	kg
eWw	414,032	41403,179
mw	42,21	4220,51
	Ton/m3	kg/m3
	KN	
eWw	4140,318	
mw	422,05	
	KN/m3	

	Ton	kg
Wr	11,196	1119,600
mr	1,14	114,13
	Ton/m3	kg/m3
	KN	
Wr	111,960	
mr	11,41	
	KN/m3	

$$P_w = C_f \left[ \frac{eW_w}{R_f} \right] \quad (4-1)$$

PI	276,78	tonf
Pw	223,58	tonf
Pr	6,05	tonf
Pc	71,64	tonf

$$P_w' = C_f \left[ \frac{eW_w}{R_f} \right] \quad (4-1a)$$

$$P_r = C_f \left[ \frac{W_r}{R_f} \right] \quad (4-2)$$

V	511,450	tonf
V	5017,325	kN
C	0,36522	

$$P_f = C_f \left[ \frac{W_f}{R_f} \right] \quad (4-3)$$

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
EO	LinStatic	-493.8557	1.251E-10	1.282E-10	-8.958E-10	-7368.75648	9.729E-10

$$P_c = C_c \left[ \frac{W_c}{R_c} \right] \quad (4-4)$$

ALTURA IMPULSIVA Y CONVECTIVA EBP		
hi/HL		0,375
hi	2,443	m
hc/HL		0,595
hc	3,875	m

ALTURA IMPULSIVA Y CONVECTIVA IBP		
hi'/HL		0,850
hi'	5,541	m
hc'/HL		0,814
hc'	5,302	m

RIGIDEZ DEL RESORTE		
K	Ton/m	kN/m
	116,50	1142,86

$$K_c = 0,864 \tanh^2\left(3,68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right) \frac{W_L}{H_L}$$

The moments due to seismic forces at the base of the tank shall be determined by Eq. (4-10) and (4-13).

Bending moment on the entire tank cross section just above the base of the tank wall (EBP)

$$M_w = P_w h_w \quad (4-6)$$

$$M_r = P_r h_r \quad (4-7)$$

$$M_f = P_f h_f \quad (4-8)$$

$$M_c = P_c h_c \quad (4-9)$$

$$M_b = \sqrt{(M_f + M_w + M_r)^2 + M_c^2} \quad (4-10)$$

For tanks with  $\frac{L}{H_L} \geq 1,333$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0,375$$

For all tanks

$$\frac{h_i}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3,68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right] - 1}{3,68\left(\frac{H_L}{D}\right) \sinh\left[3,68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right]}$$

For tanks with  $\frac{D}{H_L} \geq 0,75$

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0,866\left(\frac{D}{H_L}\right)}{2 \tanh\left[0,866\left(\frac{D}{H_L}\right)\right]} - \frac{1}{8}$$

$$\frac{h_c'}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3,68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right] - 2,01}{3,68\left(\frac{H_L}{D}\right) \sinh\left[3,68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right]}$$

CASCARAS/ELEMENTOS	Numero de cascaras/elementos	Volumen unitario [m3]	Volumen total [m3]
CASCARA 1: CASQUETE ESFERICO (CUBIERTA)	1	5,39	5,39
CASCARA 2: CONO TRUNCADO 3	1	62,56	62,56
CASCARA 3: CONO TRUNCADO 2	1	86,36	86,36
CASCARA 4: CASQUETE ESFERICO (LOSA)	1	7,88	7,88
CASCARA 5: CONO TRUNCADO 1	1	29,09	29,09
CASCARA 6: CILINDRO (ESCALERAS)	1	29,22	29,22
ELEMENTOS : VIGAS N2	8	1,13	9,04
ELEMENTOS : VIGAS N3	8	0,35	2,80
ELEMENTOS : COLUMNAS	8	3,86	30,91
<b>TOTAL VOLUMEN HORMIGÓN</b>		<b>225,84</b>	<b>263,25</b>

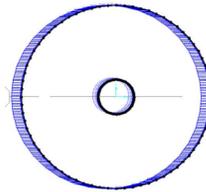
A	B	C	D
Count	Model	Volume	Description
1			
1		29.09 m³	
1		86.36 m³	
1		62.56 m³	
1		5.39 m³	
1		7.88 m³	
6		191.28 m³	

<Multi-Category Material Takeoff 3>

A	B
Family	Material: Volume
VIGA N2	0.34 m³
VIGA N2	0.35 m³
VIGA N2	0.35 m³
VIGA N2	0.35 m³
VIGA N2	1.13 m³
Basic Wall	14.61 m³
Basic Wall	14.61 m³
Grand total: 18	41.05 m³

Nivel	Peso	Hi	Pi*Hi	Fi	W=Fi/L
	kN	m	kN.m	kN	kN/m
H convectiva	4537,97	16,12	73173,38	1969,04	44,83
H impulsiva	5028,25	14,69	73880,19	1988,06	45,27
Cúpula sup + cono truncado 2 + cono truncado 3	2549,19	12,81	32652,35	878,65	20,01
Cúpula inf	241,92	6,52	1578,034	42,46	0,97
Cono truncado 1 + columnas	1461,17	3,54	5169,961	139,12	3,17
<b>TOTAL</b>	<b>13818,50</b>		<b>186453,9</b>	<b>5017,33</b>	<b>114,24</b>

$$V = \sum_{i=1}^n F_i ; V_x = \sum_{i=x} F_i ; F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V$$

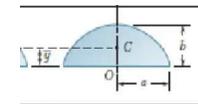


H Tanque	18,75	m
HL	6,5	m
Perimetro Muro	43,92	m

Secciones	Radio	a	h	Centroide	Centroide eje 0	VOLUMEN	V*Yi	CENTROIDE
Cúpula sup	3,55	-	0,95	0,403	13,203	19,255	254,23	6,859
Cono truncado 2	7,15	3,55	8,05	3,155	4,895	751,171	3676,96	
Cono truncado 3	7,15	3,55	4,75	1,862	9,912	443,237	4393,22	
						1213,66		

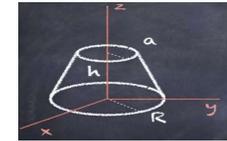
Secciones	Radio	a	h	Centroide	Centroide eje 0	Volumen	V*Yi	CENTROIDE
Cúpula inf	3,55	-	1,35	0,573	0,573	28,013	16,05	0,573

Secciones	Radio	a	h	Centroide	Centroide eje 0	Volumen	V*Yi	CENTROIDE
Cono truncado 1	3,55	1,5	5,95	2,212	3,738	125,722	469,98	3,538
Columnas	2,725							
								156,63



$$\frac{4b}{3\pi}$$

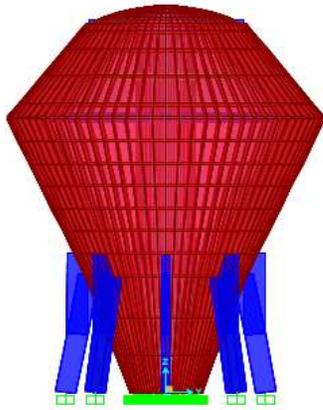
$$V = \frac{\pi h^2}{3} (3R - h) = \frac{\pi h}{6} (3a^2 + h^2)$$



$$V = \frac{h\pi}{3} (R_1^2 + R_2^2 + R_1 R_2)$$

$$z_{cm} = \frac{h}{4} \frac{(R^2 + 2Ra + 3a^2)}{(R^2 + Ra + a^2)}$$

ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO



Ri	2
Rc	1

	KN/m3	Puntos	KN/m3
mi	512,56	256	2,0022
mc	462,59	1	925,17
Kc	1142,86	72	31,75

$$U1.1 = 1.4(D + F)$$

$$U1.2 = 1.2(D + F + G) + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + 1.2T$$

$$U1.3 = 1.2(D + F + G) + 1.0W + 0.5L + 0.5S + 1.2T$$

$$U1.4 = 1.2(D + F + G) + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + 0.5L + 1.2T$$

$$U1.5 = 1.2(D + F + G) + 1.0E + 0.5L + 0.2S + 1.2T$$

$$U2.1 = 0.9D + 1.0F + 1.0E$$

$$U2.2 = 0.9D + 1.0E$$

$$U2.3 = 0.9D + 1.0W$$

$$S1.1 = D + F$$

$$S1.2 = D + F + G + (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + L + T$$

$$S1.3 = D + F + G + 0.6W + L + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$S1.4 = D + F + G + 0.7E + L + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$S2.1 = 0.6D + 0.6W$$

$$S2.2 = 0.6D + 0.7E$$

$$S2.3 = 0.9D + 0.9F + 0.7E$$

**R9.2.3** — If earthquake effects must be considered in design, Eq. (9-2) and (9-3) become:

$$U = 1.05D + 1.28L + 1.40E$$

and

$$U = 0.90D + 1.43E$$

The required strength equation becomes:

$$U = 1.4D + 1.7L + 1.7F$$

and where  $D$  or  $L$  reduce the effect of  $F$

$$U = 0.9D + 1.7F$$

**R9.2.8.1** — Required flexural strength  $\geq 1.3U$

$$\phi M_n \geq 1.3(1.4M_D + 1.7M_L + 1.7M_F)$$

**R9.2.8.2** — Axial and hoop tension:

Required direct tensile strength  $\geq 1.65U$ .

b) Combinación para verificar deformadas laterales (deriva horizontal sísmica):

COMBLAT = 1.00 ESPEC (espectro sísmico)

Se debe verificar que:

$$\Delta_x = (U_{x,\text{sup}} - U_{x,\text{int}}) \text{ FC} \leq \Delta_{as} = 0.010 H_i$$

$$\Delta_y = (U_{y,\text{sup}} - U_{y,\text{int}}) \text{ FC} \leq \Delta_{as} = 0.010 H_i$$

$f_y$	420	Mpa
-------	-----	-----

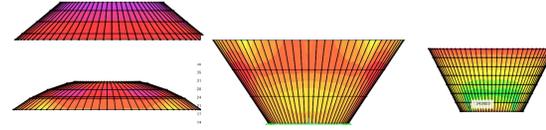
Sección	Eje 1-1												S req [cm]	S asumido [cm]	As colocado [cm <sup>2</sup> ]	Descripción		
	bw [cm]	Nivel [m]			Ast1 [cm <sup>2</sup> /m]			As req [cm <sup>2</sup> /m]			φ varilla [mm]	Área varilla [cm <sup>2</sup> ]					# varillas/m	# varillas/m
		Desde	Hasta	Bottom	Top	As min	Bottom	Top	Bottom	Top								
Cúpula superior	30	0	0.66x	2.5	2.5	1.4	1.8	2.5	2.5	2.5	8	0.503	4.97	5	20.00	2.51	Varilla φ 8mm @ 20cm	
		0.66x	final	1	1	1.4	1.8	1.8	1.8	8	0.503	3.98	4	25.00	25	2.01	Varilla φ 8mm @ 25cm	
Cono Truncado 3	30	14	16.5	15	15	4.2	5.4	15	15	20	3.142	4.77	5	20.00	15.71	Varilla φ 20mm @ 20cm		
		16.5	18.75	10	10	4.2	5.4	10	10	16	2.011	4.97	5	20.00	10.05	Varilla φ 16mm @ 20cm		
Cono Truncado 2	30	5.95	8.95	50	50	4.2	5.4	50	50	32	8.042	6.22	7	14.29	12.5	64.34	Varilla φ 32mm @ 12.5cm	
		8.95	11.95	35	35	4.2	5.4	35	35	25	4.909	7.13	8	12.50	12.5	39.27	Varilla φ 25mm @ 12.5cm	
Cúpula inferior	25	0	1.3x	48	48	3.5	4.5	48	48	28	6.158	7.80	8	12.50	12.5	49.26	Varilla φ 28mm @ 12.5cm	
		1.3x	2.3x	10	10	3.5	4.5	10	10	16	2.011	4.97	5	20.00	10.05	Varilla φ 16mm @ 20cm		
Cono Truncado 1	30	0	4	25	25	4.2	5.4	25	25	25	4.909	5.09	6	16.67	15	31.23	Varilla φ 25mm @ 15cm	
		4	5.95	42	42	4.2	5.4	42	42	28	6.158	6.82	7	14.29	12.5	49.26	Varilla φ 28mm @ 12.5cm	

Sección	h [cm]	d [cm]	dc [cm]	Ast2 [cm <sup>2</sup> /m]	Eje 2-2										Control de fisuras				Descripción	
					As min [cm <sup>2</sup> /m]	As req [cm <sup>2</sup> /m]	φ varilla [mm]	Área varilla [cm <sup>2</sup> ]	# varillas/m	# varillas/m	S req [cm]	S asumido [cm]	As colocado [cm <sup>2</sup> ]	Ms [kg/cm]	Z [kg/cm]	fs [kg/cm <sup>2</sup> ]	Smax [cm]			
Cono Truncado 2	30	25	5	50	3.5	4.5	30	28	6.158	8.12	9	11.11	10	61.58	620000	17000	447.51	1696.40	Varilla φ 28mm @ 10cm	
Cono Truncado 3	30	25	5	10	3.5	4.5	30	16	2.011	4.97	5	20.00	20	10.05	350000	17000	157.34	26.32	Varilla φ 16mm @ 20cm	
Cúpula inferior	25	20	5	37	2.8	3.6	37	22	3.801	9.73	10	10.00	10	38.01	570000	17000	833.04	169.97	Varilla φ 22mm @ 10cm	
Cono Truncado 1	30	26	4	40	3.64	4.68	40	25	4.909	8.15	9	11.11	10	49.09					Varilla φ 25mm @ 10cm	
Cúpula superior	10	7.5	2.5	1.5	1.05	1.35	8	8	0.503	2.98	3	33.33	20	2.51						Varilla φ 8mm @ 20cm

rec muro 50 mm  
rec tapa 25 mm

Sección	bw [cm]	Bottom	Ast1 [cm <sup>2</sup> /m]		As req [cm <sup>2</sup> /m]	φ varilla [mm]	Área varilla [cm <sup>2</sup> ]	# varillas/m	# varillas/m	S req [cm]	S asumido [cm]	As colocado [cm <sup>2</sup> ]	Descripción
			Bottom	As min									
Cilindro escalera	20	15	2.8	3.6	15	18	2.545	5.89	6	16.67	15	16.96	Varilla φ 18mm @ 15cm

Sección	h [cm]	d [cm]	dc [cm]	Ast2 [cm <sup>2</sup> /m]	Eje 2-2										Descripción
					As min [cm <sup>2</sup> /m]	As req [cm <sup>2</sup> /m]	φ varilla [mm]	Área varilla [cm <sup>2</sup> ]	# varillas/m	# varillas/m	S req [cm]	S asumido [cm]	As colocado [cm <sup>2</sup> ]		
Cilindro escalera	20	15	5	15	2.1	2.7	15	18	2.545	5.89	6	16.67	15	16.96	Varilla φ 18mm @ 15cm



9.6.3.3 Cuando se requiere refuerzo para control y 9.5.4.1 permite que los efectos de torsión sean despreciados,  $A_{s,req}$  debe cumplir con la Tabla 9.6.3.3.

**Tabla 9.6.3.3 —  $A_{s,req}$  requerido**

Tipo de riego	$A_{s,req}$ requerido
100% perimetral	$0.004 \sqrt{f_c} \frac{M_u}{f_y}$
El resto	$0.003 \sqrt{f_c} \frac{M_u}{f_y}$
Perimetral con $A_{s,req} < A_{s,req}$	El mayor de $0.003 \sqrt{f_c} \frac{M_u}{f_y}$
El resto	$0.0014 \frac{M_u}{W_t \sqrt{f_c}}$

Los valores de  $Z$ , según el ACT sys, están en función a la exposición al ambiente:

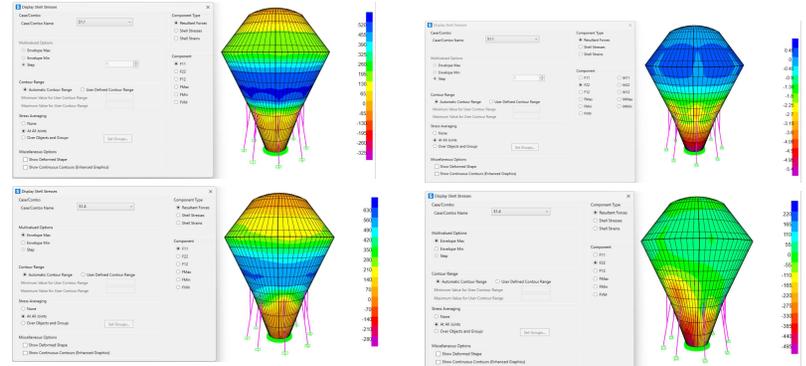
- Para condiciones normales  $Z \leq 50$  kg/cm, que corresponde a rajaduras de 0.05 cm.
- Para condiciones severas  $Z > 50$  kg/cm, que corresponde a rajaduras de 0.50 cm.

$$Z = f_y \sqrt{d_c A} \quad \text{or} \quad s = 0.5 (Z / f_y) d_c^2$$

Tabla 24.4.3.2 — Cuanstias mínimas de refuerzo corrugado de retracción y temperatura calculadas sobre el área bruta de concreto

Tipo de refuerzo	$f_y$ [MPa]	Coeficiente de refuerzo
Barra corrugada	420	0.0020
Barra corrugada o refuerzo de alambre electrosoldado	420	Máx de: 0.0014

Díametro nominal	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	mm
Área - $A_f$ [m <sup>2</sup> ]	0.503	0.786	1.131	1.539	2.091	2.845	3.801	4.909	6.158	8.043	10.653	cm <sup>2</sup>
Perímetro - $2 \pi r$	2.513	3.142	3.770	4.398	5.027	5.655	6.283	6.912	7.541	8.170	10.053	cm
Masa	0.195	0.617	0.888	1.208	1.578	2.066	2.664	3.383	4.243	5.243	6.313	kg/m
Masa de 1 varilla												
de 6 m	2,370	3,702	5,328	7,248	9,468	11,988	14,796	17,904	23,118	29,004	37,878	kg
de 9 m	3,555	5,553	7,992	10,872	14,202	17,982	22,914	29,856	34,677	43,506	56,817	kg
de 12 m	4,740	7,404	10,656	14,496	18,936	23,976	29,592	35,808	46,236	58,008	75,756	kg
Número de varillas en 45.45 kg (10varillas)	19,139	12,253	8,813	6,258	4,791	3,794	3,006	2,533	1,962	1,564	1,198	de 6 m
	12,759	8,169	5,676	4,172	3,194	2,523	2,004	1,609	1,308	1,043	0,798	de 9 m
	9,570	6,126	4,257	3,129	2,395	1,892	1,533	1,267	0,981	0,782	0,599	de 12 m



Viga	
Fc	fy
Mpa	Mpa
30	412

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

598,240657

3,97335503

LONGITUDINAL																	
Nivel	Posición	b	h	c	d	As min	Ø var	A var	# var	As corregido	a	Ø Mn	Mu	Cumple	Confinamiento, S	ZONA CONFINAMIENTO	S NO CONFINAMIENTO
-	Acero	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	-	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[kN*m]	[kN*m]	Ø Mn ≥ Mu	84	1000	225
3	Superior	300	500	40	450	459	14	154	3	462	25	75	6,8874	Sí			
-	Acero	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	-	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[kN*m]	[kN*m]	Ø Mn ≥ Mu			
3	Inferior	300	500	40	450	459	14	154	3	462	25	75	11,9153	Sí			

-	Acero	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	-	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[kN*m]	[kN*m]	Ø Mn ≥ Mu	84	1000	225
2	Superior	400	500	40	450	612	14	154	4	616	25	100	21,5587	Sí			
-	Acero	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	-	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[kN*m]	[kN*m]	Ø Mn ≥ Mu			
2	Inferior	400	500	40	450	612	14	154	4	616	25	100	20,4366	Sí			

TRANSVERSAL													
NIVEL	Peralte	Diametro var	ESPACIAMIENTO s	ESPACIAMIENTO CENTRO	Av	Vs	ΦVs	Mu'	Mu+	Mp	Mp+	Vu	Cumple
3	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	kN	kN	kN*m	kN*m	kN*m	kN*m	kN	Vu
	450	14	84	225	157,08	129,434	97,075	6,8874	11,9153	9,566	16,549	11,354	SI
2	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	kN	kN	kN*m	kN*m	kN*m	kN*m	kN	Vu
	450	14	84	225	157,08	129,434	97,075	20,4366	21,5587	28,384	29,943	9,886	SI

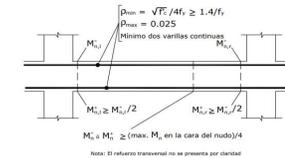


Figura 3: Requisitos del refuerzo longitudinal en elementos a flexión

Φ varilla	10	mm
Longitud	2,3	m
	5,9	m

1000

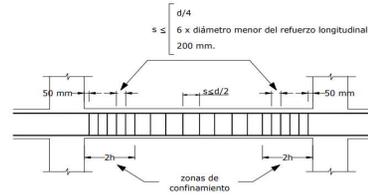


Figura 6: Separación de estribos

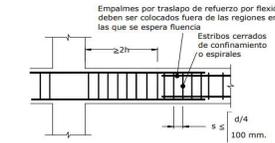


Figura 8: Confinamiento en traspase de varillas de refuerzo longitudinal

3	Inferior	500	1000	40	950	1614	28	616	5	3079	99	1028	893,77	Sí	132	2000	475
---	----------	-----	------	----	-----	------	----	-----	---	------	----	------	--------	----	-----	------	-----

3	Superior	500	1000	40	950	1614	22	380	5	1901	61	648	4,60E-12	Sí			
---	----------	-----	------	----	-----	------	----	-----	---	------	----	-----	----------	----	--	--	--

3	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	kN	kN	kN*m	kN*m	kN*m	kN*m	kN	Vu	Cumple
	950	28	132	475	1256,64	1035,469	776,602	893,77	4,60E-12	1241,347	6,39E-12	353,057	SI	

Φ varilla	20	mm
Longitud	3,516	m

30

1200

3 filas de 9  
espaciamiento  
Estribos de 25 mm

15 mm

456  
50,67

0,010



EXTERIOR				
	b	h	A	I
Grande	6,98	10,43	36,41	660,73
Pequeño	3,00	5,95	8,93	52,66

608,07

INTERIOR				
	b	h	A	I
Grande	3,17	9,50	15,06	226,36
Pequeño	1,19	5,95	3,52	20,79

205,57

<b>INERCIA</b>	<b>402,50</b>	m4
<b>Ec</b>	25478425	kN/m2
<b>hf</b>	5,95	m
<b>Ks</b>	<b>146053948,6</b>	<b>kN/m</b>

Secciones	Radio	a	h	Volumen
Cono truncado 1	3,55	1,5	5,95	125,72

	V	h	b
APROX CIL	125,72	7	4,78

	b	h	I
EXT	4,93	7	29,05
INT	4,63	7	22,60
			6,45

<b>INERCIA</b>	<b>83,52</b>	m4
<b>Ec</b>	25478425	kN/m2
<b>hf</b>	6	m
<b>Ks</b>	<b>29554973</b>	<b>kN/m</b>

$$K_s = \frac{3E_c I_f}{h_f^3}$$

K1	1142,86	kN/m	masa convectiva
K2	29554973	kN/m	masa impulsiva
M1	934,61	kN/m3	masa impulsiva
M2	462,59	kN/m3	masa convectiva
w2	95513,83		
w2	309,0531		
w1	0,817961		
w1	0,904412		

T	6,95	
T	0,020	0,227431

T 5,66

K : Matriz de Rigidez.

ω: Frecuencia angular

M: Matriz de masas

M1: Mi + Ms

Mi: Masa impulsiva.

Ms: Masa de la estructura.

M2: Masa convectiva (Mc).

K1: Rigidez de la masa convectiva (Kc).

K2: Rigidez de la masa impulsiva (Ki).

$$\omega^2 = \frac{(K_1 M_2 + K_2 M_1 + K_2 M_2) \pm \sqrt{(K_1 M_2 + K_2 M_1 + K_2 M_2)^2 - 4 K_1 K_2 M_1 M_2}}{2 M_1 M_2} \quad (52)$$

### AUTOCAD INERCIA

	Inercia x m4	Inercia y m4
CONO	47,89	47,89
CILINDRO	1,24	1,24
COLUMNAS	34,39	34,13
	83,52	83,26

```
Area: 8.73
Perimeter: 41.55
Bounding box: X: -3.52 -- 3.52
               Y: -3.52 -- 3.52
Centroid: X: 0.00
           Y: 0.00
Moments of inertia: X: 47.89
                   Y: 47.89
```

```
Area: 1.57
Perimeter: 15.71
Bounding box: X: -1.35 -- 1.35
               Y: -1.35 -- 1.35
Centroid: X: 0.00
           Y: 0.00
Moments of inertia: X: 1.24
                   Y: 1.24
```

```
Area: 3.98
Perimeter: 26.30
Bounding box: X: -4.75 -- 4.75
               Y: -4.75 -- 4.75
Centroid: X: 0.00
           Y: 0.00
Moments of inertia: X: 34.39
                   Y: 34.13
Product of inertia: XY: 0.00
Radii of gyration: X: 2.94
                  Y: 2.93
```

Sección	U1	he	Deriva rel	Deriva abs	Deriva lim	Cumple
	mm	mm	mm	mm	-	-
Cúpula superior	17,758	950	1,148758	0,00120922	0,01	CUMPLE
Cono Truncado 3	16,609	4750	3,910042	0,00082317	0,01	CUMPLE
Cono Truncado 2	12,699	8050	7,778314	0,00096625	0,01	CUMPLE
Cúpula inferior	4,921	1189	0,271621	0,00022844	0,01	CUMPLE
Cono Truncado 1	4,649	5950	4,649442	0,00078142	0,01	CUMPLE

<b>P<sub>x</sub></b>	2852,235	kN
<b>Δ</b>	4,649442	mm
<b>l<sub>e</sub></b>	1,5	-
<b>V<sub>x</sub></b>	7201,88	kN
<b>h<sub>sx</sub></b>	5,95	m
<b>C<sub>d</sub></b>	2	-

1210,4

<b>θ</b>	0,000232	<0.1
----------	----------	------

**12.8.7 P-Delta Effects.** P-delta effects on story shears and moments, the resulting member forces and moments, and the story drifts induced by these effects are not required to be considered where the stability coefficient (θ) as determined by the following equation is equal to or less than 0.10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (12.8-16)$$

where

$P_x$  = total vertical design load at and above level  $x$  [kip (kN)]; where computing  $P_x$ , no individual load factor need exceed 1.0;

$\Delta$  = design story drift as defined in Section 12.8.6 occurring simultaneously with  $V_x$  [in. (mm)];

$I_e$  = Importance Factor determined in accordance with Section 11.5.1;

$V_x$  = seismic shear force acting between levels  $x$  and  $x - 1$  [kip (kN)];

$h_{sx}$  = story height below level  $x$  [in. (mm)]; and

$C_d$  = deflection amplification factor in Table 12.2-1.

The stability coefficient (θ) shall not exceed  $\theta_{max}$ , determined as follows:

Rext 8  
 Rint 1  
 Hincial 0,5  
 Area 201,06193 m2  
 Volumen 100,530965 m3  
 Ysuelo 20,896 kN/m3  
 Yha 24 kN/m3  
 Wha 2412,74316 kN  
 Wsuelo 4201,47331 kN/m  
 qadm 1 10 Kg/cm2  
 qadm 2 6 Kg/cm3

Rext	8	
Rint	1	
Hincial	0,5	
Area	201,062	m2
Volumen	100,531	m3
Ysuelo	20,896	kN/m3
Yha	24	kN/m3
Wha	2412,743158	kN
Wsuelo	4201,473314	kN/m
qadm	7600	kPa
qadm	77,444	kgf/cm2

\*Df 980,66 kPa  
 588,399 kPa

DATOS ING

Fz	16389	kN
Mv	60347,8225	kN*m
Fs	3	
Df	0,91127326	
Acimen	2,38165772	m2
	quc	38
	c'	
K30	912000	kN/m3

4201,47 kN  
 4201473,31 N  
 0,021  
 201061929,8 mm

7,6 Mpa  
 7600 kPa  
 77,444 kp/cm2

1000 kgf = 9,81 KN

	Masa (g)
1	597,59
3	589,2
2	517,55
6	498,03
4	485,6
5	482,64
7	467,8

	D	H	
	519,77	55,19	102 mm
	0,519772857	0,055	0,102
	Area	0,002392	m2
	Volumen	0,000244	m3
	Peso especifico	2130,11355	kg/m3

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m
Sismo Dina...	LinRespSpec	Max	4956.153	0.001337	193.617	0.0028	69347.8225

	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m
▶	S1.4	Combination	Max	3469.307	0.0009359	16389.948	0.0019	42243.4758	0.0006302
	S1.4	Combination	Min	-3469.307	-0.0009359	16118.885	-0.0019	-42243.4758	-0.0006302



		Longitudinal		D estribos	Estribo		CANTIDAD DE VARILLAS		Longitud Vertical	Longitud Horizontal	Cantidad Varillas Verticales	Cantidad Varillas Horizontales
		diámetro (mm)	Top		Bottom	Top	Bottom	Longitudinal				
Cupula Tapa	1 sección	8	16	15	8	118	106	31	224	3,7219	23,50	60,71
Cono 3	1 sección	16	17	17	16	230	220	34	450	6,9601	33,68	69,48
	2 sección	20	14	14				28			45,99	107,32
Cono 2	1 sección	25	42	42	28	222	201	84	423	10,5683	45,99	321,95
	2 sección	32	28	28				56			33,68	157,16
Cono 1	1 sección	28	18	18	25	95	75	36	170	7,7949	22,12	66,35
	2 sección	25	27	27				54			15,90	71,53
Cupula losa	1 sección	16	7	7	22	213	206	14	419	3,8875	11,18	135,74
	2 sección	28	8	8				16			20,58	27,44
Cilindro	1 sección	18	130	130	18	58	44	260	102	19,00	7,54	161,50
Vigas N2	Sup	14		4	10		41	64			5,67	
	Infe	14		4								
Vigas N3	Sup	12		3	10		30	48			2,03	
	Infe	12		3								
Columnas		28		22				176		8,82		129,36

613

Estribos	Cantidad	Volumen inf	Volumen med	Volumen sup	PROM	Volumen varilla	Cantidad por columna	Cantidad Total
		[cm <sup>3</sup> ]			[cm <sup>3</sup> ]			
Grande	54	423,9	507,54	565,82	499,09	1847,26	14,59	116,72
Pequeño	108	258	270,36	286,48	271,61	1847,26	15,88	127,04
Vincha	54	169,44	205,21	232,34	202,33	1847,26	5,91	47,32
Vincha doble	11		1085			1847,26	6,46	51,69

Estribos	Cantidad	Volumen Total	Volumen varilla	Cantidad Total
Viga N3	30	3272,23	942,48	27,78
Viga N2	41	5273,96	942,48	44,77

Sección	Volumen malla	Ø varilla	Volumen varilla	Cantidad Total	Peso varilla	Peso TOTAL
Cimentación	686015,27	18	3053,63	224,66	23,976	5386,35
	681956,49	18	3053,63	223,33	23,976	5354,48
						10740,83

Diámetro varilla	Cantidad	Peso [kg]	Peso total [kg]
8	130,18	4,74	617,06
10	72,54	7,404	537,10
12	8,12	10,656	86,53
14	373,00	14,496	5407,01
16	369,47	18,936	6996,33
18	772,85	23,976	18529,74
20	107,32	29,59	3175,50
22	135,74	35,808	4860,53
25	503,91	46,236	23298,89
28	595,68	58,008	34554,18
32	157,16	75,756	11906,07
			109968,94

Diámetro nominal	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	mm
Área = $\pi r^2$	0.503	0.786	1.131	1.539	2.011	2.545	3.142	3.801	4.509	5.158	8.043	cm <sup>2</sup>
Perímetro = $2 \pi r$	2.513	3.142	3.770	4.398	5.027	5.655	6.283	6.912	7.854	8.797	10.053	cm
Masa	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	1.998	2.466	2.984	3.853	4.843	6.313	kg/m
Masa de 1 varilla												
de 6 m	2.370	3.702	5.328	7.248	9.468	11.988	14.796	17.904	23.118	29.004	37.878	kg
de 9 m	3.555	5.553	7.992	10.872	14.202	17.982	22.194	26.856	34.677	43.506	56.817	kg
de 12 m	4.740	7.404	10.656	14.496	18.936	23.976	29.592	35.808	46.236	58.008	75.756	kg
Número de varillas en 45.36 kg (1 quintal)	19.139	12.253	8.513	6.258	4.791	3.784	3.006	2.533	1.962	1.564	1.198	de 6 m
	12.759	8.169	5.676	4.172	3.194	2.523	2.004	1.689	1.308	1.043	0.798	de 9 m
	9.570	6.126	4.257	3.129	2.395	1.892	1.533	1.267	0.981	0.782	0.599	de 12 m

Sección	Ø varilla	Cantidad	Peso varilla	Peso TOTAL
Cono 1	25	181,96	46,236	8413,19
	28	66,35	58,008	3848,86
Cono 2	25	321,95	46,236	14885,70
	28	372,53	58,008	21609,87
	32	157,16	75,756	11906,07
Cono 3	16	356,42	18,936	6749,25
	20	107,32	29,59	3175,50
Cupula sup	8	130,18	4,74	617,06
Cupula inf	16	13,05	18,936	247,08
	22	135,74	35,808	4860,53
	28	27,44	58,008	1591,54
Cilindro	18	324,86	23,976	7788,91
				85693,56

Sección	Ø varilla	Cantidad	Peso varilla	Peso TOTAL
Vigas 2	14	30,24	14,496	438,36
	10	44,77	7,404	331,45
Vigas 3	12	8,12	10,656	86,53
	10	27,78	7,404	205,65
				1061,99

Sección	Ø varilla	Cantidad	Peso varilla	Peso TOTAL
Columnas	28	129,36	58,008	7503,91
	14	342,76	14,496	4968,65
				12472,57

Elemento	m3	Volumen Revit	
Muros	217,64		0,225
Cono1	28,821		
Cono2	87,168		
Cono 3	58,518		
Cilindro int	29,204	29,91086	
Vigas	12,416		
Vigas N2	9,44		
Vigas N3	2,976		
Columnas	6,71	53,68	
Cubierta	5,34		
Losa abovedada	7,886		
Cimentación	141,77		

IMPERMEABILIZADO			
Sección	Altura	Perimetro	Area
Cilindro	11,62	8,48	98,56

Sección	g	r	R	Area
Cono 2	8,3612	3,28	6,81	265,04
Cono 3	5,2469	3,73	6,81	173,74

	r	h	Area
Cupula inf	3,28	1,35	39,52
			576,86

ENLUCIDO				
Sección	g	r	R	Area
Cono 1	6,33	1,5	3,52	99,83
Cono 2	8,86	3,52	7,32	301,73
Cono 3	6,34	3,74	7,32	220,29

	r	h	Area
Cupula sup	3,74	1	47,08
			668,93

2,356194  
1,649336  
0,706858

Volumen h total m3 426



Sección	Ø varilla	Longitud [mm]	Cantidad	Peso varilla	Peso TOTAL
Cono 1	25	2574000	214,50	46,236	9917,62
	28	842000	70,17	58,008	4070,23
Cono 2	25	3782000	315,17	46,236	14572,05
	28	5076000	423,00	58,008	24537,38
	32	1858000	154,83	75,756	11729,55
Cono 3	16	4702000	391,83	18,936	7419,76
	20	942000	78,50	29,59	2322,82
Cupula sup	8	462000	38,50	4,74	182,49
	16	204000	17,00	18,936	321,91
Cupula inf	22	1676000	139,67	35,808	5001,18
	28	366000	30,50	58,008	1769,24
Cilindro	18	4844000	403,67	23,976	9678,31
					<b>91522,55</b>

Sección	Ø varilla	Longitud [mm]	Cantidad	Peso varilla	Peso TOTAL
Vigas 2	14	512000	42,67	14,496	618,50
	10	537264	44,77	7,404	331,49
Vigas 3	12	192000	16,00	10,656	170,50
	10	322112	26,84	7,404	198,74
					<b>1319,23</b>

Sección	Ø varilla	Longitud [mm]	Cantidad	Peso varilla	Peso TOTAL
Columnas	28	2096000	174,67	58,008	10132,06
	14	5089800	424,15	14,496	6148,48
					<b>16280,54</b>

	CE	CI
Cupula Tapa	118	106
<b>Cono 3</b>	<b>230</b>	<b>220</b>
<b>Cono 2</b>	<b>222</b>	<b>201</b>
<b>Cono 1</b>	<b>95</b>	<b>75</b>
<b>Cupula losa</b>	<b>213</b>	<b>206</b>
<b>Cilindro</b>	<b>58</b>	<b>44</b>

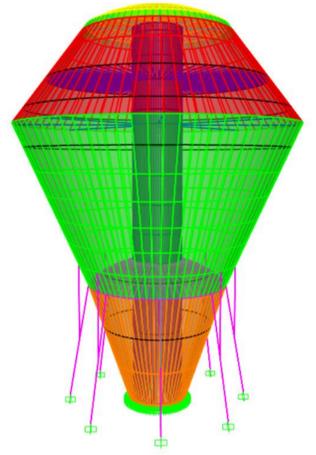
Sección	Volumen malla	Ø varilla	Volumen varilla	Cantidad Total	Peso varilla	Peso TOTAL
Cimentación	686015,27	18	3053,63	224,66	23,976	5386,35
	681956,49	18	3053,63	223,33	23,976	5354,48
						<b>10740,83</b>

Volumen acero <sup>kg</sup> 119863

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE RESERVORIO DE AGUA PARA CAMPUS GUSTAVO GALINDO

## PROBLEMA

El suministro de agua en el **Campus Gustavo Galindo** ha enfrentado desafíos debido a pérdidas en la distribución, uso ineficiente en áreas verdes, crecimiento poblacional y el deterioro del reservorio. López y Zambrano (2021) reportaron pérdidas del **71%** desde 2017. Las dificultades de acceso, especialmente a través del lago, obstaculizan el mantenimiento de tuberías. Por lo tanto, se propone construir un nuevo reservorio para abordar estos problemas.

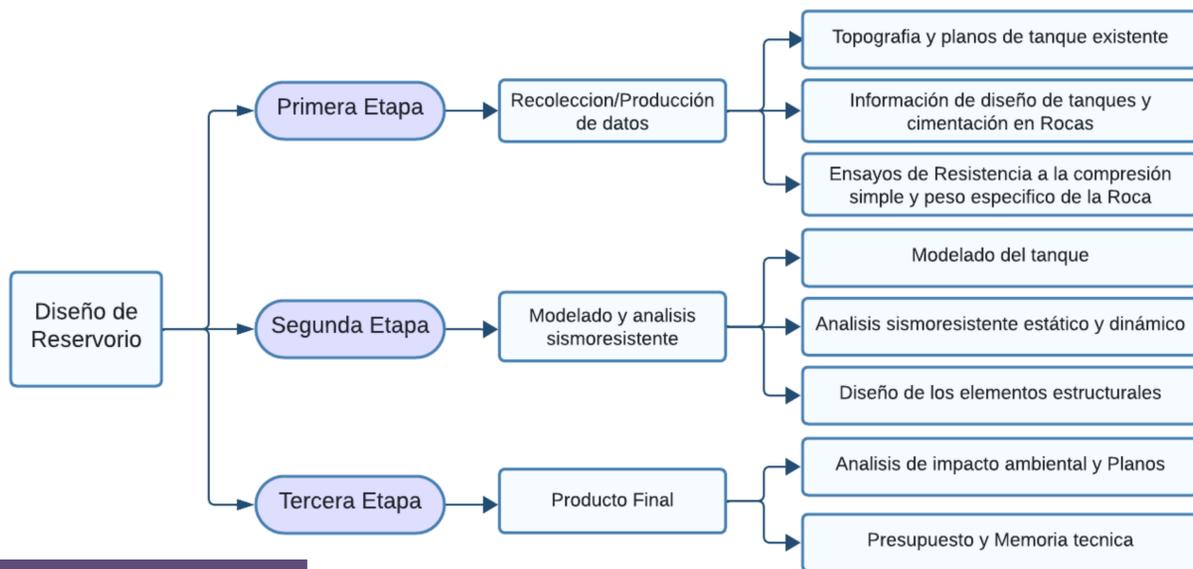


## OBJETIVO GENERAL

**Diseñar** un reservorio de agua potable mediante el **análisis geotécnico y estructural**, para el debido abastecimiento de la comunidad politécnica en el Campus Gustavo Galindo.

## PROPUESTA

Se propuso un diseño sismorresistente de un reservorio que conserve el modelo del tanque existente, siguiendo tres etapas clave.

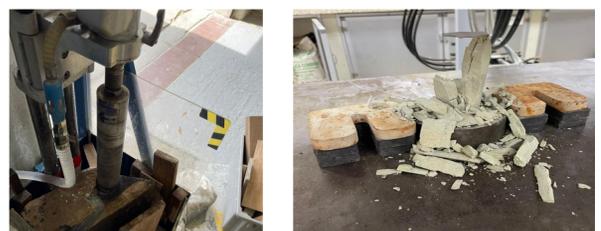
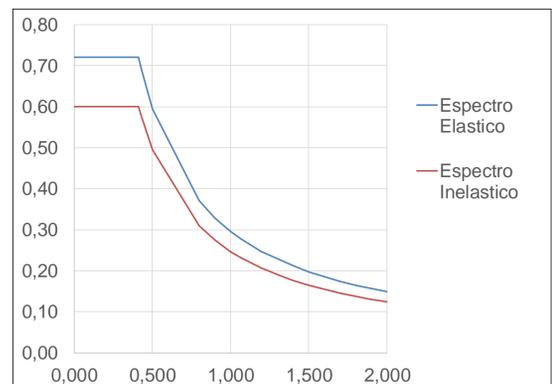


## RESULTADOS

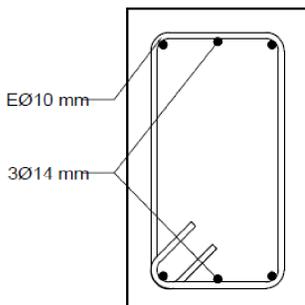
CARACTERÍSTICAS	MAGNITUD	Periodo Fundamental	
Resistencia a la compresión $f'_c$ [kgf/m <sup>2</sup> ]	300	T [seg]	5.66
Resistencia de fluencia del acero $F_y$ [kgf/m <sup>2</sup> ]	4200		

Items	Magnitud	Cargas consideradas
Volumen de agua [m <sup>3</sup> ]	1000	Carga Muerta
Peso del acero [kg]	119863	Carga Viva
Volumen de hormigón [m <sup>3</sup> ]	426	Presión del agua
Diámetro mayor del tanque [m]	13.98	Carga Sísmica
Espesor de muros [m]	0.3	

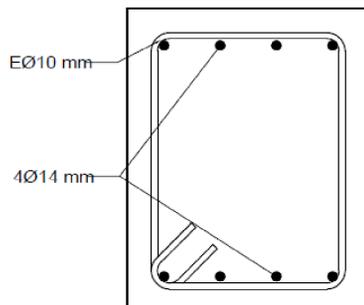
Datos de la Roca	Magnitud
Capacidad portante $q_{adm}$ [kgf/cm <sup>2</sup> ]	77
Resistencia a la compresión simple [MPa]	38
Peso específico [kN/m <sup>2</sup> ]	21



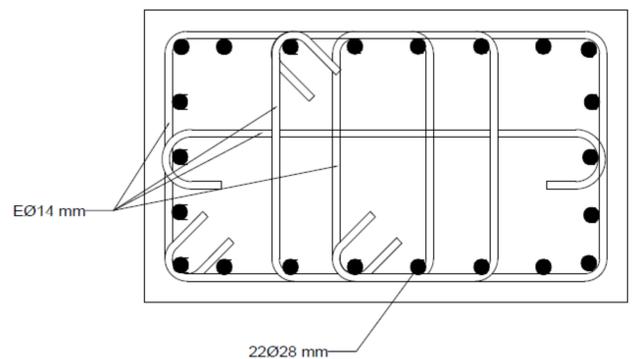
VIGAS 30X50 CM



VIGAS 40X50 CM



COLUMNAS 95X55 CM



## CONCLUSIONES

- Para el acero requerido se realizó un análisis detallado de las paredes, columnas, vigas y losa de cimentación del tanque bajo condiciones gravitacionales y sísmicas utilizando SAP2000 y SAFE bajo la normativa de diseño de tanques ACI-150-3.06, NEC 2015 Y AISC 318-19.
- La evaluación de participación de masas sugiere un comportamiento estable de la estructura, así mismo, se verificó el periodo fundamental de la estructura, cumpliendo con la normativa y asegurando la rigidez del reservorio.
- Se analizó el desplazamiento lateral total del reservorio debido al impacto sísmico, cumpliendo con los límites establecidos por normativas, además, se verificó que el análisis de segundo orden (P-Δ) cumplía con un valor inferior a 0.1.
- Se realizó un análisis del impacto ambiental, revelando una considerable pérdida de vegetación con un índice de impacto ambiental negativo. Sin embargo, se anticipa un progreso institucional positivo.