



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA



“Equipo caminero para movimiento de tierras características y cálculo del rendimiento de la maquinaria”

Caso particular:

Plataforma de relleno para la urbanización Farallón en La Isla Mocolí del Cantón Samborondón, Provincia del Guayas.

Ubicación: Vía Samborondón Km. 7.5

Tesina para la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Gustavo Chiriboga Benites

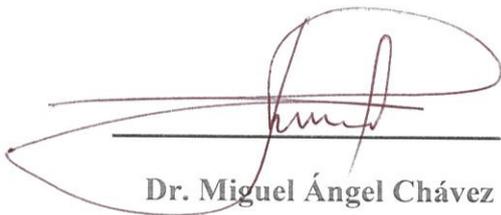
Manuel Rivera Rivera

Director: Ing. Eduardo Santos Baquerizo

Guayaquil – Ecuador

AÑO 2013

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Dr. Miguel Ángel Chávez
DELEGADO DEL DECANO



Ing. Eduardo Santos Baquerizo
DIRECTOR DE TESINA

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Santos Baquerizo
DIRECTOR DE SEMINARIO

Ing. Manuel Gómez de la Torre
DIRECTOR DE SEMINARIO

DEDICATORIA

Dedicamos este documento de graduación a nuestros padres y familiares, puesto que sin su gran apoyo emocional y moral no habiéramos podido lograr nuestras metas profesionales que se ven reflejadas en la actualidad.

A nuestros amigos y profesores que a lo largo de nuestras vidas se interesaron en nuestro desarrollo como individuos de bien, con lo cual esperamos a contribuir de manera positiva a nuestra sociedad.

Los autores

AGRADECIMIENTO

Indudablemente han contribuido indirectamente de gran manera a la conclusión de este trabajo muchas personas a las cuales quisiéramos agradecer puesto que somos actualmente un reflejo de todas las experiencias que hemos vivido.

Por ello, principalmente a nuestros padres ya que le debemos absolutamente todo, nunca terminaremos de saldar la infinita deuda de amor, paciencia y protección.

Gracias.

Los autores

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1.....	1
1.1. INTRODUCCION.....	2
1.2. Objetivo General.....	2
1.3. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación.....	3
CAPITULO 2.....	4
2.1. Antecedentes del proyecto.....	5
2.2. El proyecto.....	6
2.3. Ubicación.....	7
2.4. Tipo de contratación.....	9
CAPITULO 3.....	13
MOVIMIENTO DE TIERRA.....	14
3.1.1. Concepto.....	14
3.1.1.1 Aplicado al proyecto.....	14
3.1.2. Topografía.....	15
3.1.2.1. Planimetría.....	16
3.1.2.2. Altimetría.....	18
3.1.2.3. Cotas de terreno natural.....	18
3.1.2.4. Cotas de proyecto.....	19
3.1.3. Calculo de volúmenes.....	20
3.1.4. Diagramas de masa.....	21

3.1.5. Corte y relleno por compensación.....	23
3.1.6. Distancias de acarreo.....	23
3.1.6.1. Alcance.....	23
3.1.6.2. Medida de los acarreos.....	24
3.1.6.3. Acarreo libre o distancia de libre transporte.....	24
3.1.6.4. Sobreacarreo.....	25
3.1.6.5. Longitud sobreacarreo económico (Le).....	26
3.1.6.6. Longitud total de acarreo.....	27
CAPITULO 4.....	28
4.1. ETAPAS DEL TRABAJO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	29
4.1.1. Análisis del plan de acción.....	29
4.1.2. Explotación.....	31
4.1.3. Acondicionamientos en obra.....	32
4.1.3.1. Acondicionamiento de la zona de trabajo en cantera...	32
4.1.3.1.1. Desbroce y limpieza.....	32
4.1.3.1.2. Despalme.....	33
4.1.3.1.3. Manejo de aguas superficiales.....	33
4.1.3.1.4. Fracturación de rocas inducida.....	34
4.1.3.2. Acondicionamiento de la zona de trabajo en el relleno.	34
4.1.3.2.1. Desbroce y limpieza.....	35
4.1.3.2.2. Manejo de aguas superficiales.....	35

4.1.3.2.3. Manejo de aguas subterráneas.....	35
4.1.3.2.4. Abatimiento del nivel freático.....	35
4.1.3.3. Despacho.....	36
4.1.3.4. Transporte o acarreo del material de relleno.....	37
4.1.3.5. Tendido del material.....	38
4.1.3.6. Hidratación y compactación.....	39
4.1.4. Listado de maquinaria empleada en el movimiento de tierras	40
4.1.4.1. Tractores.....	41
4.1.4.1.1. Sobre orugas-bulldozers.....	41
4.1.4.1.2. Palanca potencia.....	42
4.1.4.1.3. Tracción directa.....	42
4.1.4.1.4. Especificaciones de tractores.....	42
4.1.4.1.5. Escarificadores o rippers.....	44
4.1.4.1.6. Tipos de escarificadores.....	45
4.1.4.1.6.1. Radial.....	45
4.1.4.1.6.2. Inclinación variable del diente.....	45
4.1.4.1.6.3. Bastidor rígido u oscilante.....	45
4.1.4.2. Excavadoras.....	45
4.1.4.2.1. Orugas vs ruedas.....	45
4.1.4.2.2. Excavadoras de oruga.....	46
4.1.4.3. Volquetas.....	46
4.1.4.3.1. Volqueta estándar.....	46

4.1.4.3.2. Volquetas fuera de carretera o bañeras.....	47
4.1.4.4. Motoniveladora.....	49
4.1.4.5. Rodillo compactador.....	50
4.1.4.5.1. Tipos de compactadores.....	51
4.1.4.5.1.1. Rodillos estáticos.....	51
4.1.4.5.1.2. Tambor Vibratorio (sencillo).....	51
4.1.4.5.1.2.1. Cilindro liso.....	51
4.1.4.5.1.2.2. Cilindro de pisones.....	52
4.1.5. Selección de equipo.....	52
4.1.5.1. Tractores del proyecto.....	53
4.1.5.1.1. Tractor KOMATSU D155-AX-6.....	53
4.1.5.1.1.1. Características mecánicas.....	55
4.1.5.1.1.2. Funciones a realizar en el proyecto	59
4.1.5.1.2. Tractor KOMATSU D61-PX.....	60
4.1.5.1.2.1. Características mecánicas.....	61
4.1.5.1.2.2. Funciones a realizar en el proyecto	65
4.1.5.1.3. Tractor KOMATSU D65-EX.....	66
4.1.5.1.3.1. Características mecánicas.....	67
4.1.5.1.3.2. Funciones a realizar en el proyecto	71
4.1.5.2. Excavadoras del proyecto.....	71
4.1.5.2.1. Excavadora PC450.....	72
4.1.5.2.1.1. Características mecánicas.....	73

4.1.5.2.1.2. Funciones a realizar en el proyecto...	78
4.1.5.2.2. Excavadora PC350.....	78
4.1.5.1.1.1. Características mecánicas.....	79
4.1.5.1.1.2. Funciones a realizar en el proyecto...	85
4.1.5.2.3. Excavadora PC200.....	85
4.1.5.2.3.1. Características mecánicas.....	86
4.1.5.2.3.2. Funciones a realizar en el proyecto...	92
4.1.5.3. Volquetas del proyecto.....	93
4.1.5.3.1. Volqueta un tándem cap. Hasta 9 m3.....	93
4.1.5.3.1.1. Características mecánicas.....	94
4.1.5.3.1.2. Funciones a realizar en el proyecto....	95
4.1.5.3.2. Volquetas dos tándem cap. Hasta 16 m3.....	95
4.1.5.3.2.1. Características mecánicas.....	96
4.1.5.3.2.2. Funciones a realizar en el proyecto...	97
4.1.5.3.3. Volqueta tipo tráiler o bañera 18 m3–30m3.....	98
4.1.5.3.3.1. Características mecánicas.....	98
4.1.5.3.3.2. Funciones a realizar en el proyecto.....	100
4.1.5.4. Motoniveladora del proyecto.....	100
4.1.5.4.1. Motoniveladora GD 555.....	101
4.1.5.1.1.1. Características mecánicas.....	102
4.1.5.1.1.2. Funciones a realizar en el proyecto	106

4.1.5.5. Rodillo compactador del proyecto.....	107
4.1.5.5.1. Rodillo bomag - BW212 D40.....	107
4.1.5.5.1.1. Características mecánicas.....	108
4.1.5.5.1.2. Funciones a realizar en el proyecto	109
4.1.6. Descripción de los trabajos a realizar.....	110
CAPITULO 5.....	111
5.1. Rendimiento de maquinarias y métodos para su cálculo.....	112
5.1.1. Descripción del rendimiento de la maquinaria pesada.....	112
5.1.1.1. Tipos de estados del material pétreo.....	113
5.1.1.1.1. Material en banco.....	113
5.1.1.1.2. Material suelto.....	113
5.1.1.1.3. Material compactado.....	113
5.1.2. Factores que afectan el rendimiento de la maquinaria.....	113
5.1.3. Métodos para el cálculo del rendimiento de la maquinaria.	114
5.1.3.1. Método Grafico.....	115
5.1.3.2. Método mediante formulas.....	121
5.1.3.2.1. Factor de eficiencia en tiempo.....	123
5.1.3.2.2. Factor de operación.....	124
5.1.3.2.3. Factor de administración de obra.....	125
5.1.3.2.4. Factor de tipo de material.....	125
5.1.3.2.5. Factor de carga.....	126
5.1.3.2.6. Factor del estado del material.....	127

5.1.3.2.7. Factor del esponjamiento.....	128
5.1.3.2.8. Factor de maniobra y alcance.....	130
5.1.3.2.9. Factor por pendiente de terreno.....	130
5.1.3.2.10. Factor de camino.....	131
5.1.3.2.11. Factor de clima, lluvia.....	134
5.1.3.2.12. Factor de uso.....	134
5.1.3.2.12.1. Producción teórica.....	134
5.1.3.2.12.2. Producción real.....	134
5.1.3.2.12.3. Ciclo de trabajo de las maquinas.....	134
5.1.3.2.12.4. Tiempos fijos.....	135
5.1.3.2.12.4. Tiempos variables.....	135
5.1.3.2.13. Factor de altitud sobre el nivel del mar....	135
5.1.3.2.14. Factor de desperdicio.....	136
5.1.3.2.15. Factor de humedad.....	136
5.1.3.3. Método por observación directa.....	137
CAPITULO 6.....	138
6.1. Valoración y cálculos de las maquinas que usaremos en este proyecto.....	139
6.1.1. Calculo del rendimiento para tractores del proyecto.....	141
6.1.2. Calculo del rendimiento para excavadoras del proyecto....	142
6.1.3. Calculo del rendimiento para volquetas del proyecto.....	143
6.1.4. Calculo del rendimiento para motoniveladora del proyecto.	146

6.1.5. Calculo del rendimiento para rodillo compactador del proyecto.....	147
6.2. Equipo caminero para la explotación de la cantera.....	148
6.2.1. Rendimiento del tractor KOMATSU D155-AX-6.....	148
6.2.2. Rendimiento de la excavadora PC450.....	154
6.2.3. Rendimiento de la excavadora PC350.....	156
6.1.2.3. Rendimiento de la excavadora PC200.....	158
6.3. Equipo caminero para el acarreo del material pétreo.....	160
6.3.1. Rendimiento de la volqueta de un tándem cap. Hasta 9m3.....	160
6.3.2. Rendimiento de la volqueta de dos tándem cap. Hasta 16 m3.....	162
6.3.3. Rendimiento de la volqueta tipo tráiler o bañera 18 m3 – 30 m3.....	164
6.4. Equipo caminero para la ejecución del relleno.....	166
6.4.1. Rendimiento del tractor KOMATSU D61-PX.....	165
6.4.2. Rendimiento del tractor KOMATSU D65-EX.....	171
6.4.3. Rendimiento de la motoniveladora GD-555.....	174
6.4.4. Rendimiento del rodillo bomag - BW212 D40.....	176
CAPITULO 7.....	180
7.1. Resultados obtenidos.....	181
7.1.1. Resultados del equipo caminero para el proyecto.....	181
7.1.1.1. Resultado para tractor KOMATSU D155-AX-6.....	182

7.1.1.2. Resultado para excavadora PC450.....	183
7.1.1.3. Resultado para excavadora PC350.....	184
7.1.1.4. Resultado para excavadora PC200.....	185
7.1.1.5. Resultado para volqueta de un tándem cap. Hasta 9m3..	186
7.1.1.6. Resultado para volquetas de dos tándem cap. Hasta 16 m3.....	187
7.1.1.7. Resultado para volqueta tipo tráiler o bañera de 18 m3 – 30 m3.....	189
7.1.1.8. Resultado para tractor KOMATSU D61-PX.....	191
7.1.1.9. Resultado para tractor KOMATSU D65-EX.....	192
7.1.1.10. Resultado para motoniveladora GD 555.....	193
7.1.1.11. Resultado para rodillo bomag - BW212 D40.....	194
CAPITULO 8.....	196
8.1. Conclusiones y recomendaciones.....	197
8.1.1. Conclusiones.....	197
8.1.2. Recomendaciones.....	198
BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

Para este trabajo de investigación debemos plantearnos previamente una hipótesis para desarrollar una investigación en función a los conocimientos que hemos adquirido en el periodo de educación de tercer nivel. Para esto hemos pensado en describir y analizar el rendimiento de las maquinarias usadas en el proyecto al que nos referiremos a continuación, con la finalidad de aplicar una correcta asignación de equipos en las distintas áreas de trabajo y así optimizar los costos propios de un movimiento de tierra y de esta manera obtener una mayor utilidad.

1.2. OBJETIVO GENERAL

En la ingeniería civil, una de las actividades más importantes es la del movimiento de tierras, en la cual la maquinaria pesada es la parte fundamental. El centro del presente documento será estudiar dicha maquinaria, teniendo en cuenta de que no se pueden analizar todas las maquinarias requeridas para dicha rama, se presenta el análisis de las maquinarias usadas en el relleno de la urbanización Farallón en la Isla Mocolí. Para cumplir el objetivo se realizara una caracterización de los equipos a usarse en el trabajo expuesto, para poder calcular el rendimiento óptimo y efectuar dicho trabajo de acuerdo a las especificadores técnicas requeridas en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón sin afectar los costos de la misma ni incrementar el tiempo de entrega del proyecto final.

1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos de este documento de investigación nos darán la pauta de cómo se debe realizar el cálculo real del rendimiento de los equipo para este caso en particular y de esta manera poder obtener datos más reales de costos y plazos para la ejecución de este proyecto, así como dar a conocer las principales características del equipo

camintero que se dispondrá para la realización del proyecto: Plataforma de relleno para la urbanización Farallón en La Isla Mocolí.

Es decir, específicamente describiremos las maquinas a usarse en este proyecto como, tractores, excavadoras, volquetas, compactadores y motoniveladora, y cuáles serán sus rendimientos reales de trabajo tanto como en la explotación de cantera, así como en las labores para el relleno de plataforma incluido el acarreo.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Como en todo proyecto tenemos algún grado de dificultad al realizarlo, en nuestro caso es obtener el rendimiento real de los equipos usados en el proyecto de la plataforma de relleno de la urbanización Farallón.

Teniendo como fundamento preliminar que los rendimientos teóricos de la maquinaria están debidamente establecidos en base a parámetros de las capacidades mecánicas de los equipos, se debe considerar también

las especificaciones técnicas requeridas para el material de relleno y los avances de volumen compactado diario en obra.

En base a esto efectuaremos la correcta selección del equipo para dicho trabajo en el desarrollo de esta tesis.

Para este caso en particular intervendrán factores que alteraran el rendimiento teórico, por esto nos vemos en la obligación de obtener con datos existentes, los rendimientos reales de las maquinarias seleccionadas.

CAPITULO 2

2.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En las últimas décadas hemos podido apreciar el crecimiento de la tasa habitacional que ha tenido el sector de la puntilla del cantón Samborondón en la Provincia del Guayas, donde se han asentado urbanizaciones de clases media-alta y alta, siendo las urbanizaciones construidas en la ISLA MOCOLI unas de las más exclusivas de la zona.

Su construcción comenzó en 1995. Eran arrozales y sus dueños, nueve comuneros que vendieron sus partes para formar una comunidad de bienes. Un marco legal que aquí no es muy conocido. Todos los que tenían hectáreas en Mocolí venden a una compañía y esta a su vez los lotiza y los entrega.

Esta empresa administra el proyecto, contrata y ejecuta las obras de infraestructura, reglamentación y ordenanza. No hay ayuda ni dinero municipal.

El plan original, hecho por un arquitecto de EE.UU., es el redondel central con tres vías principales y los nueve lotes. Ahora son once los propietarios encargados de convertir las 306 hectáreas en un sector moderno y privilegiado.

La isla tiene un proceso de asentamiento debido a que es arena y sedimentos lo que hay abajo. Para construir se hace una excavación y se rellena con un material granular clasificado de buena calidad y se compacta.

La inversión en Mocolí, desde 1997 al 2010, fue de \$ 13'442.934. Sin embargo, hay obras por terminar que demanda más de \$ 3'000.000.

Para el servicio eléctrico construyeron una subestación eléctrica dentro de Mocolí, con una tensión de 69 kilovatios para poder abastecer de energía y evitar futuros apagones. El estudio de impacto ambiental lo realizó Sambito, y CNEL cobrará por el servicio. En cada una de las urbanizaciones se ha creado plantas de tratamiento para aguas servidas

y reutilizar el agua para el riego. Aquí los propietarios de 20 hectáreas se agrupan para no hacer tantas plantas.

La recolección de basura en La Ensenada, la única urbanización habitada, tiene un centro de acopio que también será usado por Arrecife (urbanización aledaña).

Acerca de la seguridad, al ingreso se ubicará una garita principal conectada con las de las demás ciudadelas internas y cámaras para fotografiar a los vehículos. Alrededor de la isla se contratará un sistema de cámaras por temperatura.

2.2 EL PROYECTO

EL Proyecto de nuestro análisis es la plataforma de relleno de la urbanización Farallón situada en la Isla Mocolí cuyos propietarios son, la Promotora e Inmobiliaria LFG la misma que celebran un contrato para los trabajos específicos de movimiento de tierras con una empresa a la que llamaremos contratista.

En el cual la empresa contratista resolvió ejecutar los trabajos de movimiento de tierra considerando los siguientes rubros: desbroce,

excavación y desalojo, relleno compactado y reconformación de vías, acciones que estarán sujetas a los planos urbanísticos y al estudio de suelos, recomendaciones, diseños y especificaciones técnicas detalladas en el proyecto.

La cifra para el cálculo de relleno y explotación, se realizó de acuerdo a un volumen aproximado de trescientos sesenta mil metros cúbicos a razón de \$ 2.88 y el transporte de este material suelto por \$ 2.70. Obteniendo un total de \$ 5.93 DÓLARES AMERICANOS por metro cubico.

2.3 UBICACIÓN



Figura 1.- Imagen Satelital de Isla Mocoli, Google Earth

Coordenadas: 17 M 626819,00 m. E / 9766833,87 m. S

La isla Mocolí flota sobre el río Babahoyo, se ubica en el km 6 de la vía y la temperatura es menor en 5 grados centígrados que en Samborondón (una media de 17°). Es un nuevo concepto de urbanización en este sector. Para llegar a la isla, se debe cruzar un puente, construido hace diez años por \$ 4'500.000. Se recaudó el dinero por medio del Fideicomiso que conformaban los diez dueños de la isla.

El nivel de relleno de las vías, hecho por ellos mismos, es de 4,20 metros la cota. Tiene un sistema de trenes y geotextil, en caso de lluvia, este desfoga el agua.

Los terrenos van desde los 400 m² hasta de 3.000 m². En administración no dan una fecha en que la isla estará habitada completamente, pues cada propietario decide cuándo construir.

Con 55 ha forma parte de un complejo de cinco urbanizaciones manejadas por LFG, denominada Punta Mocolí (55,68 ha), con el 100% de los terrenos vendidos. La cota es de 4,40 m con respecto al nivel del

río. Por seguridad, hay un muro de contención además de cerco eléctrico.

2.4 TIPO DE CONTRATACIÓN

La empresa contratista ganadora del concurso promovido por la contratante PROMOTORA & INMOBILIARIA LFG. Se compromete y obliga a realizar los trabajos bajo la modalidad de precio unitario fijo, de conformidad con los documentos que se incorporan a dicho contrato, los mismos que han sido previamente aprobados por las partes, tales como, planos urbanísticos, especificaciones y memorias técnicas presentadas por la empresa Asesoría y Estudios Técnicos Compañía Limitada. A excepción de lo expuesto en el párrafo anterior, el presente contrato, por su condición de PRECIO UNITARIO FIJO en dólares de los Estados Unidos de América, no habrá ninguna clase de reajuste o modificación, es decir, que no se contempla reajuste de precios por mano de obra, precio de los materiales, precio de los combustibles, precio de equipos, modificaciones de cargas sociales, entre otros, así existan decretos gubernamentales que lo varíen en el presente o el futuro. La obra se la liquidará en base a la modalidad de precio unitario fijo y de acuerdo a la medición en sitio, es decir, en banco y con datos topográficos para establecer la cantidad de los rubros ejecutados, el resultado de esta

medición se multiplicara con el precio unitario fijo, lo que determinara el valor a cobrar por parte de la contratista.

CAPITULO 3

3.1 MOVIMIENTO DE TIERRA

Se entiende por movimiento de tierra a las etapas o acciones a efectuarse en un área determinada para posteriormente ejecutar una obra para lo cual previo a dicho proyecto se deben efectuarse los trabajos de replanteo.

Este trabajo de replanteo nos dará paso al uso de los dos datos fundamentales que son la cota de proyecto a realizarse y la cota del

terreno natural, las cuales nos definen el volumen necesario a ser movido y si dicho volumen es de relleno o de corte, es decir, con estos dos datos obtendremos los diagramas de masa del proyecto para proceder a la modificación del perfil natural del terreno haciendo uso de la maquinaria apropiada.

3.1.1 CONCEPTO DE MOVIMIENTO DE TIERRA.

Un movimiento de tierras consiste en una serie de trabajos, entre las que se encuentran la excavación, el transporte, el tendido de material, la nivelación del terreno, la hidratación del material y finalmente la compactación, que se llevan a cabo en un terreno determinado antes de comenzar la ejecución de una obra.

Las excavaciones de tierra se llevan a cabo antes de comenzar con el movimiento de tierras. Primero se suele limpiar el terreno de plantas, malezas o basura que pueda haber en él para que no contamine el material pétreo que se va a producir (cantera). Esta acción se denomina limpieza o desbroce. Tras este proceso, comienza la excavación y producción del material, el cual dependiendo de la necesidad del terreno y el tipo de proyecto a realizar se lo clasifica

previamente para su posterior transportación al sitio de disposición final.

Una vez que las volquetas llegan al lugar de disposición final del material este es colocado estratégicamente en stock donde se procederá a ser tendido, nivelado, hidratado y compactado, con lo que se formara un terraplén o plataforma de relleno y podrá dar paso a la construcción de estructuras civiles.

3.1.1.1. APLICADO AL PROYECTO

Como preliminar al inicio de la actividad de movimiento de tierras en el relleno de la urbanización Farallón en la Isla Mocolí es fundamental el estudio topográfico del área a rellenar para así tener la referencia del volumen a transportar desde cantera hacia la obra.

Una vez establecido el volumen a transportar se tendrán que efectuar los estudios de suelos necesarios para obtener las especificaciones técnicas que debe cumplir el material de relleno en base a las condiciones del terreno natural considerando los proyectos a realizar posteriormente sobre dicho relleno. Luego de tener dichas especificaciones y recomendaciones técnicas para el relleno de la

urbanización Farallón se procederá a la selección de la cantera que cumpla dichas especificaciones para el relleno.

Finalmente teniendo la información de las características del material de cantera se procederá a estimar el costo de producción del mismo para dar paso a la siguiente etapa la cual sería la negociación de precio unitario del m³ de relleno compactado, considerando los costos de las etapas fundamentales del movimiento de tierras las cuales son: explotación, transporte, tendido, hidratación y compactación, en base al plazo necesario para entrega de dicho proyecto lo cual estará íntimamente ligado al volumen diario de producción.

Es indispensable previo al acuerdo económico final en el precio unitario tener en consideración todos los aspectos que podrían dificultar la óptima ejecución del mismo y el cálculo del rendimiento de maquinaria se transforme en una actividad económica de alta eficiencia para la parte contratante Promotora e Inmobiliaria LFG y el contratista.

Esta obra de ingeniería civil denominada movimiento de tierras en grandes volúmenes será un logro de importancia trascendental en la

urbanización Farallón pues irán a constituir parte fundamental de la infraestructura de esta urbanización situada en la Isla Mocolí, tales como: edificios admirativos, áreas sociales, condominios, viviendas de dos y tres plantas, planta de tratamiento de desechos sólidos, entre otros.

3.1.2. TOPOGRAFIA

La topografía es una ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección. La topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala.

El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos en la superficie de la tierra, tanto en planta como en altura, los cálculos correspondientes y la representación en un plano (trabajo de campo + trabajo de oficina) es lo que comúnmente se llama "Levantamiento Topográfico". La topografía como ciencia que se

encarga de las mediciones de la superficie de la tierra se desenvuelve en la realización de las siguientes funciones:

1º En la elaboración del área destinada para la obra. Las características del terreno son la guía del Arquitecto, para la mejor distribución y ubicación de la obra, en sus aspectos funcionales y ornamentales; y del Ingeniero para conseguir la mayor rigidez, estabilidad y seguridad de ésta.

2º En la Geometrización del proyecto, donde se vinculan en forma analítica, los diferentes ejes de simetría de la obra, entre si mismo y con elementos fijos del terreno, (puntos permanentes) con fines de su posterior replanteo.

3º En el replanteo, mediante el cual se ubican en el terreno las diferentes partes de la obra, en las posiciones relativas señaladas en el proyecto.

Para la construcción de vías es necesario pasar por las siguientes etapas:

a) Planificación

- b) Anteproyecto
- c) Proyecto
- d) Construcción.

Existen partes de estas etapas que se logran con el auxilio de la Topografía, las cuales son:

- a) Estudio del área
- b) Estudio del trazado
- c) Anteproyecto
- d) Proyecto.

En topografía obtenemos una representación plana (en dos dimensiones) de la realidad tridimensional, proyectándola ortogonalmente sobre un plano horizontal.

La proyección ortogonal del terreno sobre un plano horizontal XY permitirá situar cualquier punto sobre el plano y dibujar en planta todos los detalles, pero será preciso introducir algún sistema para representar también la información correspondiente al eje vertical. Para el estudio operacional de la topografía se dividió en planimetría y altimetría.

3.1.2.1. PLANIMETRÍA

Planimetría es la parte del trabajo topográfico que consiste en determinar la situación de los puntos del terreno en el plano de proyección XY. Los instrumentos y métodos topográficos planimétricos son los que se emplean para realizar las mediciones que nos van a permitir obtener una representación planimétrica del terreno.

El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina Poligonal Base y es la que conforma la red fundamental o esqueleto del levantamiento, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés.

La poligonal base puede ser abierta o cerrada según los requerimientos del levantamiento topográfico.

Para la planimetría podemos usar la cita o el teodolito como instrumento universal. Las distancias con que se trabaja y que se marcan en planos, siempre son horizontales o se convierten a horizontales con datos auxiliares (ángulo vertical o pendiente). La

cinta determina las distancias con mayor exactitud, con teodolito tiene menor precisión en las distancias.

Implantación urbanística.

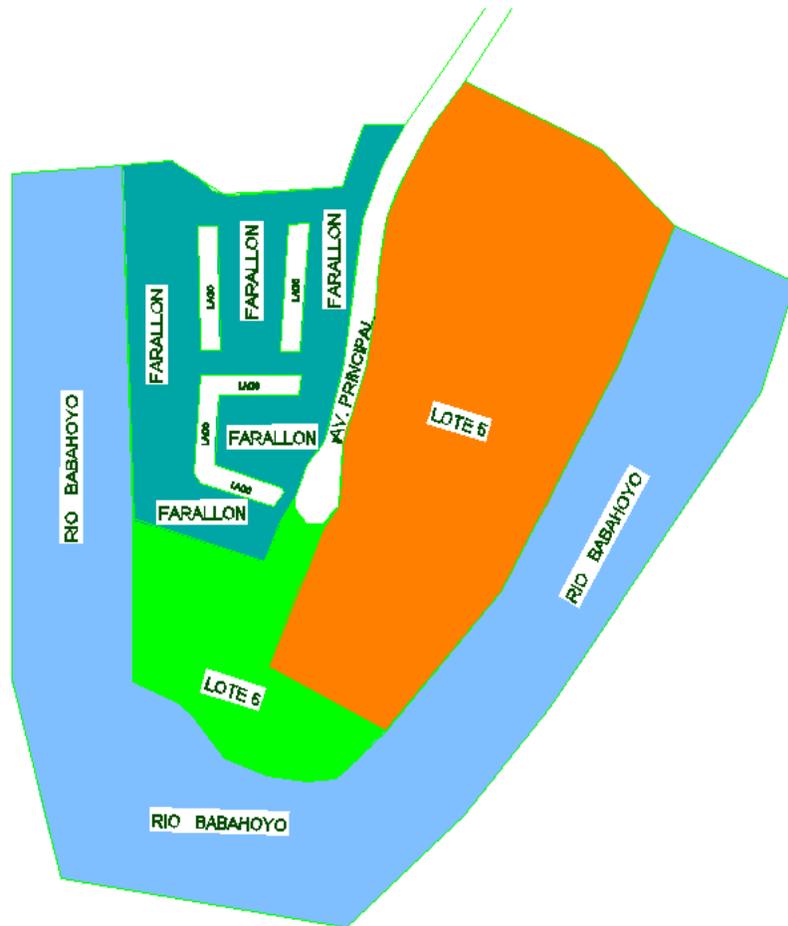


Figura 2.- Implantación de Ubicación del Proyecto Farallón, Plano urbanístico de Isla Mocoli

3.1.2.2. ALTIMETRÍA

La altimetría (también llamada hipsometría) es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.).

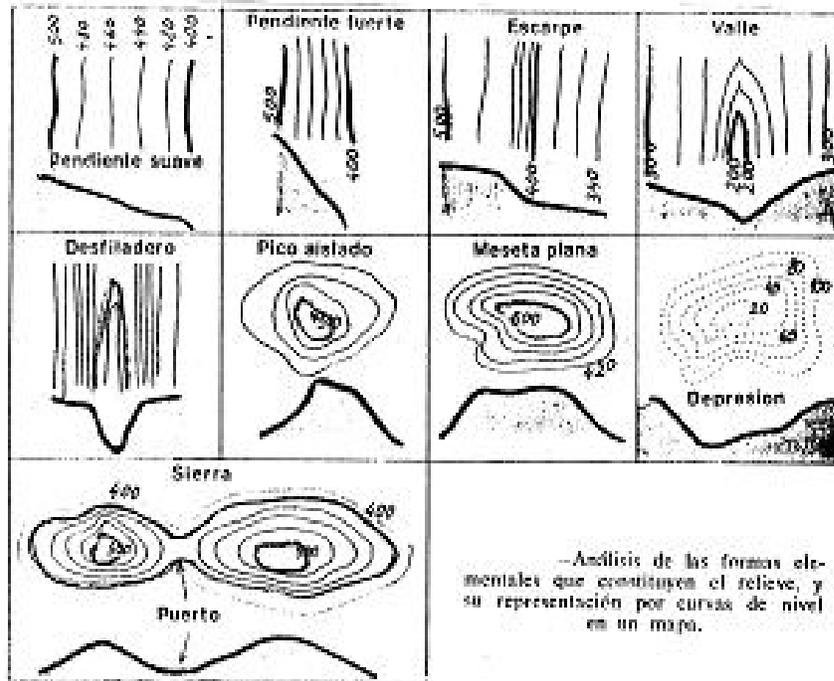


Figura 3.- Interpretación de Curvas de Nivel, Topografía Álvaro Torres

3.1.2.3 COTAS DE TERRENO NATURAL

Previo al arranque de una obra se toman datos del terreno natural sin ninguna alteración teniendo como referencia la implantación con la cual ubicamos el área a analizar, es decir, tomamos los datos de las cotas de terreno natural mediante un trabajo de altimetría la cual nos

indicara los puntos altos, bajos e intermedios de altura respecto a las del trabajo terminado.

3.1.2.4 COTAS DE PROYECTO

Es la cota final a cual tiene que llegar la modificación del terreno natural con el movimiento de tierra ya sea esta actividad de corte o relleno.

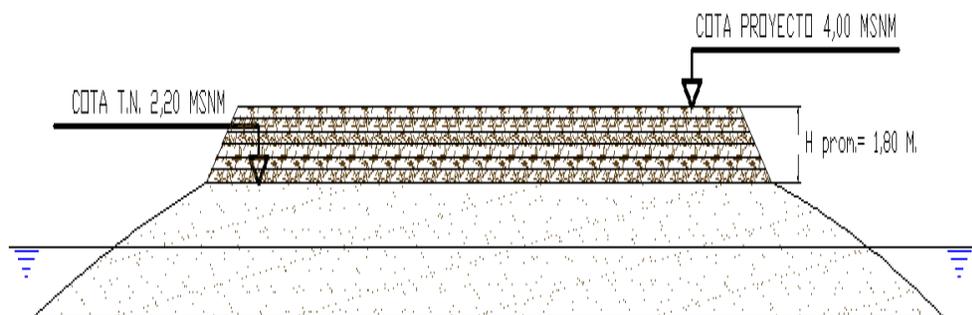


Figura 4.- Sección Tipo del Relleno de la Plataforma, Pliegos del contrato

3.1.3. CALCULO DE VOLÚMENES

El cálculo de volumen es el resultado de la diferencia de cotas de proyecto y cota de terreno natural, dicho volumen obtenido será el volumen total compactado que debemos rellenar o el volumen en

banco que debemos de cortar, ya sea la actividad necesaria a realizarse de relleno o de corte.

Para hacer más preciso este cálculo se usa el método de cuadrículas para determinar las áreas y los cortes con perfiles transversales y perfiles longitudinales para obtener el volumen.

VOLUMEN ENTRE SECCIONES TRANSVERSALES

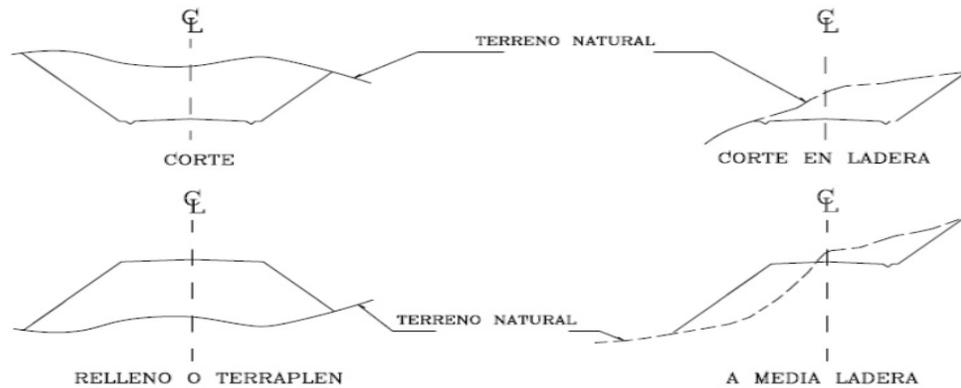


Figura 5.- Secciones Transversales de Corte y Relleno, Topografía Álvaro

Torres

3.1.4. DIAGRAMA DE MASAS

El principio básico del movimiento de tierra es excavar y rellenar solamente lo indispensable y acarrear los materiales la menor distancia posible y de preferencia cuesta abajo. Ante esta situación el diagrama de masa es de gran ayuda y se define al graficar la curva de masas, la cual es un gráfico que determina la acumulación de volúmenes de corte y relleno, su compensación longitudinal, determinación de las distancias de acarreo, sentido de los movimientos, equipo caminero a usar y el desempeño más óptimo de la maquinaria.

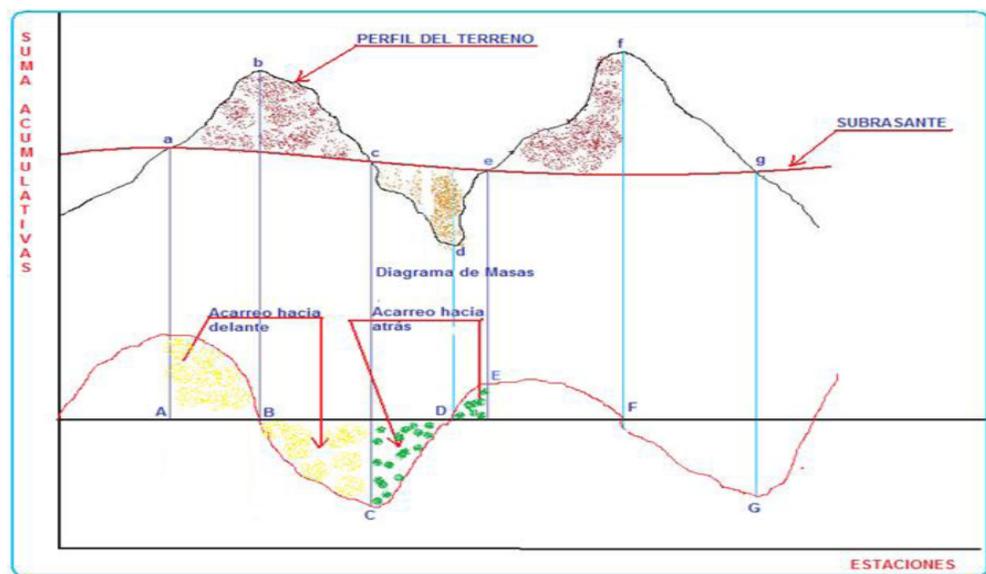


Figura 6.- Interpretación de un Diagrama de Masa, Topografía Álvaro

Torres

Equipos usados en movimiento de tierra en base al análisis del diagrama de masa.

Equipo #1 :

- Tractor : cortar y tender en distancias menores a 50m

Equipo #2:

- Tractor : cortar y tender en distancias menores a 50m, empuja la mototrailla
- Mototrailla : cortar, transportar , tender y nivelar el material en distancias menores a 600m

Equipo #3 :

- Tractor : cortar , tender y acarrear a punto de stock menor a 50m
- Excavadora : cortar y cargar material.
- Volqueta : transportar material sin restriccion de distancia.
- Motoniveladora : tender , mezclar y nivelar material en lugar de disposicion final.
- Rodillo : compactar material

3.1.5. CORTE Y RELLENO POR COMPENSACIÓN

El Corte: Esta dado por la curva ascendente, la mayor o menor inclinación de esta determinara la rapidez del corte máximo o mínimo.

El Relleno: Una curva descendente nos indica el relleno, la pendiente nos indica mayor o menor rapidez de relleno.

Punto Máximo: Nos indica el cambio de corte a relleno.

Punto Mínimo: Nos indica el cambio de relleno a corte.

Punto de Balance: Indica cantidades iguales tanto de corte como de relleno.

En el eje de las coordenadas verticales se marca el volumen de corte y relleno, el eje de coordenadas horizontales marca el recorrido y el sentido del movimiento.

3.1.6. DISTANCIAS DE ACARREO

El acarreo consiste en el transporte de materiales desde los sitios de excavación o producción, hasta los sitios de disposición o aplicación.

3.1.6.1. ALCANCE

En construcción de vías es necesario ejecutar acarreo en los siguientes casos:

a) Transporte de materiales desde los sitios de excavación hasta los sitios de terraplenes o botaderos.

b) Transporte de materiales desde los préstamos hasta los terraplenes.

c) Transporte de materiales desde las fuentes de agregados hasta las plantas de procesamiento y almacenamiento.

d) Transporte de materiales desde las plazas de almacenamiento de agregados hasta los sitios de producción de mezclas o aplicación.

e) Transporte de materiales desde los sitios de producción de mezclas hasta los sitios de aplicación.

f) Transporte de los materiales obtenidos en la extracción de derrumbes, hasta los botaderos.

Lo anterior indica que, en la construcción de vías, es necesario hacer acarrees de principio a fin, y por ello este tema es de importancia capital para el constructor.

3.1.6.2. MEDIDA DE LOS ACARREOS.

El acarreo se mide mediante el producto del volumen de material transportado, en banco, por la distancia entre los centros de gravedad de los sitios de excavación o producción y los sitios de disposición o aplicación, por lo cual las unidades de medida se presentan como unidades de metro cubico por longitud, como:

$(m^3 * km)$, $(yd^3 * milla)$

3.1.6.3. ACARREO LIBRE O DISTANCIA LIBRE DE TRANSPORTE

El acarreo libre se define como la máxima distancia a la cual pueden transportarse los materiales sin incurrir en sobrecostos para el dueño

del proyecto, ya que ese acarreo está incluido en el precio unitario de la excavación, el cual, en lo sucesivo, denominaremos P.

Elaborar el diagrama típico de producción de un bulldozer en función de la distancia de acarreo para explicar la razón por la cual en los Pliegos de Condiciones de las licitaciones se estipula, normalmente, un acarreo libre de 100 m.

$$\text{Precio Unitario de Excavacion} = P = \left[\frac{\$/\text{m}^3}{\text{m}^3} \right]$$

En el desarrollo de los trabajos pueden presentarse los siguientes casos:

a) Distancia Real de Acarreo (DRA) < Distancia de Acarreo Libre (DAL). En este caso no hay sobrecostos para el dueño de la obra, pero si hay sobreutilidades para el constructor, ya que ejecuta menor trabajo del que realmente le pagan.

b) Distancia Real de Acarreo (DRA) \approx Distancia de Acarreo Libre (DAL). En este caso no hay sobrecostos para el dueño de la obra, ni sobreutilidades para el constructor.

c) Distancia Real de Acarreo (DRA) > Distancia de Acarreo Libre (DAL). En este caso hay sobrecostos para el dueño de la obra y utilidades adicionales, por mayor cantidad de obra, para el constructor. En este caso se dice que hay sobreacarreo.

3.1.6.4. SOBREACARREO.

El sobreacarreo es, entonces, la condición que se da cuando la Distancia Real de Acarreo (DRA) es mayor que la distancia de acarreo libre y por lo tanto los costos inherentes al mismo, no están incluidos en el precio unitario de la excavación.

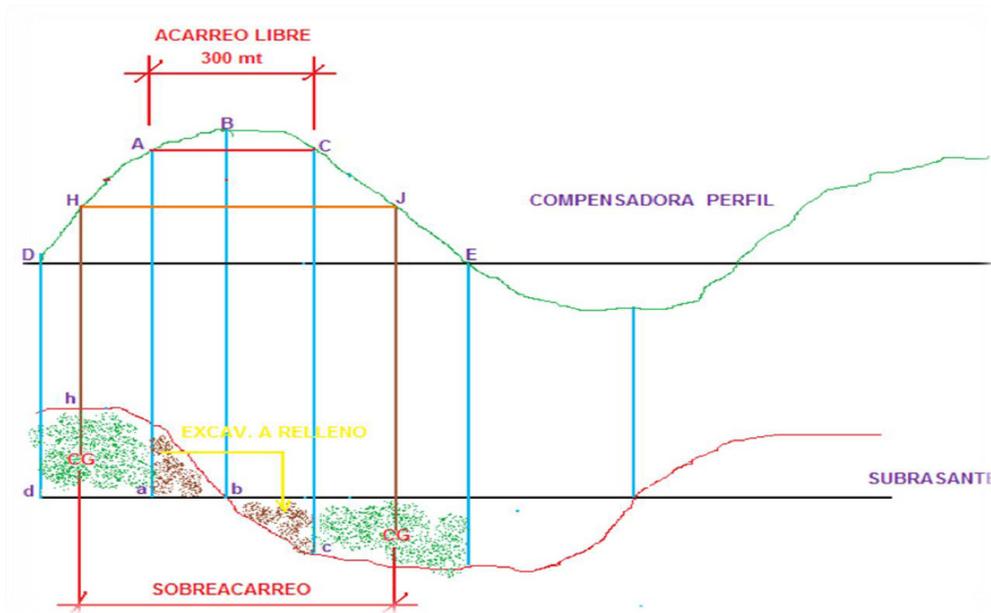


Figura 7.- Distancias de Acarreo según Diagrama de Masas, Topografía

Álvaro Torres

3.1.6.5. LONGITUD DE SOBREACARREO ECONÓMICO (L_e).

La longitud de sobreacarreo económico se puede obtener mediante la comparación de los precios unitarios de ejecución de la obra por dos (2) métodos diferentes así:

a) Alternativa con sobreacarreo.

Supóngase que dentro del proceso constructivo de una carretera existe una excavación (E) y que los materiales obtenidos en la misma

se van a utilizar para la construcción de un terraplén (T) perteneciente al mismo proceso

Si además, se tienen las siguientes condiciones inherentes a la ejecución del proceso:

- (DAL+L): Distancia entre los centros de gravedad de la excavación y del terraplén.
- Ce: Precio unitario propuesto por el constructor para ejecutar la excavación en material común.
- Cs: Precio unitario propuesto por el constructor para ejecutar el sobreacarreo.

En este caso, el costo de excavar 1m³ en (E), y llevarlo a (T) es: (Ce + Cs L).

b) **Alternativa sin sobreacarreo.**

Supóngase, ahora, que se va a ejecutar el mismo proceso, o sea la excavación (E) y el terraplén (T), y que pese a que el material obtenido en la misma es apto para construir terraplenes, no se va a aprovechar el material de la excavación (E) en el terraplén (T), porque

hay otras condiciones que permiten modificar la ejecución del proceso, así:

Muy cerca al sitio de la excavación (E) hay un sitio de botadero (B) en el cual pueden depositarse los materiales procedentes de (E). La distancia entre los centros de gravedad de la excavación (E) y del botadero (B) es menor que la distancia de acarreo libre (DAL).

Muy cerca al sitio de del terraplén (T) hay un sitio de préstamo (P) que tiene material apto para la construcción del terraplén (T). La distancia entre los centros de gravedad del préstamo (P) y del terraplén (T) es menor que la distancia de acarreo libre (DAL).

En este caso, el costo de excavar 1m³ en (E) y llevarlo a (B), y de excavar 1m³ en (P) y llevarlo a (T) es: $(C_e + C_e) = 2 C_e$.

La longitud máxima de sobreacarreo que hace esta operación económica, se da cuando los costos unitarios para la ejecución del proceso, por los dos (2) métodos descritos, son iguales. Por lo tanto:

$$(C_e + C_s \cdot L_e) = 2 \cdot C_e$$

$$L = C_e / C_s$$

3.1.6.6. LONGITUD TOTAL DE ACARREO.

La longitud total de acarreo (LTA) es la suma de la distancia de acarreo libre (DAL) y la distancia de sobreacarreo (L).

$$LTA = DAL + L$$

Este parámetro es muy importante para la selección de los equipos de acarreo que se deben utilizar en cada caso, según las características de cada obra. Las distancias típicas hasta las cuales es económico utilizar los equipos de acarreo son las siguientes:

MAQUINARIA	DISTANCIA
Equipo #1	0m a 50m
Equipo #2	0m a 600m
Equipo #3	Todas las distancias

**Tabla 1.- Equipo de maquinaria de acuerdo a distancias de acarreo,
Topografía Álvaro Torres**

CAPITULO 4

4.1. ETAPAS DEL TRABAJO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

En este capítulo explicaremos las diferentes fases por las que atravesara el relleno de la plataforma de la urbanización Farallón en Isla Mocolí.

4.1.1. ANALISIS DEL PLAN DE TRABAJO

Se deben analizar de manera detalla las especificaciones técnicas, planos topográficos, planos urbanísticos del proyecto final y recomendaciones propias del proyecto para aclarar y definir a la parte contratista todos los aspectos involucrados en el desarrollo del relleno.

Dicho análisis debe incluir todas las recomendaciones y especificaciones técnicas para la correcta ejecución del relleno, las cuales deben ser discutidas y evaluadas en campo por parte de los profesionales a cargo del proyecto y en caso de alguna duda se deberá solicitar la consulta a los expertos en suelos y en geotecnia.

Se deberá tener mucho cuidado al verificar la cota en donde encontraran el nivel freático, pues un suelo saturado se comporta de un modo muy diferente respecto a cuándo su humedad es normal.

Una de las etapas de este movimiento de tierras será la de explotación de un macizo rocoso ubicado en la vía a salitre, aproximadamente a 15 kilómetros de distancia, donde se procederá a realizar primero la limpieza y desbroce con un tractor de gran potencia, el mismo que utilizara el escarificador para extraer la roca fisurada del la capa superior del cerro (perfil meteorizado).

Una vez que esta máquina preparo el camino instantáneamente entraran en acción las excavadoras que subieran de forma organizada

al cerro fragmentando el macizo rocoso con el cucharón y produciendo el material que servirá para el relleno de la urbanización. Esta formara terrazas en las cuales gradualmente avanzara realizando las funciones de producción y carga de las volquetas, que serán las encargadas de acarrear el material pétreo hasta la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

En las 14 hectáreas donde se ubicara esta ciudadela un tractor estará realizando labores de limpieza y desbroce de la superficie, para que esta se encuentre lista para recibir los viajes de material de relleno que llegaran en la volqueta, para esto se ha recomendado realizarlo por etapas puesto que una vez relleno será más fácil el ingreso de las volquetas para desalojar el material producido por el desbroce siguiendo la siguiente secuencia numérica:

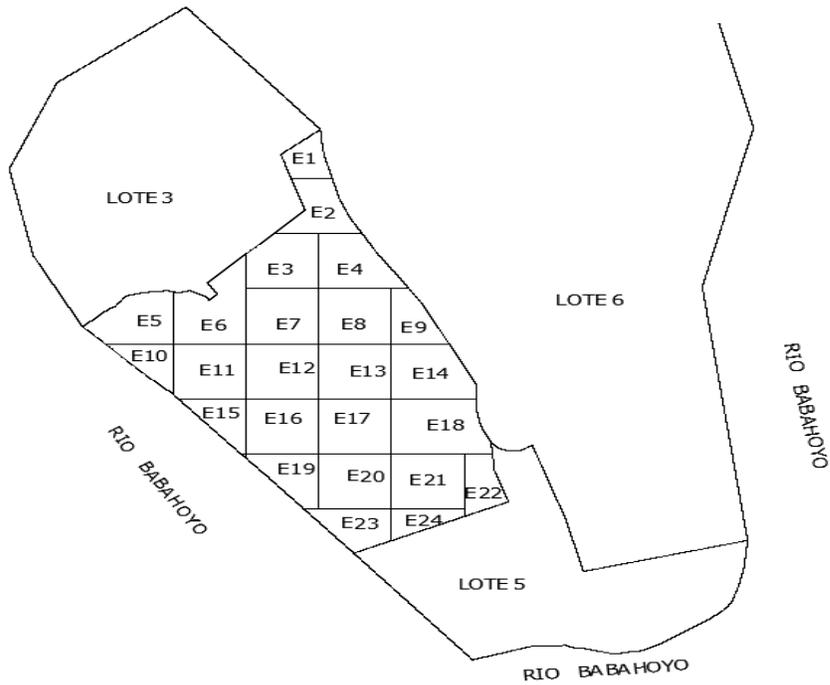


Figura 8.- Etapas de Relleno, Cronograma de obra

Una vez liberada una etapa (E1, E2, E3..... E24) de esta cuadrícula después de haber realizado las labores de desbroce, se empieza a llenar con material pétreo el cual será tendido por el tractor hasta dejarlo en capas de 0,30 m. a 0,40 m. para proceder con la posterior hidratación y compactación, hasta alcanzar la densidad seca máxima del proctor para este material.

Luego de que se hayan rellenado las 14 hectáreas desde la cota del terreno natura (2,20 msnm aproximadamente) hasta la cota de

proyecto (4,00 msnm aproximadamente) habiendo hidratado y compactado adecuadamente, a las ultimas capas se las nivelara con la motoniveladora, parte importantísima de nuestro equipo caminero, para que existan las pendientes adecuadas de bombeo en la superficie, que para este caso serán del 3 por 1000.

4.1.2. EXPLOTACIÓN

La explotación y producción del material pétreo para el relleno especificado con anterioridad, se realizara en una cantera ubicada en la vía a salitre.

La cantera de llanuras aluviales originadas por los ríos Daule y Babahoyo es de roca sedimentaria ligeramente meteorizada en la parte superior del cerro, se encuentra algo de lutita y suelos residuales que son fundamentalmente arcillosos con una fracción más o menos importante de cantos. Como tal son materiales de baja

Permeabilidad, ocupan área de mediana a fuerte escorrentía, por lo que, problemas relacionados con la infiltración y movimiento de aguas subterráneas, se ven reducidos, como son deslizamiento rotacionales del suelo, sin que esto excluya la posibilidad de su ocurrencia.

Los pétreos que obtenemos en la cantera son básicamente producidos del perfil de meteorización del macizo rocoso debido a que su costo de explotación es menor al de producción de material para agregados (macizo rocoso). Este material de fácil explotación a un costo menor es el que usaremos para el relleno de plataforma de la urbanización Farallón

La cantera está ubicada a 15 kilómetros de distancia de la plataforma de relleno en la isla Mocolí a la altura del km. 8 de la vía a Salitre, los predios de la cantera pertenecen al Sr. Jacinto medina pero la concesión minera corresponde a MAMUT ANDINO y/o CONCERROAZUL S.A. Todas estas características como materiales encontrados, distancia a la obra y demás hacen de esta un excelente lugar para producir el material que se necesita para el relleno.

4.1.3. ACONDICIONAMIENTOS EN OBRA

4.1.3.1. ACONDICIONAMIENTO DE LA ZONA DE TRABAJO EN CANTERA

- Desbroce y limpieza

- Despalme

- Manejo de aguas superficiales

- Fracturación inducida de la roca.

4.1.3.1.1. DESBROCE Y LIMPIEZA

En los terrenos en los que se van a efectuar excavaciones, rellenos, nivelaciones o cualquier tipo de movimiento de tierras con maquinaria pesada, debe de realizarse primeramente el desbroce o limpieza. En el desbroce se incluye el movimiento de la vegetación existente la cual puede ser montes, matorrales, arboles, malezas, etc.

En algunos casos, particularmente en canteras es necesario hacer el desbroce de las malezas y su respectiva limpieza de la capa de tierra vegetal que no sirve para nuestro relleno sino para otro tipo de trabajos como el de áreas verdes el cual no es objetivo de nuestro análisis, de lo contrario el material granular para la plataforma de relleno de la urbanización Farallón de la isla Mocolí estará contaminado con materia orgánica, que al descomponerse causara perjuicios a las estructuras civiles que se apoyaran en este proyecto urbanístico.

El bulldozer es la máquina más adecuada para esta actividad y obtenemos un mejor trabajo de dicha maquina cuando el terreno presta la suficiente firmeza para que este pueda circular. Las superficies desiguales o de suelos muy blandos dificultan mantener la cuchilla en contacto con el piso y más que remover la vegetación la enterrarían en los hoyos existentes o desniveles del terreno natural.

El bulldozer nos plantea una ventaja sobre las cuadrillas en lugares donde las condiciones del terreno natural permiten la circulación del mismo para los trabajos de desbroce de la maleza ya que la arrancara fácilmente con la cuchilla.

Los resultados varían con el tipo de vegetación y las condiciones del terreno. En las tierras resacas se quebrará un alto porcentaje de troncos, mientras que las condiciones húmedas o arenosas favorecen el desenraice, que es más satisfactorio para la mayoría de los propósitos.

4.1.3.1.2. DESPALME

Es la limpieza de cualquier tipo de material que nos vaya a dificultar o contaminar el material que necesitamos extraer, en nuestro caso es remover la capa vegetal del cerro hasta llegar al material de óptima calidad y mover grandes rocas que no podrían vaciarse por la compuerta de las volquetas que usaremos.

Dicho material o capa vegetal es reutilizada para venta posterior para trabajos de áreas verdes o sino será removida a zonas en las cuales no estorben el tránsito de vehículos y maquinarias dentro de la cantera.

4.1.3.1.3. MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES

Es de mucha importancia el correcto direccionamiento de las aguas superficiales en las canteras las cuales se deben hacer mediante correcto manejo de las pendientes del terreno para que faciliten el flujo de la misa y no generen una capa de lodo que no es favorable para el tránsito de las volquetas hasta el punto de cargada del material.

4.1.3.1.4. FRACTURACIÓN DE ROCAS INDUCIDA

La facilidad o dificultad con que una roca puede romperse, intervienen tres factores: resistencia al rompimiento del material mismo de la roca, el grado que se ha debilitado por las capas de estratificación (laminación) o por fisuración o movimientos de falla y el grado a que se ha reblandecido y debilitado por el intemperismo, esta roca.

Muchas rocas son fácilmente rompibles en la superficie, pero se vuelven más resistentes con la profundidad debido a la menor exposición al intemperismo. Una roca normalmente rompible

puede contener vetas o cantos rodados que son difíciles o imposible de romper.

Algunas rocas no son rompibles en su condición natural, pero pueden ser rotas después de sacudirlas con una ligera explosión. La voladura se puede dividir en una operación primaria en la cual se afloja la masa original de la roca, y en un trabajo secundario que consiste en reducir los fragmentos de gran tamaño, y romper las aristas y las protuberancias. Esto último se hace del mismo modo que cualquier otra voladura ligera, como en la fracturación de boleo y lechos de roca. El trabajo con rocas también se pueden clasificar en cuanto al tipo y al tamaño requerido en los materiales triturados. La explotación de canteras de construcción o de piedras de ciertas dimensiones, incluye el aflojar grandes pedazos sólidos de la roca masiva, mientras que la voladura para obtener roca para relleno o para triturar, requiere pedazos suficientemente pequeños para que quepan en el cucharón de la pala, en la capa del relleno, o en la trituradora.

En las voladuras de roca en lumbreras, todos los barrenos son confinados, es decir, que no existe un frente que permita el lanzamiento lateral de la roca, de manera que la regla es una

perforación cercana y carga pesada. Es necesario, que la roca sea cortada nítidamente hacia atrás hasta las líneas de excavación y es importante que el exceso de fracturación se mantenga a un mínimo, debido al alto costo de la remoción de la rezaga, y los requerimientos frecuentes, de rellenar todos los espacios exteriores al revestimiento.

4.1.3.2. ACONDICIONAMIENTO DE LA ZONA DE TRABAJO EN EL RELLENO

La disposición final del material granular producido en la cantera antes especificada será en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí, como ya lo hemos indicado antes el volumen de relleno será de 370.000,00 m³.

Luego de la etapa de producción el material será cargado y transportado a la urbanización Farallón, aquí se almacenaran de acuerdo al plan de trabajo donde posteriormente será tendido, humedecido y debidamente compactado hasta alcanzar la cota de proyecto.

4.1.3.2.1. DESBROCE Y LIMPIEZA

Este trabajo consiste en efectuar alguna, algunas o todas las operaciones siguientes: cortar, desenraizar, quemar y retirar de los sitios de construcción, los árboles, arbustos, hierbas o cualquier vegetación comprendida dentro del área a rellenar en la urbanización Farallón.

4.1.3.2.2. MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES

En obra es importante tener la cota de nivel freático y las aguas estancadas ya que esto nos generaría dificultades en el tendido del material y también generaría pérdidas en el volumen por los asentamientos del relleno.

Cuando la cantidad de agua estancada es demasiada es preferible previo al ingreso del material pétreo bombearla hacia una zona donde no genere problemas para esto se usara una bomba de diafragma en caso de la cantidad de agua sucia sea moderada sino se usara una bomba centrífuga.

4.1.3.2.3. MANEJO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Nos referimos al adecuado manejo de las aguas subterráneas para no alterar en forma negativa el desarrollo de la plataforma de relleno es muy importante tomar en cuenta el abatimiento del nivel freático que por lo general está a la cota 1,28 msnm. Pero en épocas de invierno alcanza la cota 1,74 msnm. De esta manera se nos dificultaría empezar las labores de relleno en épocas de invierno, ya que estarían paralizados los trabajos por largos periodos de tiempo.

4.1.3.2.4. ABATIMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO

El abatimiento del nivel freático se lo realiza cuando se trabaja en excavaciones bajo el nivel de aguas freática. Estas excavaciones requieren del abatimiento de este nivel por debajo del de desplante para prevenir y asegurar condiciones de trabajo en seco que permitan eficiencia y rapidez durante la obra.

El abatimiento del nivel freático también puede ser utilizado para incrementar la presión efectiva del suelo, disminuyendo la

expansión que se presentará por descarga durante la excavación, lo que puede resultar muy importante en sitios como la zona de la isla Mocolí.

El agua del suelo debe manejarse por medio de un sistema de bombeo adecuado al tamaño y profundidad de la excavación, a las condiciones geológicas del sitio y a la secuencia estratigráfica de cada lugar.

4.1.3.3. DESPACHO

Las labores de despacho de material pétreo se realizarán desde cantera al cargar las volquetas que serán las encargadas de llevar la producción al lugar de disposición final, es decir la plataforma de relleno en la urbanización Farallón.

El despacho del material pétreo tendrá que tener el debido proceso como lo es el de la espera de las volquetas para cargarlas, una vez cargada tendrá que pasar por la balanza y entregar la respectiva hoja de despacho, la misma que firmara el residente de obra al recibirla en el lugar de entrega.



Figura 9.- Producción en cantera, tomada por Manuel Rivera en Cantera



Figura 10.- Despacho en cantera, , tomada por Manuel Rivera en Cantera

4.1.3.4. TRANSPORTE O ACARREO DEL MATERIAL DE RELLENO

Se define el transporte de material como el acarreo del mismo desde los frentes de banco o de material apilado hasta los sitios destinados para la alimentación. Este proceso lo llevan a cabo, por lo general, camiones de gran tamaño denominados dúmperes o volquetas. Los datos fundamentales para la carga de estos vehículos son la altura y la capacidad de su carga. En el lugar de alimentación se descarga el material de los frentes, directamente de los dúmperes, volquetas o las palas cargadoras frontales. Estos trabajos se desempeñan con maquinaria pesada. La utilización de dicha maquinaria conlleva una serie de riesgos que se hace necesario eliminar-reducir.

El personal que realiza las labores de carga y transporte de material en cantera son los operadores de las excavadoras y el conductor respectivamente. Sus tareas consisten en manejar la maquinaria para formar pilas, recoger el material previamente volado, cargar camiones y alimentar tolvas de alimentación de material con la finalidad de llevar el material pétreo a sus distintos lugares de disposición final, en este caso la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.



Figura 11.- Volquetas (18m³) usadas para transporte de material, tomada por Gustavo Chiriboga en Isla Mococli

4.1.3.5. TENDIDO DEL MATERIAL

Una vez que el material pétreo producido en cantera llegue a obra este tendrá que ser almacenado en los sitios destinados para su futuro tendido.

El tendido de este material se lo realiza con tractor verificando que este expanda el material almacenado en el área donde fue depositado en capas de entre 0,40 m. a 0,30 m. como lo describimos en el plan de trabajo al inicio del capítulo, para su posterior labor como lo es la hidratación y compactación por capas,

dicho sea de paso la última capa deberá ser tendida con motoniveladora para tener un acabado adecuado y de acuerdo a las cotas de proyecto.



Figura 12.- Tractor D65 tendiendo material de relleno, tomada en obra por Manuel Rivera

4.1.3.6. HIDRATACIÓN Y COMPACTACIÓN

Luego de la etapa de tendido del material se realizara la hidratación del mismo hasta alcanzar su humedad óptima alcanzando la densidad seca máxima del material obtenido en el proctor realizado en laboratorio, lo cual garantizara que no ocurran asentamientos de consideración cuando se cargue la plataforma de relleno con las obras civiles que darán como resultado la urbanización Farallón debido a la consolidación por efecto de las cargas que ejercerán las estructuras en la plataforma de relleno.

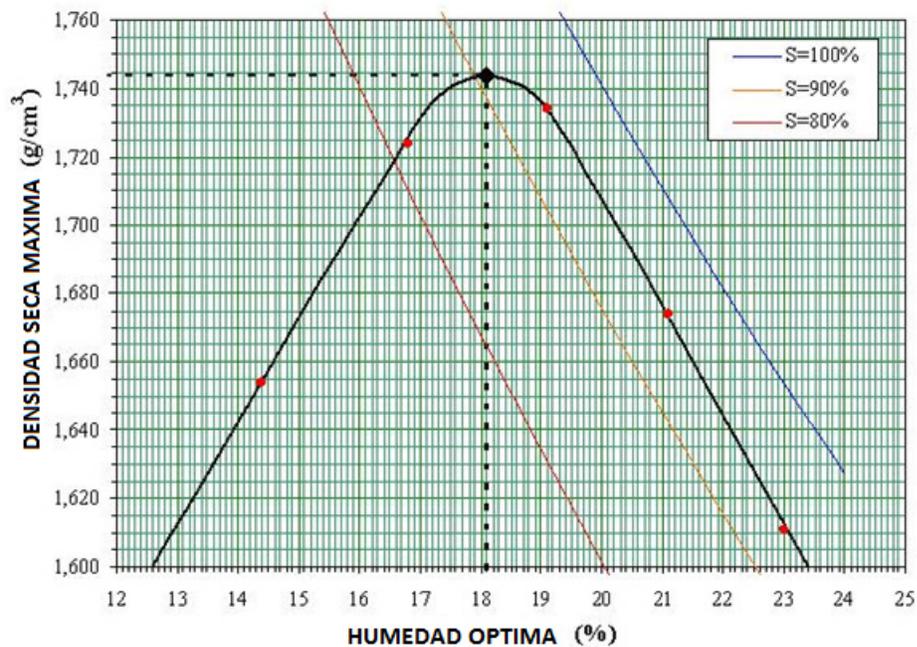


Figura 13.- Ensayo Proctor, libro de obra



Figura 14.- Tanquero para Hidratación de Plataformas de Relleno, tomada en obra por Gustavo Chiriboga

4.1.4. LISTADO DE MAQUINARIA EMPLEADA EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS

En este listado describiremos las maquinarias usadas en nuestro proyecto de relleno de la plataforma de la urbanización Farallón, desde la producción en cantera, transporte y disposición final en obra.

De acuerdo a lo explicado en el capítulo 3 nuestra selección será el Equipo #3

Equipo #3 :

Cantera :

- Tractor : desbroce, cortar y acarrear a punto de stock menor a 50m
- Excavadora : cortar y cargar material.

Transporte :

- Volquetas : transportar material desde cantera a Urbanizacion Farallon , distancia media 15km.

Obra:

- Tractor : desbroce,limpieza y tendido de material.
- Motoniveladora : tender , mezclar y nivelar material en lugar de disposicion final.
- Tanquero : hidratar material de relleno para obtener la humedad optima requerida para la compactacion.
- Rodillo : compactar material.

4.1.4.1. TRACTORES

Los tractores son parte importante del equipo caminero empleado para el movimiento de tierras debido a las funciones que realiza y a su gran potencia, a continuación su descripción:

4.1.4.1.1. SOBRE ORUGAS-BULLDOZERS.

Esta máquina es parte fundamental del equipo caminero para la realización de movimiento de tierras, quizás la más necesaria debido a su facilidad de transitar en todo terreno.

Su aplicación preponderante es el empuje de tierras en base a su hoja topadora, pero es capaz de portar algunos accesorios y herramientas también útiles, como el desgarrador o zipper, cadenas y hojas especiales para desmonte y rastras para preparación de terrenos.

Las operaciones usuales en las que participan los tractores son:

- Desbroce
- Despalme.
- Trazo piloto de caminos.

- Caminos auxiliares.
- Acarreo hasta 80 m.
- Auxiliar para empuje de mototraíllas.
- Trabajo en laderas.
- Tendido de material
- Semicompactación por "bando".

Aunque es posible trabajar en pendientes de hasta 45 grados (100%) las operaciones hasta 25 grados (47%) son usuales, característica que refuerza la gran utilidad de este tipo de máquina.

La mayoría de los tractores de este género, se caracterizan por tener dos tipos de transmisión:

4.1.4.1.2. PALANCA POTENCIA.

La caja de cambio de potencia de velocidad es a través de un convertidor de torsión la cual es la mejor para topa y rippiar cuando se cambia constantemente de dirección.

4.1.4.1.3. TRACCIÓN DIRECTA.

Este tipo de transmisiones es el preferido en trabajos agrícolas en donde se presenta un arrastre o empuje estable sin cambios de dirección.

4.1.4.1.4. ESPECIFICACIONES DE TRACTORES.

Las revistas internacionales especializadas en construcción, proveen tablas concentradas de las características más relevantes de los tipos, marcas y modelos de maquinaria, producidos por el mundo.

Tres de los más importantes fabricantes de equipos de construcción pesada son: Caterpillar, Komatsu y Fiat-Allis que además resultan ser los de mayor presencia en el área latinoamericana.

Se incluye un solo modelo antiguo para que pueda compararse la diferencia con los que se manufacturan actualmente; es el caso del Cat D8H, que se estuvo fabricando en 1958 y 1974 y cuya relación potencial/peso era de 12.3 HP/Ton., parámetro que ahora

oscila de 9 a 10, lo cual refleja un incremento de casi 23% en la eficiencia de los motores. Otra característica que debe observarse, es la velocidad máxima de desplazamiento, tanto hacia adelante como de reversa.

Debe tomarse muy en cuenta la variabilidad en el factor del volumen desplazado por la hoja, ya que es función del tipo de esta que se emplea y el material que se está desbancando. En la tabla siguiente se muestran los tipos de hojas para calcular dicho volumen.

4.1.4.1.5. ESCARIFICADORES O RIPPERS

El escarificador consiste en un bastidor con travesaños, armados por su parte inferior, con cuchillos de acero para cortar verticalmente la tierra y las raíces. Actualmente se montan en la parte superior de un tractor o cargador sobre orugas. También se les puede denominar con propiedad como "roturadores" y suele llamársele muy a menudo a la operación, con el anglicismo "ripio".

De hecho se emplean para aflojar ciertos tipos de rocas medianamente duras o prefracturadas con explosivo; es un procedimiento que se ha difundido por la mayor capacidad de los tractores y de los propios escarificadores.



Figura 15.- Tractor D65 escarificando el suelo, Tomada en obra por Manuel Rivera

4.1.4.1.6. TIPOS DE ESCARIFICADORES.

4.1.4.1.6.1. RADIAL.

Este se presenta en dos modalidades: La de diente sencillo o la de diente múltiple, a este último se le denomina como un paralelogramo. Se emplea diente sencillo para la escarificación más difícil, así toda la potencia de la máquina y de este equipo queda destinada a un solo punto. El diente o los dientes tienen un ángulo constante con la barra que los une al punto de apoyo con el tractor y por lo tanto el ángulo que forman el diente y el terreno, sólo puede variarse aumentando la profundidad.

4.1.4.1.6.2. INCLINACIÓN VARIABLE DEL DIENTE.

A diferencia del anterior, éste puede modificar el ángulo de penetración independientemente de la profundidad. Se logra con un conjunto adicional de cilindros hidráulicos, el primero varía la profundidad de roturación y el segundo la inclinación de los dientes en sí, obteniendo la operación un doble efecto de ataque.

4.1.4.1.6.3. BASTIDOR RÍGIDO U OSCILANTE.

Consiste en girar hasta 30 grados el plano del diente o cuchillo de rotación, respecto a la vertical, pudiendo ampliar la roturación hacia la izquierda y derecha del eje del equipo. El rendimiento de roturación tiene muy alto grado de incertidumbre entendible por la muy variable resistencia de los materiales a la escarificación, debido a la dureza y la fricción de éstos.

4.1.4.2. EXCAVADORAS

Esta máquina está enfocada a la excavación de zanjas y a la explotación de bancos de río fundamentalmente.

4.1.4.2.1. ORUGAS VS RUEDAS

La tendencia general del contratista ecuatoriano es optar por la excavadora de oruga, pero conviene reflexionar en los siguientes puntos de cada una:

4.1.4.2.2. EXCAVADORAS DE ORUGA.

Cuando no se requieren muchos movimientos de transportación, ésta es la mejor opción, la que adicionalmente ofrece flotación, tracción, potencia, maniobrabilidad, estabilidad y eficiencia operativa.



Figura 16.- Excavadora, tomada en cantera por Gustavo Chiriboga.

4.1.4.3. VOLQUETAS

Las hay de diferentes capacidades y potencias, a continuación u listado de sus variaciones:

4.1.4.3.1. VOLQUETA ESTÁNDAR.

Dentro de esta clase, existen tres tamaños principales:

- Común 7 - 8 m³
- Mediano 8 - 16 m³
- Grande 16 - 25 m³

En el tamaño común y debido a esquemas proteccionistas, prevalece el sistema obligatorio de subcontratación a fleteros, que para efecto de cálculo de precio unitario no exige análisis de costo horario y tiempos, simplemente se investiga la tarifa real (a menudo diferente de la oficial SCT).

Cuando la flotilla de camiones es propia del contratista, pueden optimizarse los tiempos y movimientos, con una adecuada planeación, trazo y control vehicular

4.1.4.3.2. VOLQUETAS FUERA DE CARRETERA O BAÑERAS

Este tipo de camiones tiene una amplia gama de tamaños: desde 450 hp's y 17 m³ hasta 1700 hp's y 77m³; en la construcción se emplea por lo general hasta un tamaño intermedio de 850 hp's y 36 m³.

Por las características de este equipo, se emplean usualmente en el acarreo de roca tronada, ya sea para llevar del banco a la planta trituradora o bien al sitio de obra cuando se trata de enrocamientos.



Figura 17.- Volqueta H-700 Capacidad 17 m³, tomada en obra por Manuel Rivera

4.1.4.4. MOTONIVELADORA

Las motoniveladoras o simplemente "Motos", son uno de los equipos versátiles más empleados en la construcción de terraplenes, terracerías y pavimentos por el método de riego, de caminos, aeropistas, viaductos y calles. Sus principales usos son:

- Nivelación.
- Mezclado.
- Escarificado.
- Cunetas.
- Conservación de caminos.



Figura 18.- Motoniveladora Komatsu GD-555, Catalogo Komatsu

4.1.4.5. RODILLO COMPACTADOR

Se ha ubicado tradicionalmente en primer término a los tractores y en seguida a las excavadoras, motos (escrepas y conformadoras) y en algún otro equipo; en este trabajo, se considera tal importancia de mayor nivel a los compactadores, ya que constituyen el factor decisivo para la seguridad y capacidad estructural, calidad y vida útil de un relleno obra.

Se define a la compactación como el efecto de incrementar la densidad de un material pétreo, mixto o asfáltico, mediante la aplicación de fuerzas estáticas o dinámicas.

Las aplicaciones más comunes son:

- Carreteras.
- Calles y avenidas.
- Viaductos y vías rápidas.
- Pistas, plataformas y rodajes.
- Presas de tierra.
- Terraplenes
- Rellenos.

- Cimentación de edificios.
- Estacionamientos.
- Áreas deportivas.



Figura 19.- Rodillo Bomag 12 toneladas, tomada en obra por Gustavo Chiriboga

4.1.4.5.1. TIPOS DE COMPACTADORES.

Para este relleno se ha considerado los siguientes tipos de compactadores:

4.1.4.5.1.1. RODILLOS ESTÁTICOS

En la actualidad este tipo de rodillos ya están en descenso, a pesar de que continúan siendo empleados principalmente en países en desarrollo, en donde es frecuente ver trabajar máquinas de los años treinta.

Por lo general el esfuerzo de compactación puede variarse lastrando con agua sus tambores. Se dispone en el mercado de dos subtipos de rodillos, el de tándem con dos rodillos o tambores y un peso de 6 y 12 ton., y el de tres ruedas o tambores y un peso de 8 a 15 ton.; éste tenía antiguamente las dos ruedas traseras (de transmisión) más grandes que las delanteras; en la actualidad las tres son del mismo tamaño y tienen articulación para permitir mejor traslape e igualdad de esfuerzo sobre el ancho de rodado. Algunos ejemplos de esta clase de equipos, son los CT-1014 y CD-58 de compacto (Ecuador) y la CS-14 de Dynapac.

Su aplicación es muy flexible, pues puede emplearse en todo tipo de compactaciones con la excepción de rellenos de roca y arcillas (produciendo capas laminares). Por su característica estática, el espesor de la capa máxima normal al que se aplica

es de 20 cm. En la actualidad se presentan trabajando conjuntamente equipos tanto de neumáticos como vibratorios e incluso combinadamente.

4.1.4.5.1.2. TAMBOR VIBRATORIO (SENCILLO).

Es el equipo habitualmente más empleado desde 1930; es el primer compactador autopropulsado de placa vibratoria, debido a su eficiencia, velocidad y maniobrabilidad. El peso de este equipo es de 6 a 15 ton., del cual la mitad es del cilindro.

Algunos están equipados con transmisión en el propio cilindro, lo cual mejora la tracción y evita el desplazamiento de la superficie compactada.

En este tipo se pueden tener básicamente dos tipos:

4.1.4.5.1.2.1. CILINDRO LISO.

Este tipo de equipo no debe emplearse en la compactación de arcillas, ni se recomienda para asfaltos, salvo que fuese una

versión para ello. Para enrocamientos deben usarse equipos grandes (más de 10 ton.). En esta categoría tenemos a los Caterpillar de la serie CS-323 a 533 (de 4.1 a 10.8 ton.), Los Dynapac CA-25 A 51 (6.2 a 15 ton.) y los Bomag BW- 22d (1.8 a 18 ton.) 2) Cilindro de Patas.

La superficie del cilindro está armada de filas de pirámides truncadas-patas, que producen un efecto sobre el terreno o terraplén como de "waffle" evitando así la estructuración laminar de la capa compactada.

4.1.4.5.1.2.2. CILINDRO DE PISONES

Estos equipos se emplean en toda aplicación, excepto en enrocamientos, bases y asfaltos. Una unidad de 15 ton., es capaz de desarrollar su trabajo para capas de hasta un metro de espesor en arena-grava y de 55 cms. En sub-bases.

En este tipo de equipo tenemos: a los Dynapac de la serie CA, los Bomag de la serie BW y los Caterpillar CP-323 a CP-553, todos ellos con pesos parecidos a los de rodillo liso.

4.1.5. SELECCIÓN DE EQUIPO

Aunque de hecho existe un equipo adecuado para cada tipo de trabajo, los contratistas no siempre disponen de él y en caso de tenerlo, el tamaño y estado del mismo no resulta en ocasiones el deseable.

Por otro lado se tiene la opción de rentar en el mercado de arrendamientos el equipo necesario, en especial en épocas recesivas, cuando hasta incluso resulta más económico hacerlo que emplear la maquinaria propia este es el caso de empresas como Equirent S.A., Celecbor S.A., el Gato, etc.

Un ingeniero de costos "sin computadora", en el pasado sólo se concretaba a analizar unitariamente cada concepto de obra, dejando al futuro superintendente y residentes, la tarea de proponer tamaños de equipo, hoy en día esta labor se la realiza y se la optimiza en oficina realizando los cálculos necesarios para los volúmenes a extraerse, el material existente en cantera y conjuntamente con el material a acarrear.

El número de horas requeridas en cada maquinaria, puede obtenerse multiplicando 200 horas mensuales por el número de meses de la obra como primera tentativa.

Otra forma práctica y cada vez más difundida, para obtener los requerimientos de equipo, su balance y selección de tamaño, es el empleo de sistemas de redes de actividades, como el de ruta crítica, o diagrama de Gantt.

Como atinadamente se dice: "un contratista no paga el equipo; éste debe pagarse solo", ha de procurarse que el equipo reditúe algo más que su costo.

Adicionalmente, cada obra, proceso constructivo, tiempo y condiciones físicas, nos señala la necesidad de emplear una máquina, una potencia, un medio de tracción, un largo de pluma o brazo, un tamaño de cucharón y hasta especificaciones de fabricante.

4.1.5.1. TRACTORES DEL PROYECTO

Debido al trabajo descrito anteriormente se ha seleccionado el equipo de trabajo adecuado, siendo como prioritarias las funciones a realizar por los tractores que son las de empujar material (tendido), limpiar el terreno, romper rocas, ayudar a las excavadoras en la producción del material en cantera y empujar otros elementos y equipos de construcción.

Esta maquinaria viene equipada con una cuchilla al frente que es la base sobre la que se desplaza el material al ser empujado debido a su potencia de tracción y en la parte posterior está equipada con un ripper.

Las funciones del ripper son las de desgarrar, romper, fisurar, materiales de resistencia intermedia entre rocas y material común y lo usaremos para excavaciones a cielo abierto en zonas entre chaflanes, en explotación de cantera para obtener material crudo como fuente de agregados procesados, para pequeñas demoliciones o limpieza de pavimentos fallados y para la extracción de raíces o rocas en operaciones de desmonte y limpieza.

A continuación describiéremos los tractores que son parte del equipo caminero empleados en el proyecto para la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

4.1.5.1.1. TRACTOR KOMATSU D155-AX-6



Figura 20.- Tractor D-155-AX-6, Catalogo Komatsu

Esta es una maquina de fabricación japonesa, importada al Ecuador por la empresa DITECA S.A. Es parte principal del equipo caminero empleado en nuestro proyecto ya que es de gran potencia y capacidad mecánica. El nuevo D155AX-6 ha alcanzado altos niveles de producción y

economía de combustible mediante el uso de la SIGMADOZER y la transmisión automática con convertidor de torsión con traba. La SIGMADOZER se desarrolló en base a una teoría de excavación totalmente nueva que incrementa dramáticamente la producción. La nueva transmisión con una alta eficiencia de transmisión de potencia reduce substancialmente el consumo de combustible. Este buldócer mejora significativamente la eficiencia de combustible comparado con el modelo anterior.



Figura 21.- Topadora SIGMADOZER, Catalogo Komatsu

Como también posee un desgarrador gigante variable (ripper) con un peso adicional de (la unidad de control hidráulico): 2,440 kg

5,380 lb, longitud de la barra: 1,400 mm 4'7", desgarrador de una garra de tipo paralelogramo controlado hidráulicamente. Ángulo de excavación ajustable sin limitaciones. Ángulo de excavación estándar*: 49°, profundidad de penetración máxima: 1,240 mm 4'1" y elevación sobre el suelo máxima: 950 mm 3'1", medido con la punta del desgarrador en el suelo y la garra en posición vertical.

Estas características hacen de este tractor una parte fundamental en este movimiento de tierras ya que tiene la capacidad y potencia para producción y acarreo, la hoja SIGMADOZER reduce la resistencia a la excavación e incrementa el efecto de rodado de material para disminuir la resistencia de empuje y aumentar la capacidad de carga.

4.1.5.1.1.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de este tractor las detallaremos a continuación:

En motor tenemos:

- Modelo: Komatsu SAA6D140E-5
- Tipo: 4 ciclos, enfriado por agua, inyección directa
- Aspiración: Turboalimentado, y post enfriado aire-a-aire, enfriador EGR

- Número de cilindros: 6

- Potencia neta

SAE J1995: Bruta 268kW 360HP

ISO 9249 / SAE J1349: Neta 264kW 354HP

Rpm nominales: 1,900rpm

- Tipo de impulsor de ventilador: Hidráulicos

- Sistema de lubricación

Método: Bomba de engranajes, lubricación forzada

Filtro: Flujo total

Su sistema de transmisión TORQFLOW: La transmisión TORQFLOW automática de Komatsu consiste de un convertidor de torsión con traba de una fase, una etapa, 3 elementos, enfriado por agua, y una transmisión de engranajes planetarios con embragues de discos

Su sistema de dirección: sistema de dirección hidrostático (HSS) está accionado por un engranaje planetario, una bomba y motor hidráulico independientes.

- Radio de giro mínimo: 2.14 m 7'0"

- Suspensión: Tipo oscilante con barra estabilizadora y ejes de pivote montados adelante.
- Bastidor de rodillos: Monoestructural, alta resistencia construcción en acero de alta resistencia.
- Tren de rodaje K-Bogie .
- Zapata de la oruga
- Número de zapatas (a cada lado): 42
- Altura de la garra: 80 mm 3.1”
- Ancho de la zapata (estándar/máximo): 560 mm 22”/710 mm 28”
- Superficie de contacto con el terreno: 36,680 cm² 5,685 plg²
- Peso del tractor: 31,000 kg 68,350 lb
- Peso de operación: 39,500 kg 87,100 lb
- Presión sobre el terreno: 106 kPa 1.08 kg/cm² 15.4 psi

Sus diferentes dimensiones:

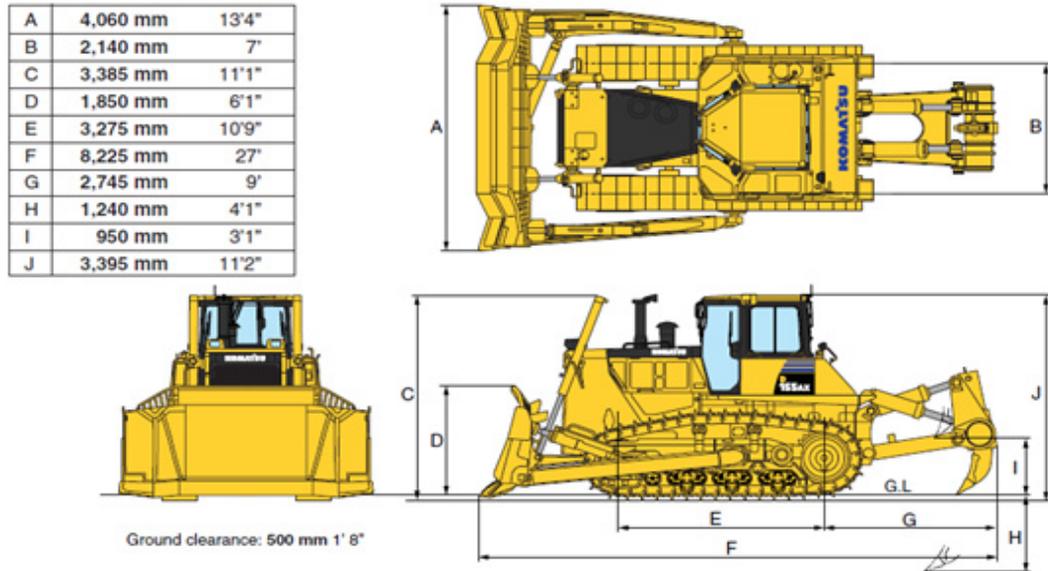


Figura 22.- Dimensiones de Tractor D-155-AX-6, Catalogo Komatsu

Hoja y/o cuchilla

Se utiliza en la vertedera un acero fuerte de alta resistencia para una construcción más reforzada de la hoja. Las mangueras hidráulicas de la inclinación están montadas en el interior de la estructura de empuje de la hoja protegidas contra daños.

	Longitud total con topadora	Capacidad de la hoja	Largo x Altura de la hoja	Máxima elevación sobre terreno	Máxima caída bajo terreno	Máximo ajuste de inclinación	Peso adicional
SIGMADOZER	6,125 mm 20'1"	9.4 m ³ 12.3 yd ³	4,060 mm x 1,850 mm 13'4" x 6'1"	1,320 mm 4'4"	617 mm 2'	920 mm 3'	4,940 kg 10,890 lb
SIGMADOZER Reforzada	6,125 mm 20'1"	9.4 m ³ 12.3 yd ³	4,060 mm x 1,850 mm 13'4" x 6'1"	1,320 mm 4'4"	617 mm 2'	920 mm 3'	5,360 kg 11,820 lb
Topadora Semi-U Inclinable	6,175 mm 20'3"	9.4 m ³ 12.3 yd ³	4,130 mm x 1,790 mm 13'7" x 5'10"	1,255 mm 4'1"	593 mm 1'11"	953 mm 3'	4,960 kg 10,936 lb
Topadora U inclinable	6,590 mm 21'7"	11.9 m ³ 15.6 yd ³	4,225 mm x 1,790 mm 13'10" x 5'10"	1,255 mm 4'1"	593 mm 1'11"	970 mm 3'2"	5,630 kg 12,420 lb
Topadora Hoja Angulable	6,743 mm 22'1"	4.6 m ³ 6.0 yd ³	4,850 mm x 1,205 mm 15'11" x 3'11"	1,562 mm 5'1"	664 mm 2'2"	520 mm 1'8"	5,170 kg 11,400 lb

Figura 23.- Dimensiones de Cuchillas de Tractor D-155-AX-6, Catalogo Komatsu

4.1.5.1.1.2. FUNCIONES A REALIZAR EN EL PROYECTO

Este tractor se lo encontrara en cantera debido a su alta potencia y sus capacidades mecánicas será de vital importancia en la etapa de producción del material de relleno. En la cantera realizara trabajo de desmonte y limpieza así como empuje de material para su stock, romper rocas, ayuda en la producción con su desgarrador gigante (ripper) y limpieza de terrenos. Esta máquina también abastecerá a su vez a otras maquinas encargadas de realizar los trabajos de carga para su posterior despacho y acarreo al proyecto.



Figura 24.- tractor d-65, Tomada en obra por Gustavo Chiriboga

4.1.5.1.2. TRACTOR KOMATSU D61-PX

El tractor KOMATSU D61-PX es de fabricación americana, importado por la empresa DITECA S.A. Esta maquinaria es parte del equipo caminero a usarse en este proyecto, se usara en el área a rellenar.



Figura 25.- Tractor D61-PX, tomada en obra por Manuel Rivera

El motor SAA6D107E-1 de Komatsu desarrolla un par de 125 kW 170 HP a 1.850 rpm. Este motor económico de Komatsu, combinado con el peso de la máquina, convierte el modelo

D61EX/PX-15 en un bulldozer superior, tanto en las tareas de ripeado como de empuje.

Este tractor usa un diseño de hoja de caja que ofrece la mayor resistencia en una hoja de bajo peso. Esto aumenta la capacidad de maniobra total de la hoja. Se ha incorporado acero de alta resistencia a la tracción en el borde de ataque y los bordes laterales con vistas a aumentar su vida útil. La forma de la hoja facilita el manejo de una gran variedad de materiales, ofreciendo buena penetración, junto con una baja resistencia a la rodadura de la hoja. Finalmente, las hojas Komatsu proporcionan mayor rendimiento en consumo de combustible.

4.1.5.1.2.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

En motor tenemos:

- Modelo: Komatsu SAA6D107E-1
- Tipo: Inyección directa de 'common rail', refrigerado por agua, turbocompresor y postenfriado por aire,
- Potencia del motor : 1850rpm

ISO 14396: 125 kW/168 HP

ISO 9249 (potencia neta del motor): 127 kW/170 HP

- N° de cilindros: 6

- Sistema de lubricación

Método: Bomba de engranajes, lubricación a presión

Filtro: Flujo total

Sistema de transmisión TORQFLOW:

Tipo: Komatsu TORQFLOW

Convertidor de par: 3 elementos, 1 etapa, 1 fase, enfriado por agua

Transmisión: Por embrague de engranaje planetario y múltiples discos, accionada hidráulicamente, lubricada a presión.

Velocidades de desplazamiento	Marcha adelante	Marcha atrás
1 ^a	3,2 km/h	4,3 km/h
2 ^a	5,6 km/h	7,2 km/h
3 ^a	8,7 km/h	11,0 km/h

Tabla 2.- Velocidades de Tractor, Catalogo Komatsu

Sistema de dirección:

- Tipo: Sistema Hidrostático de Dirección (HSS)
- Control de la dirección: Palanca PCCS
- Frenos de servicio: Húmedos, de disco múltiple, controlados por pedal, activados por muelle y soltados hidráulicamente
- Radio mínimo de giro (contrarotación): 2,2 m

Tren de rodaje:

- Suspensión: Barra compensadora de oscilación y eje pivoteador
- Chasis de rodamiento de oruga: Monocasco, sección grande, construcción duradera
- Rodamientos y piñones: Rodamientos de orugas lubricados
- Orugas: Lubricadas, totalmente selladas
- Tensión: Combinación de unidad hidráulica y resorte

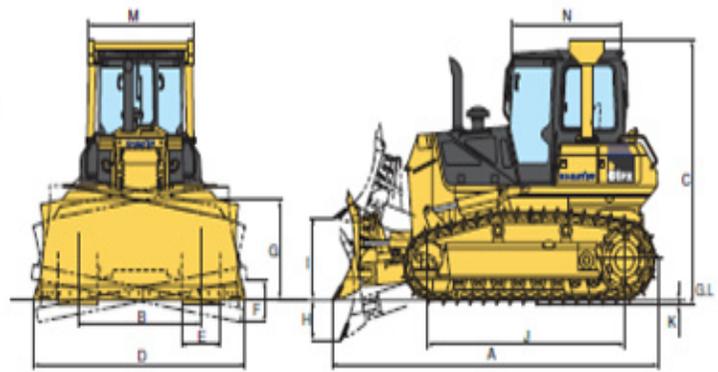
Peso de operación:

Incluyendo cabina de acero, estructura antivuelco ROPS, conductor, equipo estándar, capacidad nominal de lubricante, refrigerante y depósito de combustible lleno:

- D61EX-15 Hoja recta PAT: 17.350 kg
- D61PX-15 Hoja recta PAT: 18.260 kg

Diferentes dimensiones:

	D61EX-15	D61PX-15
A	5.450 mm	5.440 mm
B	1.900 mm	2.140 mm
C	3.150 mm	3.150 mm
D	3.275 mm	3.860 mm
E	600 mm	860 mm
F	510 mm	600 mm
G	1.200 mm	1.160 mm
H	580 mm	580 mm
I	1.025 mm	1.025 mm
J	3.170 mm	3.170 mm
K	57,5 mm	57,5 mm
M	1.650 mm	1.650 mm
N	1.760 mm	1.760 mm



Distancia del suelo: 395 mm

Ángulo de la hoja max. (hoja PAT): 25° derecha/izquierdo

Transporte de la máquina	Capacidad de la hoja	Anchura de transporte
Hoja recta PAT (EX)	3,40 m ²	2.995 mm
Hoja recta PAT (PX)	3,80 m ²	3.540 mm
Hoja recta PAT plegable (PX)	3,80 m ²	2.995 mm

Figura 26.-Dimensiones de Tractor D61-EX y D61-PX, Catalogo Komatsu

4.1.5.1.2.2. FUNCIONES A REALIZAR EN EL PROYECTO

El tractor D61-PX realizara las funciones de limpieza, desbroce y ayudara con el tendido del material pétreo en el área a rellenar debido a su potencia característica para realizar dichas funciones.

Esta será de 14 hectáreas y se encuentra una vegetación densa la que será removida en su totalidad, a continuación de esta tarea ayudara con el tendido del material que llegue de cantera para tener mayor agilidad con el proceso de acarreo y tendido.

4.1.5.1.3. TRACTOR KOMATSU D65-EX

Esta es una máquina de fabricación americana, importada al Ecuador por la empresa DITECA S.A.

Es de potencia media y parte importante también del equipo caminero empleado para el proyecto, este diseño integral Komatsu ofrece el mejor valor, confiabilidad y versatilidad.

Este tractor es una máquina cuyos componentes están diseñados para trabajar juntos para mayor producción, mayor confiabilidad y más versatilidad.

El motor cumple la normativa europea sobre emisiones Stage IIIA y EPA Tier III, e incluye inyección directa de carburante, turboalimentador y postenfriado para optimizar el ahorro de combustible. Con vistas a reducir al mínimo el ruido y las vibraciones, el motor está montado en el chasis principal sobre amortiguadores de caucho.

4.1.5.1.3.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de este tractor de potencia media son:

En motor:

- Modelo: Komatsu SAA6D114E-3
- Tipo: 4 ciclos, enfriado por agua, inyección directa
- Aspiración: Turboalimentado, y postenfriado aire-a-aire
- Número de cilindros: 6

- Diámetro interior x carrera: 114 mm x 135 mm 4.49" x 5.31"
- Desplazamiento del pistón: 8.27 L 505 plg3
- Gobernador: A todas las velocidades, electrónico
- Potencia

SAE J1995: Bruta 155 kW 207 HP

ISO 9249 / SAE J1349: Neta 153 kW 205 HP

Rpm nominales: 1,950 rpm

- Tipo de impulsor de ventilador: Hidráulica
- Sistema de lubricación

Método: Bomba de engranajes, lubricación forzada

Filtro: Flujo

Su sistema de transmisión TORQFLOW:

La transmisión TORQFLOW de Komatsu consiste de un convertidor de torsión de una fase, una etapa, 3 elementos, y enfriado por agua; y, una transmisión controlada electrónicamente de engranajes planetarios con embragues de discos múltiples que es accionada hidráulicamente y con lubricación forzada para lograr una óptima disipación térmica. Palanca de bloqueo para cambio de marchas e interruptor de seguridad de neutral previene que arranque accidental.

Velocidad de traslado	Avance	Retroceso
1ra	3.3 km/h 2.1 mph	4.4 km/h 2.8 mph
2da	6.3 km/h 3.9 mph	8.2 km/h 5.1 mph
3ra	10.1 km/h 6.3 mph	12.9 km/h 8.1 mph

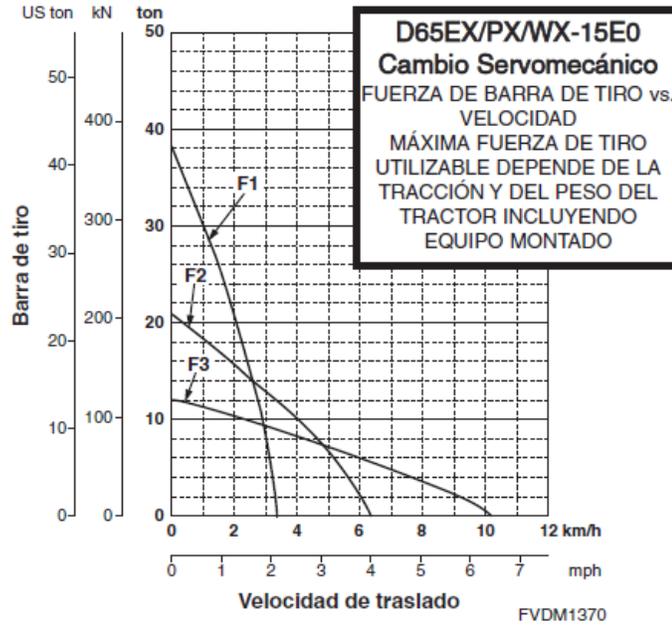


Figura 27.- Velocidades del tractor D65 EX, Catalogo Komatsu

Su sistema de dirección:

- Radio de giro mínimo : D65EX-15E0: 1.8 m 5'11"
- D65EX-15E0 Oruga Larga: 2.0 m 6'7"
- D65PX-15E0: 2.2 m 7'3"
- D65WX-15E0: 2.0 m 6'7"

Tren de rodaje:

- Suspensión: Barra estabilizadora oscilante y eje pivote
- Bastidor de rodillos: Monocasco, sección mayor, construcción duradera
- Rodillos y rueda tensora: Rodillos inferiores lubricados
- Zapata de la oruga

Cadenas lubricadas. Sellos exclusivos que impiden el paso de materias abrasivas entre el espacio del pasador-buje para ofrecer una vida de servicio prolongada. La tensión de las orugas se ajusta fácilmente mediante una bomba de grasa manual.

Su capacidad de combustible, refrigerantes y lubricantes (relleno):

- Tanque de combustible: 415 L 109.6 U.S. gal
- Refrigerante: 37 L 9.8 U.S. gal
- Motor: 28 L 7.4 U.S. gal

Su peso de operación:

- Peso del tractor:
Oruga Estándar: 17,270 kg 38,070 lb

Oruga Larga: 18,010 kg 39,710 lb

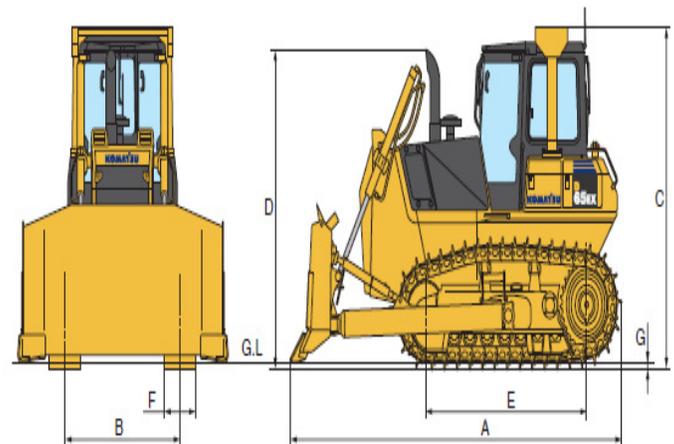
- Peso de operación

Oruga Estándar: 20,280 kg 44,710 lb

Oruga Larga: 21,020 kg 46,340 lb

Sus diferentes dimensiones:

	D65EX-15E0 Topadora Semi-U Inclinable	D65EX-15E0 Oruga Larga Topadora Semi-U Inclinable	D65PX-15E0 Topadora Recta Inclinable	D65WX-15E0 Topadora Semi-U Inclinable
A	5,440 mm 17'10"	5,750 mm 18'10"	5,520 mm 18'1"	5,440 mm 17'10"
B	1,880 mm 6'2"	1,880 mm 6'2"	2,050 mm 6'9"	2,050 mm 6'9"
C	3,220 mm 10'7"	3,220 mm 10'7"	3,220 mm 10'7"	3,220 mm 10'7"
D	2,990 mm 9'10"	2,990 mm 9'10"	2,990 mm 9'10"	2,990 mm 9'10"
E	2,675 mm 8'9"	3,285 mm 10'9"	3,285 mm 10'9"	2,675 mm 8'9"
F	510 mm 20.1"	510 mm 20.1"	915 mm 36.0"	810 mm 31.9"
G	65 mm 2.6"	65 mm 2.6"	65 mm 2.6"	65 mm 2.6"



Altura libre sobre el suelo405 mm 1'4"

Dimensiones con topadora semi-U inclinable (D65EX-15E0) con zapata de garra sencilla.

Figura 28.- Dimensiones del Tractor D65-EX, Catalogo Komatsu

4.1.5.1.3.2. FUNCIONES A REALIZAR EN EL PROYECTO

El tractor D65-EX realizara las funciones de tendido del material pétreo en el área a rellenar debido a su potencia característica para realizar dicha función. Este tractor de potencia media tendrá que tender el material granular que llegue de cantera para rellenar el área de 140.000,00 m², conforme a las cotas especificadas en planos.

4.1.5.2. EXCAVADORAS DEL PROYECTO

Ya que hemos descrito los trabajos a realizar en capítulos anteriores, podemos saber que las excavadoras tendrán una labor de gran importancia básicamente en cantera ya que estas maquinarias del equipo caminero que se propone para el proyecto tendrán las funciones de producir y cargar el material para su posterior acarreo y despacho.

Las excavadoras empleadas serán tres, entre las cuales hay una de gran potencia, otra de potencia media y por ultimo una de potencia más baja que las anteriores.

A continuación describiremos las excavadoras que vamos a emplear en este proyecto, sus características mecánicas así como las funciones que van a desarrollar en el proyecto.

4.1.5.2.1. EXCAVADORA PC450



Figura 29.- Excavadora Komatsu Pc-450, Catalogo komatsu

Esta maquinaria al igual que las anteriores es ensamblada en estados unidos e importada por la empresa DITECA S.A. Es parte

del equipo caminero para este proyecto y se empleara en la producción del material de relleno en cantera.

La PC450-7 es una máquina robusta y eficiente. Especialmente diseñada y fabricada para los mercados más exigentes, ofrece productividad, fiabilidad y comodidad para el operador en un conjunto robusto y respetuoso con el medio ambiente.

Posee un potente motor SAA6D125E-5 turboalimentado y postenfriado por aire puesto a punto por Komatsu suministra 184kW/345 HP.

4.1.5.2.1.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de la excavadora KOMATSU PC450 son:

En motor tenemos:

- Modelo: Komatsu SAA6D125E-5

- Tipo: Inyección directa de 'common rail', refrigerado por agua, EGR refrigerado, turbocompresor y postenfriado por aire, con control de emisiones de escape

- Potencia del motor

A las revoluciones del motor: 1.900 rpm

ISO 14396: 263 kW / 353 HP

ISO 9249 (potencia neta del motor): 257 kW / 345 HP

- N° de cilindros: 6

- Diámetro × carrera: 125 × 150 mm

- Cilindrada: 11,04 l

- Baterías: 2 × 12 V/140 Ah

- Alternador: 24 V/60 A

- Motor de arranque: 24 V/11 kW

- Filtro de aire: De tipo elemento doble con indicador de estado en el panel de control y evacuador de polvo automático

- Refrigeración: Ventilador de tipo de succión con rejilla para insectos en el radiador

Su sistema de transmisión y frenos:

- Control de dirección: 2 palancas con pedales que dan un control total e independiente de cada oruga
- Sistema de transmisión: Hidrostática
- Operación de desplazamiento: Selección automática de 3 velocidades
- Velocidades de desplazamiento
Lo / Mi / Hi: 3,0 / 4,4 / 5,5 km/h
- Fuerza de tracción máxima: 34.000 kgf
- Sistema de frenos: Discos accionados hidráulicamente en cada motor de desplazamiento

Su sistema hidráulico

- Tipo: HydraMind. Sistema centro cerrado con sensor de carga y válvulas compensadoras de presión
- Circuitos adicionales: 2 circuitos adicionales estándar
- Bomba principal: 2 bombas de pistones de caudal variable para alimentar los circuitos de pluma, balancín, cazo, giro y desplazamiento

- Máximo caudal de la bomba: 2 × 345 l/min
- Tara de las válvulas de descarga
- Implementos: 380 bar
- Desplazamiento: 380 bar
- Giro: 285 bar
- Circuito piloto: 33 bar

Su tren de rodaje:

- Construcción: Sección central del bastidor en X con bastidores de orugas en sección de caja
- Conjunto de orugas
Tipo: Totalmente sellado
Tejas (cada lado): 49
Tensión: Combinación de unidad hidráulica y resorte
- Rodillos
Rodillos de rodadura (cada lado): 8
Rodillos superiores (cada lado): 2 (LC); 3 (HWG)

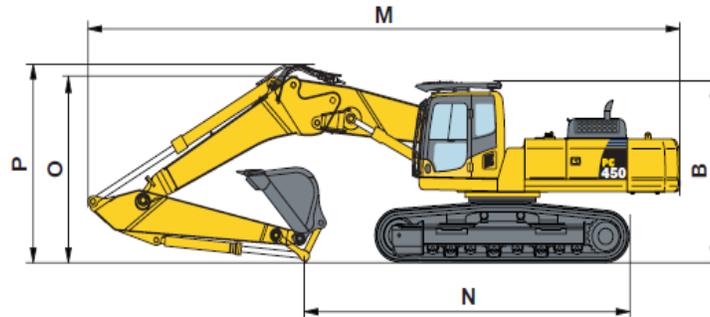
Su capacidad de combustibles, refrigerantes y lubricantes (relleno):

- Depósito de combustible: 650 l
- Radiador: 34 l
- Aceite motor: 38 l
- Transmisión de giro: 13,4 l
- Depósito hidráulico: 248 l
- Mandos finales (cada lado): 12 l

Su sistema de giro:

- Tipo: Motor de pistones axiales con transmisión a través de caja de cambios de doble reducción planetaria
- Bloqueo de giro: Freno multidisco en baño de aceite, accionado eléctricamente, integrado en el motor de giro
- Velocidad de giro: 0 - 9 rpm
- Par de giro: 132 kNm

Sus diferentes dimensiones:



LONGITUD DEL BALANCÍN		2,9 m	3,4 m
M	Longitud total de transporte	12.555 mm	12.430 mm
N	Longitud de transporte	7.415 mm	6.680 mm
B	Altura de transporte (hasta la parte superior de cabina con FOPS)	3.485 mm	3.485 mm
	Altura de transporte (hasta la parte superior de cabina sin FOPS)	3.265 mm	3.265 mm
O	Altura de transporte (hasta la punta de la pluma)	3.880 mm	3.660 mm
P	Altura total (hasta las tuberías)	4.030 mm	3.810 mm

Altura total con bastidor de rodaje regulable hidráulicamente: + 165 mm

Figura 30.- Dimensiones de la Excavadora Komatsu Pc-450, Catalogo Komatsu

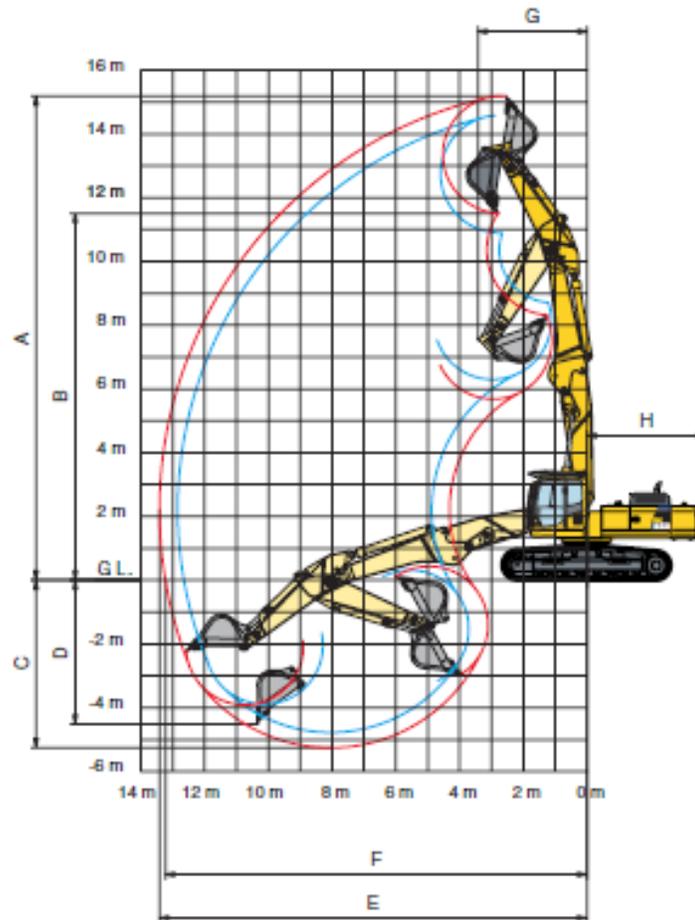
Su capacidad de carga del cucharon:

Bucket Type	Bucket				Arms						
	Capacity		Width		Weight		2400 mm 7'10"	2900 mm 9'6"	3380 mm 11'1"	4000 mm 13'1"	4800 mm 15'9"
Komatsu TL	1.12 m ³	1.47 yd ³	762 mm	30"	1287 kg	2,838 lb	V	V	V	V	V
	1.35 m ³	1.76 yd ³	914 mm	36"	1441 kg	3,176 lb	V	V	V	V	V
	1.64 m ³	2.15 yd ³	1067 mm	42"	1561 kg	3,442 lb	V	V	V	V	V
	1.94 m ³	2.54 yd ³	1219 mm	48"	1714 kg	3,779 lb	V	V	V	W	W
	2.25 m ³	2.94 yd ³	1372 mm	54"	1867 kg	4,117 lb	W	W	W	X	X
	2.55 m ³	3.34 yd ³	1524 mm	60"	1988 kg	4,382 lb	X	X	X	Y	Y
	2.87 m ³	3.75 yd ³	1676 mm	66"	2141 kg	4,720 lb	X	Y	Y	Z	Z

Tabla 3.- Capacidad de Carga de Excavadora Komatsu Pc-450, Catalogo Komatsu

Alcance de Brazo de excavadora:

POSICIÓN RECTA DE LA PLUMA EXCAVADORA



LONGITUD DEL BALANCÍN	2,9 m	3,4 m
A Altura máxima de excavación	14.580 mm	15.190 mm
B Altura máxima de descarga	10.900 mm	11.510 mm
C Profundidad máxima de excavación	4.775 mm	5.255 mm
D Profundidad máx. de excavación en pared vertical	4.045 mm	4.520 mm
E Alcance máximo de excavación	12.640 mm	13.410 mm
F Alcance máximo al nivel del suelo	12.645 mm	13.225 mm
G Radio mínimo de giro (cazo)	3.450 mm	3.425 mm
H Radio de giro de cuerpo posterior	3.740 mm	3.740 mm

Figura 31.- Longitudes de Alcance de Brazo de Excavadora Komatsu Pc-450, Catalogo Komatsu.

4.1.5.2.1.2. FUNCIONES A REALIZAR EN EL PROYECTO

Esta excavadora es parte importantísima del equipo caminero que se empleara en este proyecto, estará ubicada en cantera ya que debido a su gran potencia será la encargada de producir y cargar el material granular necesario para el relleno. Por su altísima capacidad de producción y despacho esta máquina es la encargada mayormente de abastecer a las volquetas para que transporten el material de relleno a obra.

4.1.5.2.2. EXCAVADORA PC350



Figura 32.- Excavadora Komatsu Pc-350, tomada en Cantera por Gustavo Chiriboga

La excavadora KOMATSU PC 350 también ensamblada en estados unidos e importada por DITECA S.A. prestara servicios en este proyecto debido a sus grandes capacidades y diseño, es así como se convierte en parte vital del equipo caminero empleado para ejecutar los trabajos de la plataforma de rellano de la urbanización farallón en la isla Mocolí.

Con el motor Komatsu ECOT3 de reciente fabricación, la PC350-8 reduce considerablemente el consumo de combustible gracias a técnicas de gran eficacia para combinar el funcionamiento de motor y unidad hidráulica. También incluye varias características para reducir el consumo energético, como el modo E variable y el Ecoindicador

4.1.5.2.2.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

En motor tenemos:

- Modelo: Komatsu SAA6D114E-3
- Tipo: Inyección directa de 'common rail', refrigerado por agua, turbocompresor y postenfriado por aire, con control de emisiones de escape
- Rendimiento nominal: 184 kW/247 HP (ISO 9249 Net)
- En número de revoluciones del motor: 1.950 rpm
- N° de cilindros: 6

- Diámetro × carrera: 114 × 135 mm
- Cilindrada: 8,27 l
- Baterías: 2 × 12 V/140 Ah
- Alternador: 24 V/60 A
- Motor de arranque: 24 V/11 kW
- Filtro de aire: De tipo elemento doble con indicador de estado en el panel de control y evacuador de polvo automático
- Refrigeración: Ventilador de tipo de succión con rejilla para insectos en el radiador

Su sistema de transmisiones y frenos:

- Control de dirección: 2 palancas con pedales que dan un control total e independiente de cada oruga.
- Sistema de transmisión: Hidrostática.
- Operación de desplazamiento: Selección automática de 3 velocidades.
- Pendiente máxima superable: 70%, 35°.
- Velocidades de desplazamiento
Lo / Mi / Hi: 3,2 / 4,5 / 5,5 km/h
- Fuerza de tracción máxima: 26.900 kgf.
- Sistema de frenos: Discos accionados hidráulicamente en cada motor de desplazamiento

Su sistema hidráulico:

- Tipo: HydrauMind. Sistema centro cerrado con sensor de carga y válvulas compensadoras de presión.
- Circuitos adicionales: 2 circuitos adicionales (opcional).
- Bomba principal: 2 bombas de pistones de caudal variable para alimentar los circuitos de pluma, balancín, cazo, giro y desplazamiento
- Máximo caudal de la bomba: 2×268 l/min
- Tara de las válvulas de descarga
 - Implementos: 380 bar
 - Desplazamiento: 380 bar
 - Giro: 285 bar
 - Circuito piloto: 33 bar

Su tren de rodaje:

- Construcción: Sección central del bastidor en X con bastidores de orugas en sección de caja.
- Conjunto de orugas
 - Tipo: Totalmente sellado
 - Tejas (cada lado): 48 (PC350LC, PC350NLC)
 - Tensión: Combinación de unidad hidráulica y resorte
- Rodillos
 - Rodillos de rodadura (cada lado): 8 (PC350LC, PC350NLC)
 - Rodillos superiores (cada lado): 2

Su capacidad de combustibles, refrigerantes y lubricantes (relleno):

- Depósito de combustible: 605 l
- Radiador: 32 l
- Aceite motor: 35 l
- Transmisión de giro: 16,5 l
- Depósito hidráulico: 188 l
- Mandos finales (cada lado): 9 l

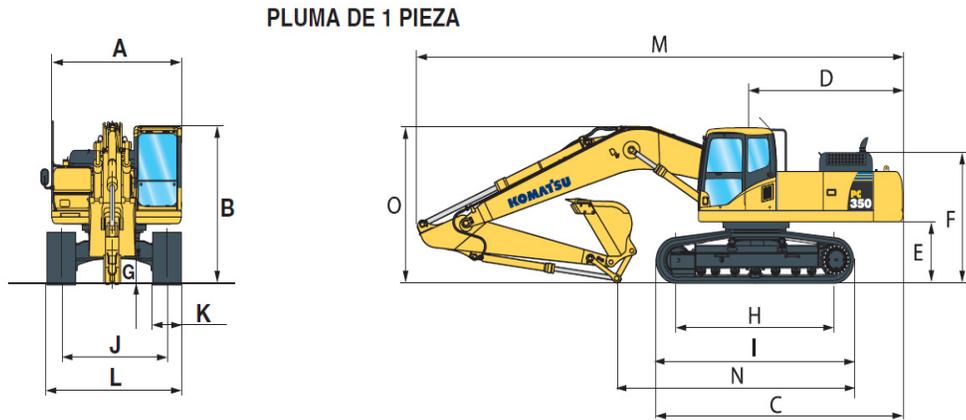
Su sistema de giro:

- Tipo: Motor de pistones axiales con transmisión a través de caja de cambios de doble reducción planetaria.
- Bloqueo de giro: Freno multidisco en baño de aceite, accionado eléctricamente, integrado en el motor de giro
- Velocidad de giro: 0 - 9,5 rpm
- Par de giro: 102,9 kNm

Su peso de operación:

Peso con la pluma de 6.470 mm de una pieza, balancín de 2,6 m, cazo de excavadora de 1.700 kg (SAE) colmada, el operador, lubricante, refrigerante, el depósito de combustible lleno y el equipamiento de serie.

Sus diferentes dimensiones:



DIMENSIONES DE LA MÁQUINA		PC350LC-8	PC350NLC-8
A	Anchura total de la superestructura	2.995 mm	2.995 mm
B	Altura total de la cabina	3.100 mm	3.100 mm
C	Longitud total de la máquina base	5.882 mm	5.882 mm
D	Longitud cuerpo posterior	3.405 mm	3.405 mm
	Radio de giro de cuerpo posterior	3.450 mm	3.450 mm
E	Altura libre bajo el contrapeso	1.186 mm	1.186 mm
F	Altura del capot de la máquina	2.580 mm	2.580 mm
G	Altura libre mínima	498 mm	498 mm
H	Distancia central entre ejes	4.030 mm	4.030 mm
I	Longitud de los carros	4.955 mm	4.955 mm
J	Ancho de vía	2.590 mm	2.390 mm
K	Anchura de las tejas	600, 700, 800, 850 mm	600, 700, 800, 850 mm
L	Anchura total con tejas de 600 mm	3.190 mm	2.990 mm
	Anchura total con tejas de 700 mm	3.290 mm	3.090 mm
	Anchura total con tejas de 800 mm	3.390 mm	3.190 mm
	Anchura total con tejas de 850 mm	3.440 mm	-

Figura33.- Dimensiones de Excavadora Komatsu Pc-350, Catalogo Komatsu

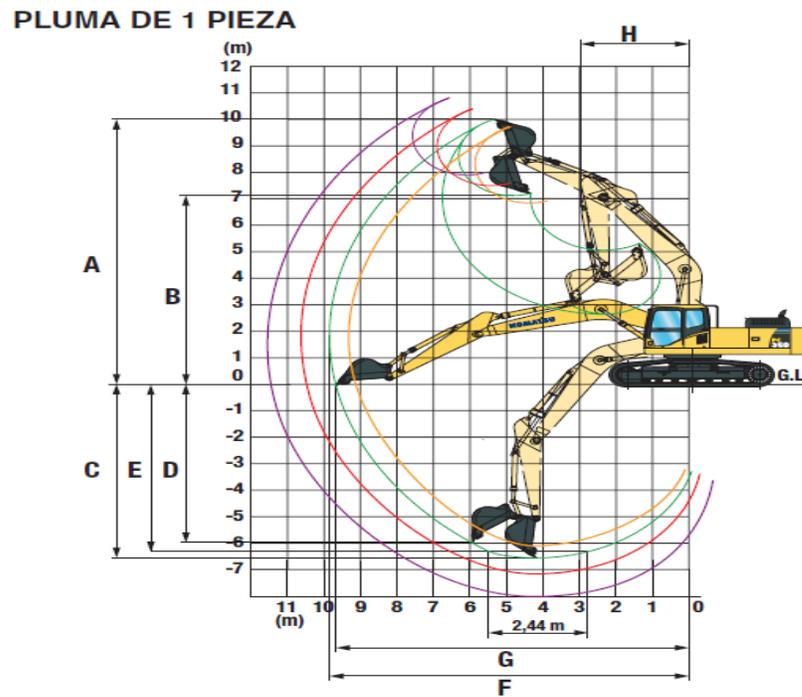
Su capacidad de carga del cucharon:

Posibles diferencias de características o implementos según disponibilidad local

COMBINACIÓN DE CAZO Y BALANCÍN		
Anchura (sin cuchillas laterales)	Capacidad (SAE, PCSA colmada)	Peso (sin cuchillas laterales)
800 mm	0,85 m ³	880 kg
1.000 mm	1,13 m ³	1.010 kg
1.200 mm	1,42 m ³	1.160 kg
1.400 mm	1,75 m ³	1.290 kg
1.500 mm	1,87 m ³	1.350 kg
1.600 mm	2,02 m ³	1.400 kg
1.800 mm	2,32 m ³	1.520 kg
2.000 mm	2,66 m ³	1.664 kg

**Tabla 4.- Capacidad de carga de Excavadora Komatsu Pc-350 ,
Catalogo komatsu**

Su alcance:



LONGITUD DEL BALANCÍN		2,2 m	2,6 m	3,2 m	4,0 m
A	Altura máxima de excavación	9.580 mm	9.965 mm	10.210 mm	10.550 mm
B	Altura máxima de descarga	6.595 mm	6.895 mm	7.110 mm	7.490 mm
C	Profundidad máxima de excavación	6.355 mm	6.705 mm	7.380 mm	8.180 mm
D	Profundidad máx. de excavación en pared vertical	5.120 mm	5.880 mm	6.480 mm	7.280 mm
E	Profundidad máx. de excavación con recorrido de 2,4 m	6.130 mm	6.520 mm	7.180 mm	8.045 mm
F	Alcance máximo de excavación	10.155 mm	10.550 mm	11.100 mm	11.900 mm
G	Alcance máximo al nivel del suelo	9.950 mm	10.355 mm	10.920 mm	11.730 mm
H	Radio mínimo de giro	4.390 mm	4.400 mm	4.310 mm	4.320 mm

**Figura 34.- Alcance de Brazo de Excavadora Komatsu Pc-350 ,
Catalogo Komatsu**

4.1.5.2.2. FUNCIONES A REALIZAR EN EL PROYECTO

La excavadora KOMATSU PC350 está diseñada para realizar labores de gran potencia por lo que se encontrara en cantera para producir y despachar el material granular necesario para el relleno. Debido a sus importantes características consideramos que la producción se verá dinamizada con la incorporación de esta maquinaria al equipo caminero necesario para ejecutar la obra de la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

4.1.5.2.3. EXCAVADORA PC200



Figura 35.- Excavadora Komatsu Pc-200, Tomada en obra por Manuel Rivera

Importada y distribuida por la empresa DITECA S.A. esta maquinaria es parte del equipo caminero con el que contara el proyecto, también es ensamblada en estados unidos. Es una excavadora que aunque no cuente con la potencia ni el tamaño de las anteriores excavadoras mencionadas en este capítulo es muy versátil y será de gran ayuda para las labores a ejecutar en la obra.

El poderoso motor turboalimentado y posenfriado aire-a-aire, Komatsu SAA6D107E-1 proporciona 110kW 148 HP. Este motor cumple con las regulaciones de emisiones Tier 3 de EPA, y UE etapa 3A sin sacrificar potencia ni la productividad del motor.

- Modo Economía mejora el consumo de combustible.
- Medidor Eco para operaciones con ahorro de energía.
- Aviso de precaución de periodos de ralenti excesivo para conservación de combustible.

4.1.5.2.3.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de la excavadora KOMATSU PC200 son:

En motor tenemos:

- Modelo: Komatsu SAA6D107E-1
- Tipo: Enfriado por agua, 4 ciclos, inyección directa
- Aspiración: Turboalimentado. posenfriado
- Número de cilindros: 6
- Diámetro: 107 mm 4.21”
- Carrera: 124 mm 4.88”
- Desplazamiento del pistón: 6.69 L 408 plg3
- Potencia:

SAE J1995: Bruta 116 kW 155 HP

ISO 9249 / SAE J1349: Neta 110 kW 148 HP

Rpm nominales: 2,000 rpm

- Método de impulso del ventilador de enfriamiento:
Mecánico
- Gobernador: Controla todas las velocidades, electrónico

Su sistema de transmisión y frenos:

- Control de la dirección: Dos palancas con pedales
- Método de transmisión: Hidrostático

- Máxima fuerza de la barra de tiro: 178 kN 18,200 kg
40,120 lb
- Pendiente superable: 70%, 35°
- Máxima velocidad de traslado: Alta: 5.5 km/h 3.4 mph
(Cambio Automático) Media: 4.1 km/h 2.5 mph
(Cambio Automático) Bajo: 3.0 km/h 1.9 mph
- Freno de servicio: Traba hidráulica
- Freno de estacionamiento: Freno de disco mecánico

Su sistema hidráulico

- Tipo: Sistema Hydraumind (Nuevo Diseño de Inteligencia Hidraulicomecánica), de centro cerrado con válvulas sensoras de carga y válvulas compensadoras de presión
- Número de modos de trabajo seleccionable: 5
- Bomba principal:
Tipo: Tipo pistón de desplazamiento variable
Bombas para: Circuitos de aguilón, brazo, cucharón, giro y traslado
- Flujo máximo: **439 L/min** 116 U.S. gal/min
- Suministro para el circuito de control: Válvula auto-reductora
- Motores hidráulicos:

- Marcha: 2 x motor de pistones axiales con freno de estacionamiento

- Giro: 1 x motor de pistones axiales con freno de retención

- Regulación de válvulas de alivio:

Circuito de implementos: **37.3 MPa** 380 kgf/cm² 5,400 psi

Circuito de traslado: **37.3 MPa** 380 kgf/cm² 5,400 psi

Circuito de giro: **28.9 MPa** 295 kgf/cm² 4,190 psi

Circuito piloto: **3.2 MPa** 33 kgf/cm² 470 psi

- Cilindros hidráulicos:(Número de cilindros – diámetro x carrera x diámetro de vástago)

Aguilón: **2 –120 mm x 1334 mm x 85 mm** 4.7” x 52.5” x 3.3”

Brazo: **1 –135 mm x 1490 mm x 95 mm** 5.3” x 58.7” x 3.7”

Cucharón: para Brazo de **2.41 m** 7’11” y **2.93 m** 9’7”
1 –115 mm x 1120 mm x 80 mm 4.5” x 44.1” x 3.2”para
Brazo de **1.84 m** 6’0”
1 –125 mm x 1110 mm x 85 mm 4.9” x 43.7” x 3.3”

Su tren de rodaje:

- Bastidor central: Bastidor en X
- Bastidor de oruga: Sección en caja
- Sellos de las orugas: Orugas selladas
- Ajustador de la oruga: Hidráulicos
- Número de zapatas (a cada lado):
PC200-8: 45

PC200LC-8: 49

- Número de rodillos superiores: 2 a cada lado
- Número de rodillos inferiores (a cada lado):
PC200-8: 7
PC200LC-8: 9

Su capacidad de combustibles, refrigerantes y lubricantes (relleno):

- Tanque de combustible: 400 L 105.7 U.S. gal
- Refrigerante: 20.4 L 5.4 U.S. gal
- Motor: 23.1 L 6.1 U.S. gal
- Mandos finales, a cada lado: 3.3 L 0.9 U.S. gal
- Maquinaria de giro: 6.6 L 1.7 U.S. gal
- Tanque hidráulico: 135 L 35.7 U.S. gal

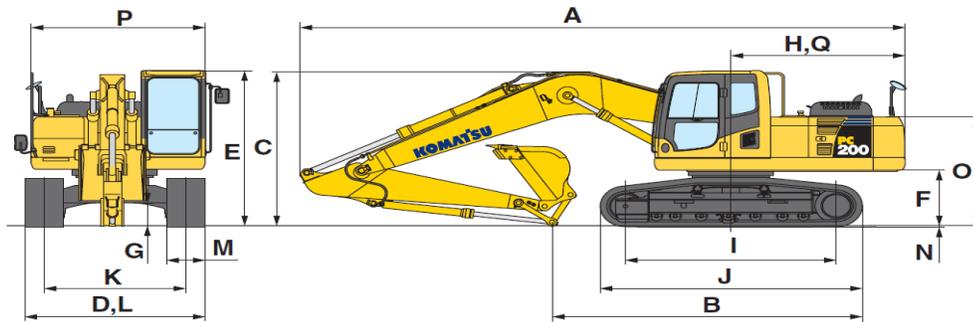
Su sistema de giro:

- Método de transmisión: Hidrostático
- Reducción del giro: Engranajes planetarios
- Lubricación del círculo de giro: Bañado en grasa
- Freno de servicio: Traba hidráulica
- Freno de retención/Traba del giro: Freno de disco mecánico
- Velocidad de giro: 12.4 rpm

Su peso de operación:

Peso de operación, incluyendo un aguilón de una pieza de **5,700 mm** 18'8", brazo de **2,925 mm** 9'7", cucharón de retroexcavadora SAE colmado de **0.80 m³** 1.05 yd³, capacidad nominal de lubricantes, refrigerante, tanque de combustible lleno, operador, y equipo estándar.

Sus diferentes dimensiones:



	Largo de Brazo	1,840 mm	6'0"	2,410 mm	7'11"	2,925 mm	9'7"
A	Longitud total	9,480 mm	31'1"	9,495 mm	31'2"	9,425 mm	30'11"
B	Largo en el suelo (transporte): PC200-8	6,270 mm	20'7"	5,700 mm	18'8"	4,815 mm	15'10"
	PC200LC-8	6,455 mm	21'2"	5,885 mm	19'4"	5,000 mm	16'5"
C	Altura total (sobre el aguilón)	2,985 mm	9'10"	3,190 mm	10'6"	2,970 mm	9'9"

		PC200-8		PC200LC-8	
D	Ancho total	2,800 mm	9'2"	3,080 mm	10'1"
E	Altura total (sobre la cabina)	3,040 mm	10'0"	3,040 mm	10'0"
F	Altura libre sobre el suelo, contrapeso	1,085 mm	3'7"	1,085 mm	3'7"
G	Altura libre sobre el suelo (mínimo)	440 mm	1'5"	440 mm	1'5"
H	Radio de giro de la cola	2,750 mm	9'0"	2,750 mm	9'0"
I	Longitud de la oruga en el suelo	3,275 mm	10'9"	3,655 mm	12'0"
J	Longitud de la oruga	4,070 mm	13'4"	4,450 mm	14'7"
K	Trocha	2,200 mm	7'3"	2,380 mm	7'10"
L	Ancho de orugas	2,800 mm	9'2"	3,080 mm	10'1"
M	Ancho de zapata	600 mm	24"	700 mm	28"
N	Altura de la garra	26 mm	1.0"	26 mm	1.0"
O	Altura de máquina por cabina	2,095 mm	6'10"	2,095 mm	6'10"
P	Ancho de máquina por cabina	2,710 mm	8'11"	2,710 mm	8'11"
Q	Distancia, centro de giro a cola	2,710 mm	8'11"	2,710 mm	8'11"

Figura 36.- Dimensiones de Excavadora Komatsu Pc-200, Catalogo Komatsu.

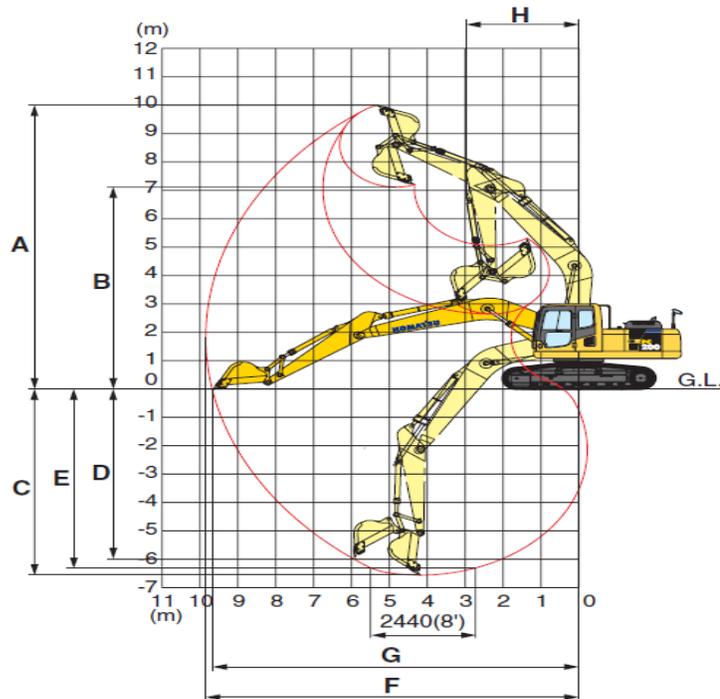
Su capacidad de carga del cucharón:

Capacidad del Cucharón (colmado)				Ancho				Peso	Número de Dientes	Largo de Brazo		
SAE, PCSA		CECE		Sin Cuchillas Laterales		Con Cuchillas Laterales		Con Cuchillas Laterales		1.84 m 6'0"	2.41 m 7'11"	2.93 m 9'7"
0.50 m ³	0.65 yd ³	0.45 m ³	0.59 yd ³	750 mm 29.5"		875 mm 34.4"		478 kg 1,050 lb	3	○	○	○
0.80 m ³	1.05 yd ³	0.70 m ³	0.92 yd ³	1,045 mm 41.1"		1,170 mm 46.1"		635 kg 1,400 lb	5	○	○	○
0.93 m ³	1.22 yd ³	0.80 m ³	1.05 yd ³	1,200 mm 47.2"		1,325 mm 52.2"		696 kg 1,530 lb	5	□	□	●
1.05 m ³	1.37 yd ³	0.90 m ³	1.12 yd ³	1,330 mm 52.4"		1,455 mm 57.3"		757 kg 1,670 lb	6	□	□	X
1.17 m ³	1.53 yd ³	1.00 m ³	1.31 yd ³	1,450 mm 57.1"		—		940 kg 2,070 lb	6	●	●	X

○: Para uso general, densidad hasta 1.8 ton/m³ 1.52 U.S. ton/yd³ ●: Para trabajo liviano, densidad hasta 1.2 ton/m³ 1.01 U.S. ton/yd³
 □: Para uso general, densidad hasta 1.5 ton/m³ 1.26 U.S. ton/yd³ X: No utilizable

Tabla 5.- Capacidad de carga de Excavadora Komatsu Pc-200, Catalogo Komatsu

Su alcance:



	Brazo	1,840 mm 6'0"	2,410 mm 7'11"	2,925 mm 9'7"
A	Máx. altura de excavación	9,500 mm 31'2"	9,800 mm 32'2"	10,000 mm 32'10"
B	Máx. altura de descarga	6,630 mm 21'9"	6,890 mm 22'7"	7,110 mm 23'4"
C	Máx. profundidad de excavación	5,380 mm 17'8"	6,095 mm 20'0"	6,620 mm 21'9"
D	Máx. profundidad de excavación vertical	4,630 mm 15'2"	5,430 mm 17'10"	5,980 mm 19'7"
E	Máx. profundidad de excavación con fondo plano de 8'	5,130 mm 16'0"	5,780 mm 19'0"	6,370 mm 20'11"
F	Máx. alcance de excavación	8,850 mm 29'1"	9,380 mm 30'9"	9,875 mm 32'5"
G	Máx. alcance de excavación a nivel del suelo	8,660 mm 28'5"	9,190 mm 30'2"	9,700 mm 31'10"
H	Mín. radio de giro	3,010 mm 9'11"	3,090 mm 10'2"	3,040 mm 10'0"
clasificación SAE	Fuerza de excavación del cucharón at power max.	157 kN 16,000 kgf/35,270 lb	138 kN 14,100 kgf/31,080 lb	138 kN 14,100 kgf/31,080 lb
	Fuerza de ataque del brazo at power max.	139 kN 14,200 kgf/31,300 lb	124 kN 12,600 kgf/27,780 lb	101 kN 10,300 kgf/22,710 lb
clasificación ISO	Fuerza de excavación del cucharón at power max.	177 kN 18,000 kgf/39,680 lb	149 kN 15,200 kgf/33,510 lb	149 kN 15,200 kgf/33,510 lb
	Fuerza de ataque del brazo a "Power Max".	145 kN 14,800 kgf/32,630 lb	127 kN 13,000 kgf/28,660 lb	108 kN 11,000 kgf/24,250 lb

FIGURA 37.- ALCANZE DE EXCAVADORA KOMATSU PC-200, Catalogo Komatsu

4.1.5.2.3.2. FUNCIONES A REALIZAR EN EL PROYECTO

La excavadora KOMATSU PC200 se la ubicara en cantera obviamente para realizar funciones de carga entre otras acciones importantes de ayuda como pequeños arreglos de vía o espacios donde se ubicaran las volquetas a ser cargadas y remoción de rocas grandes del camino pequeños desbroces y limpiezas, para que las excavadoras de mayor potencia tengan la eficiencia

correcta y no pierdan tiempo valioso en realizar acciones que no sean asociadas a la producción y despacho de material pétreo.

Esta maquinaria auxiliar en los trabajos de cantera podrá ayudar a que todas las máquinas de producción tengan mejor rendimiento en las funciones de producción a su vez realizara trabajos de carga a volquetas para su despacho.

4.1.5.3. VOLQUETAS DEL PROYECTO

Debido a la alta demanda de material pétreo para la plataforma de relleno de la urbanización Farallón, es de imperiosa necesidad una gran cantidad de volquetas para acarrear o transportar el material de cantera hasta el lugar de disposición final. Ya que la distancia entre cantera y relleno es de aproximadamente 27 km., para cubrir los ciclos de traslado del material de cantera a obra y regresar nuevamente a cantera, sin que la tasa de producción de material sea mayor a la de acarreo para no tener un sobre stock en cantera ni falta de producción por la cantidad de volquetas en el proyecto. La cantidad de volquetas para el proyecto aproximadamente son de 23, de distintas capacidades cada una y realizaran 6 ciclos / días para un total aproximado de 2500 m³ / día.

A continuación describiremos solamente un tipo característico de cada una de ellas

4.1.5.3.1. VOLQUETA UN TÁNDEM CAP. HASTA 9 M3

Estas volquetas son de fabricación japonesa y distribuida por el grupo MAVESA S.A. Las Volquetas HINO de la Serie 500 se han convertido en los equipos más reforzados para el severo trabajo diario, ideales por su fortaleza en chasis y sus potentes motores, su cómoda cabina, el fácil mantenimiento y máxima productividad en el trabajo diario.



Figura 38.- Volqueta Hino-500, capacidad 9 m3, tomada en obra por Gustavo Chiriboga

4.1.5.3.1.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de este tipo de volqueta siempre son muy similares entre marcas y son:

Sus capacidades y motor:

Peso bruto vehicular	17,000 Kg.
Peso chasis total aproximado	4,200 Kg
Capacidad de carga	9 m ³
Neumáticos	12R 22.5" 16 Lonas Tubeless (sin tubo)
Tipo	Diesel
Sistema de Inyección	Inyección electrónica de riel común
Norma anticontaminación	Euro III
Potencia máxima	260 HP @ 2,500 RPM
Torque máximo	745 NM @1,500 RPM
Cilindraje	7,684 CC

Tabla 6.- Capacidades y motor de Hino -500, Catalogo MAVESA

Su embrague y transmisión:

Embrague tipo	Mono disco seco
Transmisión / Tipo	Manual
Número de Velocidades	9 velocidades adelante + 2 reversas

Tabla 7.- Embrague y transmisión de Hino - 500 , Catalogo MAVESA

Sus frenos:

De servicio	Frenos 100% Aire, doble circuito independiente
Sistema frenos antibloqueo	Frenos con sistema ABS
De estacionamiento	Neumático a las ruedas posteriores
De escape	Válvula electro neumática con restricción al escape

**Tabla 8.- Características de sistema de frenos de Hino – 500,
Catalogo MAVESA**

4.1.5.3.1.2. FUNCIONES A REALIZAR EN EL PROYECTO

La función de este tipo de vehículos será la de acarrear el material pétreo desde la cantera hasta su lugar de disposición final que en este caso es la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí. Debido a la capacidad volumétrica de la tolva de esta volqueta será de rápido despacho y el ciclo al igual que el de las demás volquetas está dado por la ida cargada hasta la obra desde la cantera y el regreso.

4.1.5.3.2. VOLQUETAS DOS TÁNDEM CAP. HASTA 16 M3



Figura 39.- volqueta Hino – 700, , Catalogo MAVESA

Estas volquetas son de fabricación japonesa y distribuida por el grupo MAVESA S.A.

Las Volquetas HINO de la Serie 700 se han convertido en los equipos más reforzados para el severo trabajo diario, ideales por su fortaleza en chasis y sus potentes motores, su cómoda cabina, el fácil mantenimiento y máxima productividad en el trabajo diario.

4.1.5.3.2.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de este tipo de volqueta siempre son muy similares entre marcas y son:

Sus capacidades y motor:

Peso bruto vehicular	39,900 Kg
Peso bruto combinado	N/A
Peso chasis total aproximado	8,600 Kg
Capacidad de carga	31,300
Neumáticos	12R 24" 18 Lonas
Gradeabilidad tangencial	60%
Tipo	Diesel
Sistema de Inyección	Inyección electrónica de riel común
Norma anticontaminación	Euro III
Potencia máxima	420 HP @ 1,800 RPM
Torque máximo	1657 NM @1,100 RPM
Cilindraje	12,913 CC
Tipo Prefiltro	Doble Vertical

Tabla 9.- Capacidades y motor de Hino -700 , , Catalogo MAVESA

Su embrague y transmisión:

Embrague tipo	Monodisco seco
Transmisión / Tipo	Manual
Número de Velocidades	16 adelante + 2 reservas

Tabla 10.- Embrague y transmisión de Hino - 700 , , Catalogo MAVESA

Sus frenos:

De servicio	Frenos 100% Aire, doble circuito independiente
Sistema frenos antibloqueo	N/A
De estacionamiento	Neumático a las ruedas posteriores
De escape	Freno de motor a las válvulas Jacobs, con 3 tiempos de frenado

Tabla 11.- Características de sistema de frenos de Hino – 700, Catalogo MAVESA

4.1.5.3.2.2. FUNCIONES A RELAIZAR EN EL PROYECTO

Este tipo de vehículo tendrá la función de acarrear el material pétreo desde la cantera hasta la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí. Debido a la capacidad volumétrica de la tolva de esta volqueta será de una rapidez media de despacho y el ciclo al igual que el de las demás volquetas está dado por la ida cargada hasta la obra desde la cantera y el regreso.

4.1.5.3.3. VOLQUETA TIPO TRÁILER O BAÑERA 18 M3 – 30 M3



**Figura 40.- Hino-700 usada para cabezal de bañera ,
Catalogo MAVESA**

Estas volquetas son de fabricación japonesa y distribuida por el grupo MAVESA S.A.

Las Volquetas HINO de la Serie 700 se han convertido en los equipos más reforzados para el severo trabajo diario, ideales por su fortaleza en chasis y sus potentes motores, su cómoda cabina, el fácil mantenimiento y máxima productividad en el trabajo diario.

Ideal para carga pesada y viajes largos. La mula de la Serie 700 se destaca por su potente motor y transmisión así como la resistencia de sus ejes y diferenciales.

Su cómoda cabina y el fácil mantenimiento hacen que esta mula sea considerada como la mejor en su categoría.

4.1.5.3.3.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de este tipo de volqueta siempre son muy similares entre marcas y son:

Sus capacidades y motor:

Peso bruto vehicular	N/A
Peso bruto combinado	45,000 Kg
Peso chasis total aproximado	7,800 Kg
Capacidad de carga	N/A
Neumáticos	12R 22.5" 16 Lonas
Gradeabilidad tangencial	60%
Tipo	Diesel
Sistema de Inyección	Inyección electrónica de riel común
Norma anticontaminación	Euro III
Potencia máxima	450 HP @ 1,800 RPM
Torque máximo	1952 NM @1,100 RPM
Cilindraje	12,913 CC
Tipo Prefiltro	Unitario Vertical

Tabla 12.- Capacidades y motor de Hino -700, Catalogo MAVESA

Su embrague y transmisión:

Embrague tipo	Monodisco seco
Transmisión / Tipo	Manual
Número de Velocidades	16 adelante + 2 reservas

**Tabla 13.- Embrague y transmisión de Hino - 700,
Catalogo MAVESA**

Sus frenos:

De servicio	Frenos 100% Aire, doble circuito independiente
Sistema frenos antibloqueo	Frenos con sistema ABS
De estacionamiento	Neumático a las ruedas posteriores
De escape	Freno de motor a las válvulas Jacobs, con 3 tiempos de frenado

**Tabla 14.- Características de sistema de frenos de Hino – 700,
Catalogo MAVESA**

4.1.5.3.3.2. FUNCIONES A RELAIZAR EN EL PROYECTO

Este tipo de vehículo tendrá la función de acarrear el material pétreo desde la cantera hasta la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí. Debido a la capacidad volumétrica de la tolva de esta volqueta será de una rapidez baja

de despacho pero de gran volumen de acarreo y el ciclo al igual que el de las demás volquetas está dado por la ida cargada hasta la obra desde la cantera y el regreso.

4.1.5.4. MOTONIVELADORA DEL PROYECTO

Es necesario para culminar con los trabajos en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón de la isla Mocolí darle un acabado a la superficie cuando este llegue a la cota deseada.

Este debe ser un trabajo de suma precisión ya que los rellenos siempre tienen que estar con los niveles correcto conforme a los planos y la cota de proyecto, para esto la única opción es esta maquinaria que incluimos en el equipo caminero necesario para la obra y la describimos en este capítulo.

Generalmente este tipo de maquinaria ha sido asociada solamente con las obras viales, en este campo es una maquinaria muy eficaz por su rapidez y maniobrabilidad, posee una cuchilla la que cumple con la tarea de cortar el terreno y de esta manera proceder a nivelarlo, lo hace por capas o por pasadas en la que cada pasada

significa que el terreno ha perdido “x” cantidad de cm hasta llegar al nivel indicado. Esta cuchilla se encuentra ubicada en el centro de dicha maquinaria y se comanda por medio de una tornamesa que le otorga inclinación dado en ángulos, la posición de la cuchilla para el corte del terreno es diagonal para dar salida a la tierra que se arrastra, puede acomodarse lateralmente, subir y bajar de acuerdo a la exigencia.

4.1.5.4.1. MOTONIVELADORA KOMATSU GD 555



**Figura 41.- Motoniveladora Komatsu GD-555,
Catalogo Komatsu**

La motoniveladora KOMATSU GD555 es una maquinaria de altísima precisión será la encargada de darle el acabado a la superficie de la plataforma de relleno anteriormente descrita, es de ensamblaje americano y la importación es realizada por la empresa DITECA S.A.

Esta maquinaria obviamente la encontraremos en el relleno y solamente estará en la última etapa o conclusión del proyecto, en la que finalizara con las labores de nivelación exacta hasta la cota de proyecto.

Las motoniveladoras Komatsu hacen alarde de la geometría de vertedera más versátil en la industria. Ahorra tiempo y dinero cuando hace zanjas tirando la hilera hacia la derecha, no sobre el camino sin reducir la base del camino. No se necesitan máquinas ó personal adicional para recoger la hilera. Se hace posible por el alcance extraordinario de Komatsu. Además, hay un espacio libre amplio entre el talón de la hoja y el bastidor principal, aún con la punta angulada marcadamente hacia abajo.

Cilindros de levante extra largos permiten a la vertedera alcanzar 835 mm 2'9" bajo nivel.

4.1.5.4.1.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de la motoniveladora KOMATSU GD55 serán descritas a continuación:

Su motor:

- Modelo: Komatsu SA6D102E
- Tipo: Enfriado por agua, 4 ciclos, inyección directa
- Aspiración: Turboalimentado y posenfriado
- Número de cilindros: 6
- Diámetro: 102 mm 4.02"
- Carrera: 120 mm 4.72"
- Cilindrada: 5.88 ltr 359 in3
- Potencia bruta
Marcha 1~3: 108 kW 145 HP@2000 rpm
Marcha 4~8: 125 kW 165 HP@2000 rpm
- Potencia neta
Marcha 1~3: 104 kW 140 HP@2000 rpm
Marcha 4~8: 119 kW 160 HP@2000 rpm
- Torque máximo
Marcha 1~3: 606 Nm 61.8 kg.m 447 lb.ft@1400 rpm
Marcha 4~8: 741 Nm 75.6 kg.m 547 lb.ft@1400 rpm
- Reserva de torque: 30 %
- Ventilador: 7 aspas, empujador
- Filtro del aire: 2 etapas, tipo seco
- Eléctrico: 24 voltios con alternador de 50 amperios
- Batería: 2, bajo mantenimiento, 12 voltios, 112 Ah

Su sistema de transmisión y frenos:

Servo-transmisión con convertidor de torsión con estator de giro libre y traba integrado.

Velocidades (motor a la velocidad nominal)

Marcha	Avance	Retroceso
1 ^a	3.3 km/h 2.1 mph	4.4 km/h 2.7 mph
2 ^a	4.8 km/h 3.0 mph	8.9 km/h 5.5 mph
3 ^a	6.8 km/h 4.2 mph	19.6 km/h 12.2 mph
4 ^a	9.8 km/h 6.1 mph	39.0 km/h 24.2 mph
5 ^a	14.9 km/h 9.3 mph	
6 ^a	21.6 km/h 13.4 mph	
7 ^a	29.6 km/h 18.4 mph	
8 ^a	42.9 km/h 26.7 mph	

Tabla 15.- Velocidades de Motoniveladora Komatsu GD-555, Catalogo komatsu

- Freno de servicio: operado con pie, discos de frenos sellados en aceite, accionados hidráulicamente en las cuatro ruedas de tándem, 13338 cm² 2067 pulg² de superficie total de frenado
- Freno de estacionamiento: accionado manualmente, aplicado por resorte, calibrador liberado hidráulicamente con interbloqueo de transmisión

Su sistema de dirección:

Servo dirección hidráulica que permite dirección con motor parado cumpliendo con SAE J53 y J1151.

- Radio de giro mínimo: 6.8 m 22'4"
- Máximo rango de dirección, derecha ó izquierda: 50°
- Articulación: 23°

Sus ruedas delanteras, traseras y mando tándem

- Cojinetes: Rodamientos cónicos
- Neumáticos: baja presión, sin cámara, 13.00 – 24, 10 lonas – G2
- Aros de neumáticos (desmontable): 9.00 DC x 24
- Sección de caja soldada oscilante: 580 mm x 221 mm 1'11" x 9"
- Propulsión por rueda dentada y cadena, cordón sencillo: 31.75 mm 1.25" de paso
- Espesor de pared lateral: Interior: 22 mm 0.88"
Exterior: 19 mm 0.75"
- Distancia entre ejes: 1535 mm 5'0"
- Oscilación de tándem: 13° avance, 13° retroceso

Su capacidad de combustible, refrigerantes y lubricantes (relleno):

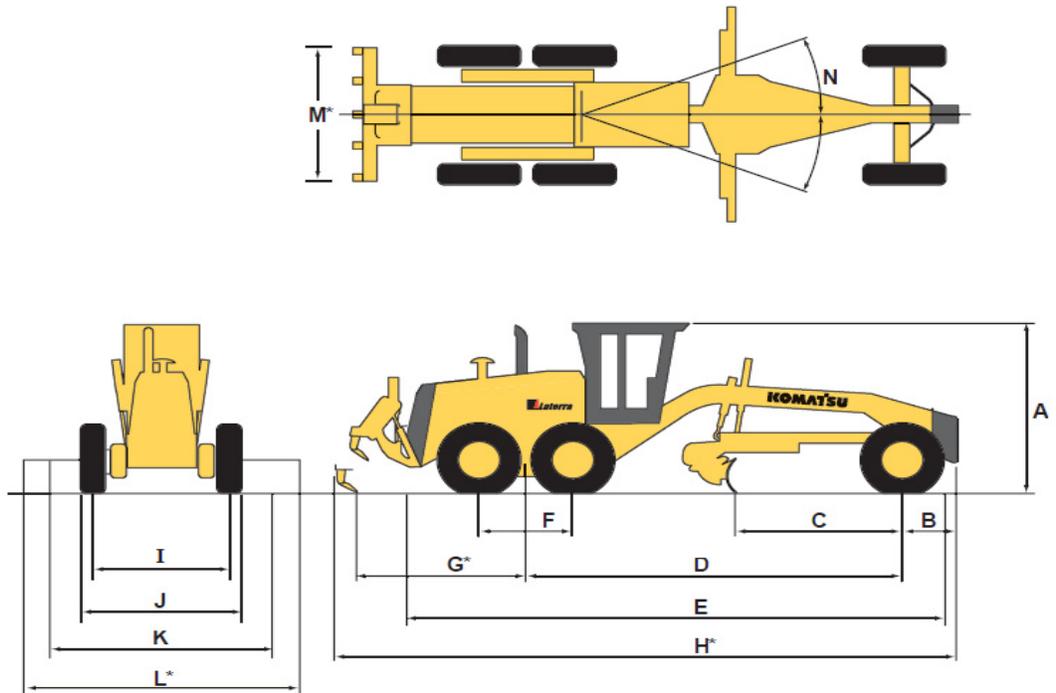
- Tanque de combustible: 340 ltr 89.8 U.S. gal
- Sistema de enfriamiento: 42 ltr 11.1 U.S. gal
- Cáster: 14 ltr 3.8 U.S. gal
- Convertidor de Torsión y Transmisión: 45 ltr 11.9 U.S. gal
- Mando final: 12 ltr 3.2 U.S. gal
- Carcasa de tándem (cada una): 83 ltr 21.9 U.S. gal
- Sistema hidráulico: 45 ltr 11.9 U.S. gal
- Carcasa del impulsor del círculo
Estándar: 5 ltr 1.3 U.S. gal

Su peso de operación:

Incluye lubricantes, refrigerante, tanque de combustible lleno, y operador.

- Total: 13,050 kg 28,770 lb
- En ruedas traseras: 9,300 kg 20,500 lb
- En ruedas delanteras: 3,750 kg 8,270 lb

Sus diferentes dimensiones:



A	Altura	3100 mm	10'2"
B	Centro de eje delantera a contrapeso	640 mm	2'1"
C	Borde de corte a centro de eje delantero	2500 mm	8'2"
D	Distancia entre ejes al centro del tándem	5850 mm	19'2"
E	Neumático delantero al parachoques trasero	8350 mm	27'5"
F	Distancia entre ejes del tándem	1535 mm	5'0"
G	Centro del tándem a atrás del desgarrador	2560 mm	8'5"
H*	Longitud total	9390 mm	30'10"
I	Trocha	2130 mm	7'0"
J	Ancho de neumáticos	2525 mm	8'3"
K	Ancho de vertedera estándar	3710 mm	12'2"
L*	Ancho de vertedera opcional	4319 mm	14'2"
M*	Ancho de la viga del desgarrador	1960 mm	6'5"
N	Articulación total	23°	23°

Figura 42.- Dimensiones de Motoniveladora Komatsu GD-555, Catalogo Komatsu

Alcance de la hoja y/o cuchilla

- Desplazamiento lateral del centro del círculo:
Derecha: 625 mm 2'1"
Izquierda: 625 mm 2'1"
- Desplazamiento lateral de la vertedera:
Derecha: 820 mm 2'8"
Izquierda: 820 mm 2'8"
- Máximo alcance de la berma del lado exterior de los neumáticostraseros (estructura recta)
Derecha: 2000 mm 6'7"
Izquierda: 2000 mm 6'7"
- Máxima elevación sobre el suelo: 485 mm 1'7"
- Máxima profundidad de corte: 835 mm 2'9"
- Máximo ángulo de la hoja, derecha ó izquierda: 90°
- Angulo de corte de la hoja: 40° hacia delante, 5° hacia atrás

4.1.5.4.1.2. FUNCIONES A REALIZAR EN EL PROYECTO

La función de la motoniveladora KOMATSU GD555 será la de nivelar y darle un acabado exacto a la superficie de las 14 hectáreas del relleno, tomando en consideración las cotas de proyecto. La motoniveladora entrara en la etapa final del proyecto debido a que antes de tener la superficie lista para que esta máquina trabaje los tractores tuvieron que tender el material extraído de cantera y se debió realizar correctamente la hidratación y compactación. Una vez concluida las labores con la motoniveladora y compactado con el rodillo se puede decir que ha terminado este contrato y esta lista la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

4.1.5.5. RODILLO COMPACTADOR DEL PROYECTO

El rodillo compactador es una herramienta básica en el movimiento de tierras ya que es la que eleva la densidad del material. En el proyecto esta máquina tendrá un uso constante debido a q la compactación es por capas y se debe realizar continuamente y en varias pasadas hasta llegar a obtener una

densidad adecuada del material, que son calculadas en laboratorios y probadas con densímetro nuclear. A continuación describiremos las características del rodillo que se empleara para este proyecto.

4.1.5.5.1. RODILLO BOMAG - BW212 D40



Figura 43.- Rodillo Bomag 12 Toneladas , Catalogo Bomag

Este rodillo es ensamblado en estados unidos y también importado al Ecuador por DITECA S.A. Es una maquinaria de fácil mantenimiento y alta eficiencia. Como parte de nuestro equipo

caminero obviamente la encontraremos en el relleno a compacta en la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

4.1.5.5.1.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Debido a que el rodillo compactador es una maquinaria básica describiremos brevemente sus características:

Su capacidad de combustibles:

- Combustible: 250 l

Su sistema de frenos:

- Sistema de frenos: hidráulico
- Freno de mano: hidromecánico

Su sistema de transmisión:

- velocidad (1): km/h 0- 6,0 0- 6,0
- velocidad (2): km/h 0- 10,0 0- 10,0
- Max. nivel con/sin vibrador: % 45/43 49/46

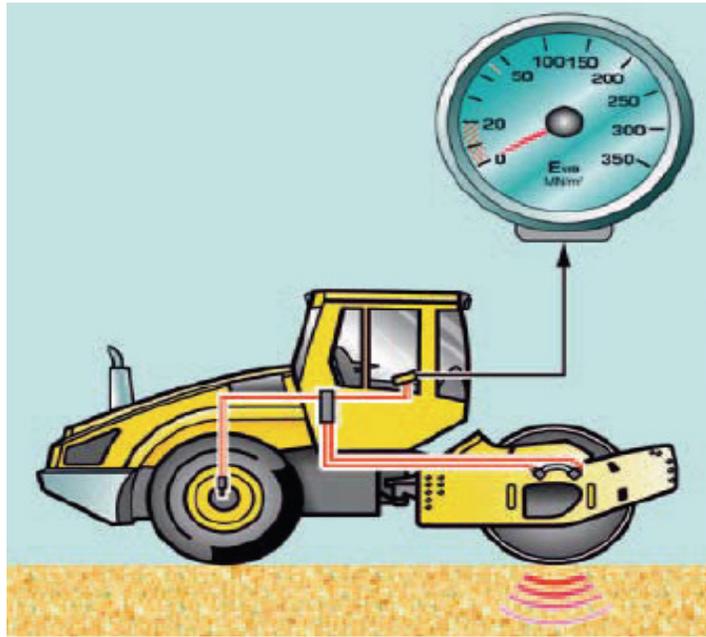
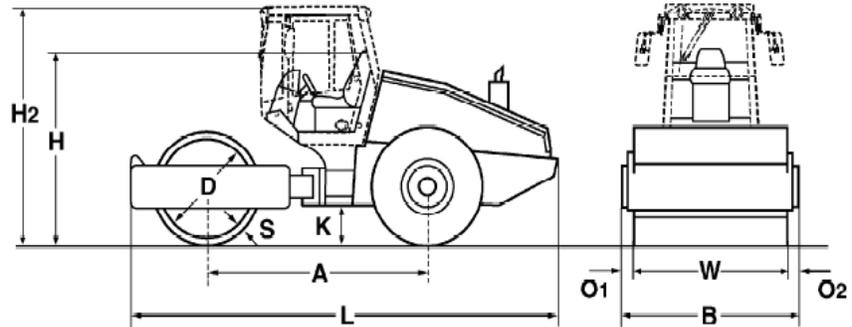


Figura 44.- Alcance de vibración de Rodillo, Catalogo Bomag

Sus dimensiones:



Dimensions in mm

	A	B	D	H	H2	K	L	O1	O2	S	W
BW 212 D-40	2960	2250	1500	2268	2985	490	5840	60	60	25	2130
BW 212 PD-40	2960	2250	1480	2268	2985	490	5840	60	60	25	2130

Figura 45.- Dimensiones de Rodillo Bomag 12 Toneladas, Catalogo Bomag

Machine type	Compaction output (m3/h)			
	Rock fill	Gravel, sand	Mixed soil	Silt, clay
BW 212 D-40	400-800	270-540	220-440	110-220
BW 212 PD-40	400-800	270-540	220-440	160-320

Machine type	Compacted layer thickness (m)			
	Rock fill	Gravel, sand	Mixed soil	Silt, clay
BW 212 D-40	0,70	0,50	0,40	0,20
BW 212 PD-40	0,70	0,50	0,40	0,25

Tabla 16.- Rendimiento de compactación de rodillo BW 212 según fabricante, Catalogo Bomag.

4.1.5.5.1.2. FUNCIONES A RELAZAR EN EL PROYECTO

La función que realizara en el proyecto el rodillo BOMAG - BW212 D40 es muy básica puesto que se encargara de compactar el material de relleno que llegue de cantera a la obra que superara ligeramente los 400.000,00 m3. Deberá realizar esta labor conforme las especificaciones técnicas y bajo la aprobación de fiscalización, el trabajo lo realizara por capaz de entre 0,30 y 0,40 m. y en conjunto con la hidratación lograra obtener un porcentaje alto del proctor, aproximadamente de 95 a 100%, hasta llegar a tener una superficie de 140.000 m2 compactada en la cual se pueda desarrollar las estructuras urbanísticas correspondientes.

4.1.6. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

Los trabajos de construcción pesada, involucran por lo general de manera preponderante el "Movimiento de Tierras", en donde la operación básica consiste en aflojar (voladura o ripeo), remover o excavar, procesar (triturado, criba, mezcla o incorporación de agua o asfalto), acarrear, colocar y compactar. Las operaciones descritas hacen que los materiales manejados cambien de características en cuanto a sus propiedades físicas.

Debe quedar claro que los factores aquí manejados sólo sirven para convertir el rendimiento expresado en un estado a otro (factor "e"), o bien para afectar un rendimiento como resultado de la facilidad o dificultad para manejarlos (factor "m"), ya que los criterios de medición y por ende pago, de las unidades de obra terminada difieren de cliente a cliente y no se diga de país a país.

El ministerio de transportes y obras públicas de Ecuador, encargado de normar la construcción de la infraestructura del transporte, establece en sus especificaciones que los conceptos de obra de

excavación se midan en banco, y los de acarreo, sobreacarreo y formación de terraplenes, bases y sub-bases, se midan compactados.

Generalmente se manejan los materiales en términos de volumen, pero algunas máquinas como las trituradoras tienen su producción por peso/hora, y en otras como las mototraillas y volquetas, se tienen que considerar las dos capacidades en volumen y en peso, para usar la misma.

Como ejemplo de la densidad tenemos que:

Un camión fuera de carretera o bañera CAT 789 de 1800 hp., cuya velocidad tope cargado es de 51 Km/h., tiene como capacidades máximas de su caja 85 m³ y 102 m³ con rebose; si acarreará roca bien triturada con un peso volumétrico de 1800 ton/m³, obviamente suelta, la capacidad equivalente en ambas modalidades sería: 102 m³ (1.8) ton/m³ = 184 ton.

Aquí se liga también la propiedad de ángulo de reposo o de fricción interna, puesto que la consideración de capacidad rebose según las norma internacionales, es de 2:1.

CAPITULO 5

5.1. RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS Y MÉTODOS PARA SU CÁLCULO

Existen algunos métodos para calcular los rendimientos de las maquinarias así como su teoría para describirlos, a continuación explicaremos brevemente las teorías.

5.1.1. DESCRIPCIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA PESADA

Dentro del cálculo de los costos del equipo de construcción, así como para la planificación y programación de las obras, es necesario calcular la capacidad productiva de las máquinas; para esto se dispone de información que proporcionan los fabricantes del equipo y usualmente se consignan los valores teóricos para condiciones de máxima eficiencia; la mejor fuente de datos de los rendimientos es la

estadística de cada empresa, que, de haberla, es la que refleja las condiciones reales de operación.

Ha sido una tradición, el uso indiscriminado del factor de eficiencia igual a 0.75 en los rendimientos calculados por los analistas, lo cual puede ser válido para períodos cortos de operación; pero, en la realidad y a largo plazo, el factor de 50% se considera razonable y de ninguna manera como pesimista.

En términos de Ingeniería y de Movimiento de Tierras, “Producción o Rendimiento de una máquina o equipo de máquinas”, es el número de unidades de trabajo que se realiza en una unidad de tiempo, que generalmente es una hora:

$$\text{Producción} = \text{Unidades de trabajo} / \text{hora}$$

Generalmente la unidad de trabajo que se utiliza es el m³ o la tonelada (que se refiere generalmente al volumen en banco, de acuerdo a las especificaciones del MTOP) medida durante un lapso de tiempo, generalmente una hora; eventualmente dependiendo de la naturaleza del trabajo se utilizarán otras unidades de medida más adecuadas, como el metro lineal en la construcción de zanjas o de

pilotes o el m² en las pantallas de hormigón. La unidad de tiempo más empleada es la hora, aunque a veces la producción se expresa por día.

El Rendimiento de una máquina o equipo de máquinas de construcción o de movimiento de tierras es una unidad de volumen o peso de material producido o explotado, movido o compactado durante un lapso medido de tiempo; la cantidad de obra realizada puede valorarse mediante observación directa, reglas y fórmulas (teórico) o por medio de las tablas proporcionadas por los fabricantes (generalmente se trata de curvas o gráficos en los que se relaciona la producción teórica máxima que puede realizar la máquinas en un lapso de tiempo).

En condiciones reales de la obra, el material puede presentarse en diferentes estados

5.1.1.1. TIPOS DE ESTADOS DEL MATERIAL PÉTREO

Expondremos tres características a continuación:

5.1.1.1.1. MATERIAL EN BANCO

Es el material en su estado natural, es decir, antes de la explotación con máquinas. El volumen a trabajar, todavía en éste estado, se denomina por ende volumen de material en banco.

5.1.1.1.2. MATERIAL SUELTO

Una vez que el material en banco ha sido explotado, se produce un incremento en su volumen debido al esponjamiento.

5.1.1.1.3. MATERIAL COMPACTADO

El material que ha sido explotado en banco y luego se lo ha compactado reduce su volumen debido a la contracción y reducción de vacíos.

5.1.2. FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA

El rendimiento o productividad horaria de una maquina es igual a la productividad normal de la misma en condiciones ideales o de laboratorio, multiplicada por factores de eficiencia, que son a su vez resultado de la ponderación de una serie de aspectos que influyen en la operación de una máquina o equipo de máquinas y basados en la experiencia de trabajo con máquinas en diferentes condiciones, de operación y mantenimiento, como se aprecia en la tabla 1.0. Estos factores no son de aplicación total y cada uno deberá emplearse sólo cuando lo requieran las circunstancias, generalmente no se da el caso de que todos los factores incidan simultáneamente de manera negativa en la operación, ya que esto significaría un trabajo demasiado costoso muy poca eficiencia en el mismo.

Condiciones de Operación	Mantenimiento de los Equipos			
	Excelente	Bueno	Normal	Pobre
Excelente	0.83	0.81	0.76	0.63
Buena	0.76	0.75	0.71	0.60
Normal	0.72	0.69	0.65	0.54
Pobre	0.52	0.50	0.47	0.32

Tabla 17.- Eficiencia de Producción de acuerdo a condiciones operacionales, Catalogo Diteca S.A.

La producción normal o ideal de cada máquina es la determinada de acuerdo a las fórmulas establecidas en relación a la capacidad de la máquina o la establecida en base a las gráficas proporcionadas por los fabricantes en sus manuales de rendimiento estas gráficas se determinan asumiendo condiciones no reales, por lo que es necesario afectarlas con los valores correspondientes a los factores que usualmente inciden en las condiciones del trabajo.

5.1.3. MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA

Los rendimientos de la maquinaria pesada se calculan en tres principales funciones, como son las siguientes:

A) Gráfico.

B) Mediante fórmulas.

C) Por observación directa.

5.1.3.1. MÉTODO GRAFICO

Para el cálculo están estipuladas las siguientes graficas con lo cual podemos tener una idea muy real del rendimiento de los equipos:

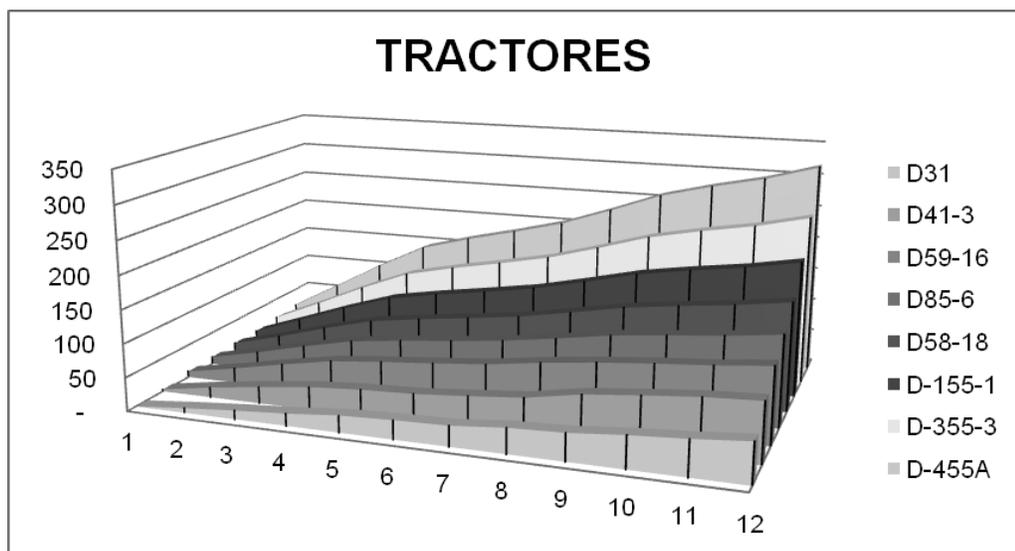


Figura 46.- Método Grafico para cálculo de Rendimiento de Tractores, Catalogo Caterpillar

Estos gráficos se explican por sí solos puesto que solamente debe observarse en función de que variables se determinan y así obtener la producción horaria, a continuación algunos ejemplos:

5.1.3.2. MÉTODO MEDIANTE FORMULAS

Las premisas básicas para el cálculo de la capacidad de producción se sustentan en una sencilla fórmula:

$$\text{Rendimiento} = 60 \text{ min.} \times E \times Vc / Tc$$

Donde:

R = Rendimiento en m³/hora (m³ suelto)

E = Factor de eficiencia de 75-80%. (Se asume entre los profesionales ecuatorianos)

Vc = Volumen movido por ciclo m³/ciclo.

Tc= Tiempo del ciclo en min. o seg.

La producción de un ciclo está representada por el volumen del material en cada ciclo: en una retroexcavadora, por ejemplo, o en un cargador frontal, es la capacidad del cucharón; en una motoescrepa o volqueta, es la capacidad de la caja y en un tractor empujando, es la capacidad de la cuchilla.

El número de ciclos por hora es el tiempo requerido por una máquina para completar un ciclo de trabajo o su recíproco; el número de ciclos por unidades de tiempo puede obtenerse utilizando la velocidad y tiempos especificados en los manuales del equipo, al dividir las distancias por recorrer entre ellas y considerar los tiempos fijos.

En algunos casos intervienen el factor de llenado (para cargadores y palas mecánicas), y el factor de esponjamiento.

$$R = 60 \text{ min.} \times E \times V_c \times F_e / T_c \times F_a$$

Donde:

R = Rendimiento.

E = Eficiencia.

V_c = Volumen movido por ciclo.

F_e = Factor de llenado.

Tc = Tiempo del ciclo.

Fa = Factor de esponjamiento.

La variable "E" es un factor de eficiencia del equipo y se obtiene de la combinación de 16 subfactores, algunos no aplicables, otros favorables (mayores que uno) y los más de ellos desfavorables (menores que uno).

$$E = t \times o \times a \times m \times e \times c \times g \times p \times r \times l \times u \times n \times d \times h \times z \times v$$

En donde todas las afectaciones son de carácter acumulado, ya que un factor incide en otro y así sucesivamente, lo cual se ejemplifica con una situación dada como la siguiente:

Donde:

t = eficiencia en tiempo = 50 min./60 min. = 0.83

o = operación buena = 0.90

a = administración buena = 0.90 (bueno).

m = tipo de material "2" (medio) = 0.90.

e = estado del material: banco tepetate = 0.90

c = carga = 0.90

g = maniobra y alcance = 1.00

p = pendiente del terreno = 1.00

r = condiciones del camino = 1.00

1 = clima = 0.90

u = uso = 0.85

n == efecto de altitud snm = 1.00

d = desperdicio = 1.00

h = humedad = 1.00

z = temperatura = 1.00

v = polvo.

$$E = .83 \times .90 \times .90 \times .90 \times .90 \times .90 \times 1 \times 1 \times 1 \times .90 \times .85 \times 1 = 0.37$$

Este factor de eficiencia puede parecer extraño a un analista, aunque en el pasado se acostumbró a utilizar el 75% como factor usual; todo depende de la situación prevaleciente;

Por ejemplo: en las tareas de demolición posteriores a un sismo que vivió un país amigo, era común observar eficiencias aproximadamente de 10%; debido, sobre todo a las maniobras de rescate, a lo inadecuado de las máquinas y a la escasez de vehículos de acarreo.

A continuación se detallan 11 subfactores de eficiencia y se consignan algunos de sus valores más normalmente aceptados. Cabe hacer hincapié en que el factor de eficiencia es uno de los valores más importantes dentro de los rendimientos de la maquinaria pesada en movimiento de tierras.

5.1.3.2.1. FACTOR DE EFICIENCIA EN TIEMPO

Consiste en el tiempo efectivo de trabajo durante el día o en cada hora y se acostumbra manejarlo en la cantidad de minutos efectivos cronometrados por cada hora.

(Eficiencia horaria): Se refiere al tiempo real o minutos trabajados por la maquina en una hora, este factor de eficiencia horaria o factor operacional (operating factor) se expresa generalmente en minutos trabajados / hora transcurrida. Un factor de eficiencia horaria de 100% ó 1 es el ideal o utópico, pues es imposible de alcanzar en las condiciones reales de la obra, un valor de eficiencia horaria de 0.83 ó 83 % se considera óptimo en condiciones reales de obra, en la siguiente tabla se presentan valores típicos para este factor y la condición de trabajo a la que corresponden:

Tiempo Real Trabajado en una hora	Factor Eficiencia Horaria	Condiciones
60	$60/60 = 100 \%$	Ideales
50	$50/60 = 83\%$	Optimas
40	$40/60 = 67\%$	Medias
30	$30/60 = 50\%$	Pobres

Tabla 18.- Factor de Eficiencia horaria, Catalogo Caterpillar

Se denomina Producción óptima o de punta (Peak) Pop a la mejor producción alcanzable trabajando los 60' de cada hora.

En la práctica se trabaja sólo 45' ó 50' a la hora por lo que la producción normal Pn será:

$$P_n = \frac{50}{60} * P_{op} = 0.83 P_{op} = fh * P_{op}$$

La eficiencia horaria de una máquina, además de las características mecánicas de la misma, depende directamente de otros factores como condiciones organizacionales, motivación y pericia del operador, características del terreno, mantenimiento de los equipos, condiciones atmosféricas, equipo seleccionado adecuadamente, existencia de repuestos, etc.; en todo caso siempre será necesario antes de establecer un factor de eficiencia para determinada máquina, tener en consideración todas las demoras que pueden ocurrir durante la operación normal en condiciones reales.

Naturalmente una máquina no trabaja sólo una hora sino varias al día durante el período que dure la obra; que puede ser de muchos meses. Esto hay que tenerlo presente para calcular una eficiencia

promedio, y que las condiciones y la organización pueden ir cambiando con el transcurso de la obra.

En la práctica es difícil superar las 2000 horas, principalmente debido a:

- Averías de la máquina.
- Mantenimiento o conservación cada cierto número de horas de trabajo, aunque no se incluirán en las pérdidas por realizarse normalmente en horas no laborables para la máquina durante las de espera.
- Condiciones atmosféricas locales, que además de afectar a la producción de la máquina entorpecen la marcha general de la obra.

5.1.3.2.2. FACTOR DE OPERACIÓN

Consiste en la habilidad, experiencia y responsabilidad de los operadores, quienes constituyen un factor medular en los rendimientos horarios de la maquinaria. Un buen número de contratistas asigna a este factor el 80% como el equivalente a operadores promedio en Ecuador, asignando un valor de 100% a

aquellos con amplia experiencia y probada capacidad, digamos, calificados como operadores excelentes.

5.1.3.2.3. FACTOR DE ADMINISTRACIÓN DE OBRA

La administración en campo e incluso oficina central es un elemento de peso en los resultados que se obtienen de las máquinas. La adecuada planeación, dirección, operación y control de la obra redundan necesariamente en los volúmenes obtenidos. Algunos aspectos que tienen que ver con la administración de obra son: suministro oportuno y suficiente de combustible, frecuencia de lubricación y engrase, relevo de operadores, rapidez de provisión de refacciones y su reemplazo, talleres mecánicos, balance de equipo, etc.

En éste factor, también se incluye la selección del equipo óptimo para determinada obra, que debe existir para todo equipo de máquinas y también la eficiencia en la provisión de repuestos a tiempo. Una buena administración en obra hará que el rendimiento de una máquina o equipo de máquinas sea el óptimo, evitando demoras innecesarias debidas a la falta de coordinación o de jefatura.

CONDICIONES DE OBRA	CONDICIONES DE ADMINISTRACION			
	EXCELENTE	BUENA	MEDIANA	MALA
EXCELENTE	0.84	0.81	0.76	0.7
BUENA	0.78	0.75	0.71	0.65
MEDIANA	0.72	0.69	0.65	0.6
MALA	0.63	0.61	0.57	0.52

Tabla 19.- Coeficiente de administración de obra, Catalogo Diteca S.A.

5.1.3.2.4. FACTOR DE TIPO DE MATERIAL

Los rendimientos generalmente consignados ($m = 100\%$), se refieren a material fácil de atacar y que corresponde al material clasificado como tipo I (tierra no compactada, arena y grava, suelo suave).

Algunos le llaman a esto facilidad de carga; para el material medio puede utilizarse un factor de 90%, tierra compactada, arcilla seca y suelos con menos de 25% de contenido rocoso.

La clasificación del material medio difícil, corresponde a suelos duros con contenidos de roca hasta 50% y puede usarse como factor cercano a un 80%.

El material difícil de atacar es la roca tronada o escarificada y los suelos con hasta 75% de contenido rocoso $m=70\%$. Por último, los materiales más difíciles son las rocas areniscas y caliche, en cuyo caso el factor aplicable es del orden de un 60%.

TIPO DE MATERIAL	DESCRIPCIÓN
MATERIAL CLASE I	Material de fácil explotación
MATERIAL CLASE II	Explotación difícil
MATERIAL CLASE II-A	Es indispensable aflojarlo con explosivo antes de su explotación con máquina
MATERIAL CLASE III	Roca fija, se requiere el uso de explosivos para su extracción.

Tabla 20.- Clasificación En Función De Tipo De Materiales, Catalogo Caterpillar

5.1.3.2.5. FACTOR DE CARGA

El valor de éste factor, depende de la facilidad con la que la máquina puede trabajar o “atacar” el material. De esta manera un material en el que la máquina puede trabajar fácilmente tendrá un factor igual al 100%; un material considerado como medio tendrá un factor m de 90%, siendo el valor del factor de carga menor a medida que se incrementa la dificultad para el trabajo de la máquina en el material; en un material tipo roca o arenisca el valor del factor de carga desciende hasta 55 - 60%. Dependiendo del material que se vaya a explotar, el llenado máximo que se le puede dar a la cuchara variará.

Tipo de carga	Factor de carga	Tipo de material
Carga fácil	0.95	Arcillas, arenas
Carga media	0.80-0.90	Tierra común
Carga dura	0.70	Gravas
Carga muy dura	0.55	Pizarras, roca Fragmentada

Tabla 21.- Factor de facilidad de carga según tipo de material, Catalogo Caterpillar

5.1.3.2.6. FACTOR DEL ESTADO DEL MATERIAL

Este factor se refiere a las condiciones del material y se maneja en estados: en banco, suelto y compactado. La condición estándar que se maneja como 100% es para el material suelto, en seguida se muestra una relación de estos factores para varios tipos de material.

Factor "e"			
Material	Banco	Compacto	Abundante
Arena	90%	86%	11%
Arcilla arenosa	82%	72%	25%
Arcilla	7%	63%	25%
Suelo con grava	85%	91%	18%
Rocas suaves	80%	85%	75%
Roca dura	59%	77%	7%

Tabla 22.- Factor de facilidad de carga según el estado de material, Catalogo Caterpillar

5.1.3.2.7. FACTOR DEL ESPONJAMIENTO

Para cada tipo de material puede establecerse un factor de esponjamiento correspondiente:

Valores Del Coeficiente De Esponjamiento			
	E mín.	E máx.	E prom.
Material Clase I	1.25	1.35	1.30
Material Clase II	1.30	1.40	1.35
Material Clase II – A	1.35	1.45	1.40
Material Clase III	1.45	1.65	1.50

Tabla 23.- Coeficiente De Esponjamiento, Catalogo Caterpillar

5.1.3.2.8. FACTOR DE MANIOBRA Y ALCANCE

En este factor se toma en cuenta el giro que requiere una draga u otro equipo de excavadoras para depositar el material producto de excavación.

En este caso también se aplica para las excavadoras el porcentaje de alcance requerido respecto al alcance máximo de los brazos o plumas; ejemplo de ello es la realización de sepas con profundidad de 3 metros; utilizando un retroexcavador con una capacidad de cavar a una profundidad de hasta 5.6 metros, situación que permitirá mejorar el factor de carga de cierta medida.

En el caso de las excavadoras hidráulicas, el ángulo de giro que debe efectuar la máquina para depositar el material producto incide directamente en la producción que se pueda obtener. Los factores para varios ángulos de giro se resumen en la siguiente tabla:

Giro	Factor
45°	1.05
60°	1.00
75°	0.93
90°	0.86
120°	0.76
180°	0.61

Tabla 24.- Factor de Maniobra, Catalogo Diteca S.A.

5.1.3.2.9. FACTOR POR PENDIENTE DE TERRENO

Este elemento es aplicable cuando se calcula la producción de tractores, vehículos, niveladoras y en general a equipos y operaciones en los que afecta de manera sustancial la pendiente del terreno.

Pendiente del terreno %	Factor "p"
-10 a – 20	hasta 125%
0a-10	hasta 110%
0 a 10	hasta 90%
10 a 20	hasta 75%

Tabla 25.- Influencia de la pendiente del terreno, Catalogo Diteca S.A.

Es importante no olvidar este aspecto en particular cuando se acarrear materiales a distancia y en volúmenes considerables o cuando se contrata un tramo con pendiente adversa o favorable continua. La aplicación de éste factor, es de especial interés para las máquinas que se desplazan al realizar su trabajo, como motoniveladoras, bulldozers, cargadora, volquetes, dumperes, etc.

Cuando se trata de volúmenes considerables, es mayor la importancia que adquiere éste factor, si la pendiente del terreno es adversa entonces el ascenso se hará difícil e incrementará el tiempo de acarreo o retorno; en pendientes favorables, el vehículo tendrá mayor velocidad y el tiempo de acarreo o retorno será menor.

5.1.3.2.10. FACTOR DE CAMINO

Para el caso de camiones de volteo, se acostumbra combinar el efecto de pendiente de terreno con el de resistencia al rodamiento; este sub-factor μ_r tiene los siguientes valores usualmente manejados.

Cuando un vehículo avanza sobre el suelo o sobre un camino construido, actúa una fuerza resistente del suelo sobre los neumáticos o el tren de rodaje de la máquina, en contra del sentido en que se efectúa el desplazamiento. Esta resistencia varía dependiendo del tipo de suelo o la superficie del camino. La resistencia a la rodadura se puede estimar utilizando la siguiente fórmula:

$$W_r = \mu_r * G$$

Donde,

W_r = resistencia a la rodadura

μ_r = coeficiente de resistencia a rodadura (factor de condiciones del camino)

G = peso de operación del vehículo

Type and conditions of ground	μ_r (%)		
	Vehicle w/iron wheel treads	Crawler tractor	Tractor w/pneumatic tires wheels
Iron truck	1.0		
Concrete floor	2.0	2.8	2.3
Macadam road	2.9	3.3	2.8
Wood pavement	2.5		
Dry unpaved plain road	4.5	4.6	3.5
Firm terrain	10.0	5.5	4.0
Dry, loose terrain	11.5	6.5	4.5
Soft terrain	16.0	8.0	9.0
Loose gravel	15.0	9.0	12.0
Loose sand	15.0	9.0	12.0
Muddy ground		12.0	16.0
Packed snow			3.7
Ice			2.0

Tabla 26.- Coeficiente de Resistencia a la rodadura, Manual de Rendimiento Komatsu # 25

En la práctica la resistencia total o pendiente efectiva, es el efecto combinado de la resistencia a la rodadura más la resistencia por pendiente. Generalmente la resistencia total se la expresa como un porcentaje de pendiente en sentido adverso al movimiento. En la gráfica anterior se observan los coeficientes de resistencia a la rodadura para diferentes máquinas fabricadas por Komatsu.

Este factor adquiere importancia en el uso de las curvas de producción de máquinas, ya que hay que estimar la resistencia total al movimiento o pendiente efectiva que es igual a la resistencia por pendiente más la resistencia al desplazamiento y generalmente se expresa en porcentaje de pendiente ó pendiente equivalente. También se refiere a las condiciones de la superficie del camino, en terrenos lodosos o sin mantenimiento donde la máquina tendrá dificultad para transitar, éste factor incide significativamente en una disminución de la producción horaria. Es importante también tener en cuenta las condiciones del terreno para la selección de la máquina adecuada.

Tipo de camino	Neumáticos	Oruga
Concreto	0.88 - 1.00	0.45
Arcilla seca	0.50 - 0.58	-----
Arcilla Mojada	0.40 - 0.49	-----
Arena Disgregada	0.20 - 0.35	0.30
Grava de cantera	0.60 - 0.70	-----
Tierra Suelta	0.30 - 0.40	0.60
Tierra Compacta	0.50 - 0.60	0.90

Tabla 27.- Factor de Condiciones del camino, Catalogo Caterpillar

También debe tomarse en cuenta en este caso, lo que se conoce como coeficiente de agarre entre el medio de desplazamiento (llanta u oruga) y la superficie:

Resistencia	Coeficiente de agarre (tracción)			
	Superficie	al rodado	Neumáticos	Orugas
	concreto	2.0 %	0.80 -1.00	0.45
	Asfalto	2.5 %	0.80-1.00	-
	arcilla seca	-	0.50 - 0.70	0.65
	arcilla húmeda	-	0.40 - 0.50	0.70
	grava-arena dura	3.0%		
	húmeda	-	0.30 - 0.40	0.35
	Suelta	12		
	arena suelta		0.20 - 0.35	0.30
	tierra seca fina	4.5%	0.50 - 0.60	0.90
	no surcada	5.0%	0.40 - 0.50	0.60
	surcada	8.0%		

Tabla 28.- Factor de Coeficiente de tracción, Catalogo Caterpillar

5.1.3.2.11. FACTOR DE CLIMA, LLUVIA

Considerando básicamente los días de lluvia y sus efectos secundarios como el anegamiento del terreno, el cociente de los días como buen tiempo entre los hábiles proporciona el factor de clima. Es importante señalar este aspecto, el cual puede estar incluido en el rubro "horas-año" (ha), que se maneja en costo horario del equipo, en cuyo caso no debe ser duplicado.

5.1.3.2.12. FACTOR DE USO

Aunque sea considerado tradicionalmente como parte del costo horario, puede aplicarse como un factor más de eficiencia al uso efectivo del equipo, considerando sus tiempos muertos por reparaciones y falta de trabajo. Se aplica cuando el número de horas-año consideradas en costo horario estándar sea menor en la aplicación específica.

5.1.3.2.12.1. PRODUCCIÓN TEORICA

La producción teórica horaria de la máquina, es igual a la capacidad de la máquina (definida por las características mecánicas del modelo) multiplicada por el número de ciclos de trabajo que realiza en una hora, es decir:

$$\text{PRODUCCIÓN TEÓRICA} = \text{CAPACIDAD} \times \# \text{ DE CICLOS REALIZADOS EN UNA HORA}$$

5.1.3.2.12.2. PRODUCCIÓN REAL

La producción horaria real de la máquina, será igual a la producción horaria teórica multiplicada por la serie de factores que inciden en la operación que se mencionaron anteriormente, es raro que todos estos factores incidan a la vez de manera desfavorable a la operación; por lo que es necesario hacer una estimación correcta de los mismos.

$$\text{PRODUCCIÓN REAL} = \text{PRODUCCIÓN HORARIA TEORICA} \times \text{FACTORES}$$

5.1.3.2.12.3. CICLO DE TRABAJO DE LAS MAQUINAS

Es el tiempo durante el cual la máquina realiza una serie de operaciones sucesivas para realizar un trabajo.

Decimos que una máquina ha realizado un ciclo cuando ésta ha regresado a su posición inicial, luego de haber realizado la serie de operaciones que lo componen.

Por ejemplo, en las máquinas de movimiento de tierras el tiempo de un ciclo de trabajo, es el tiempo total invertido por una máquina en cargar, trasladarse y/o girar, descargar y volver a la posición inicial. La suma de los tiempos empleados en cada una de estas operaciones por separado determina el tiempo del ciclo.

5.1.3.2.12.4. TIEMPOS FIJOS

Son aquellos que no varían mayormente durante la ejecución del trabajo en condiciones normales, por ejemplo durante la carga, descarga y maniobras fijas como aceleración, desaceleración, cambios, giros, etc.

5.1.3.2.12.5. TIEMPOS VARIABLES

Son aquellos que varían dependiendo de la distancia de transporte o acarreo del material producido, los tiempos de ida y vuelta también llamados de acarreo y retorno.

Se considera siempre que el tiempo de retorno es bastante menor que el de acarreo o de ida, ya que la Máquina efectúa el regreso sin el peso de la carga y por ende acelera más fácil.

El valor que estimemos como tiempo de ciclo de una máquina debe ser resultado de promediar los tiempos de duración de varios ciclos efectuados.

5.1.3.2.12. FACTOR DE ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR

En este caso se presenta una reducción casi proporcional de la eficiencia de un motor al incrementarse la altura sobre el nivel del mar (asnim), puesto que se disminuye la presión atmosférica.

Es obvio que los motores turbo cargados conservan su potencia, independientemente de la asnim, pero en los normalmente

cargados de combustible, la fuerza de tracción disponible se reduce.

CAT y Fiat-Allis coinciden en recomendar una reducción del 1% por cada 100 metros adicionales de asnim, a partir de 100 metros el primero y de 300 metros el segundo. Lo anterior resultaría, para el caso de la ciudad de Ecuador, en un factor de eficiencia igual a $n = 0.87$

*Altitud en m	Temperatura en ° C						
	42°	32°	21°	15°	10°	4°	-7°
0	95.4	97.1	99.1	100	100.8	101.8	103.9
305	92.0	93.7	95.5	96.4	97.4	98.4	103.3
915	85.5	87.2	88.8	89.6	90.5	91.4	93.3
1525	79.5	80.9	82.2	83.3	84.2	89.9	86.7
2136	73.8	75.2	86.7	77.5	78.2	79.0	80.6
2745	68.6	69.9	71.3	72.0	72.7	73.4	74.8

Tabla 29.- Disminución de potencia en función de la altura y temperatura, Catalogo Caterpillar

5.1.3.2.13. FACTOR DE DESPERDICIO

En cualquier operación en donde se mide el material colocado tanto compactado como no compactado, el volumen por mover o de préstamo, tendrá una merma en su manejo, se recomienda usar entre 4 y 8% de metro, esto es, un factor de entre 1.04 y 1.08.

5.1.3.2.14. FACTOR DE HUMEDAD

En condiciones de igualdad de temperatura, digamos 30 grados cent., a menor humedad, mejor rendimiento de la máquina y viceversa. En terrenos por ejemplo como los desiertos de Sonora, con la humedad al 50%, podría asignarse un factor de 1.03, a 60% de humedad $h = 1.00$ y para un sitio extremadamente húmedo con 100% $h = 0.98$

5.1.3.3. MÉTODO POR OBSERVACIÓN DIRECTA

Este cálculo, como su nombre lo dice, es por medio de observación directa en el campo o lugar de trabajo, esto es una combinación

entre el método gráfico y el método mediante fórmulas, en este cálculo influyen varios factores que deben tomarse en cuenta:

- Superficie del terreno.
- Tipo de material que va a moverse.
- Grado de dificultad del material que ha de moverse.
- Distancia del movimiento de tierras.
- Volumen del material.
- Peso específico del material.

Dependiendo de estos factores tomaremos una solución para ver qué tipo de maquinaria se emplea, su tamaño y capacidad para ejecutar el movimiento de tierra.

Para el cálculo del rendimiento, debe tomarse la velocidad del equipo al atacar sobre el terreno tanto en la ida como en el regreso, así como las maniobras necesarias para su ejecución, el tiempo de carga y descarga, éste es tomado por medio de un cronómetro. Esto es más que nada para sacar un rendimiento promedio dentro del campo ya que sirve para retroalimentarse y obtener información más confiable para el futuro.

CAPITULO 6

Este capítulo lo dividiremos entre el equipo caminero para explotación – acarreo – plataforma de relleno)

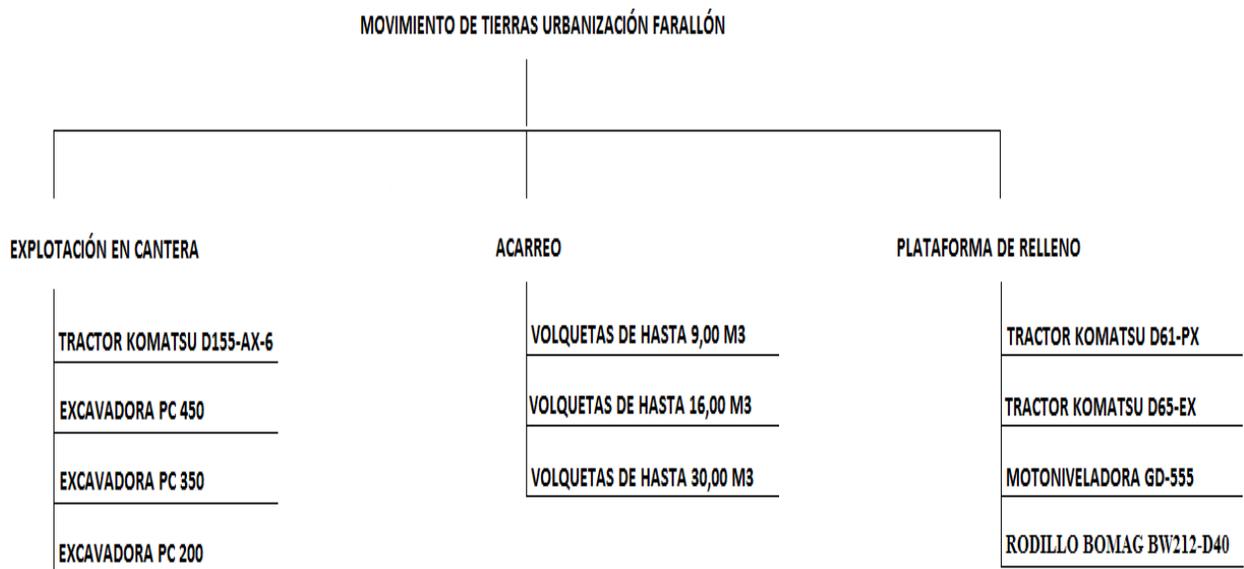


Figura 47.- equipo usado en el proyecto, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

6.1. VALORACIÓN Y CÁLCULOS DE LAS MAQUINAS QUE USAREMOS EN ESTE PROYECTO

Una vez que hemos explicado la selección del equipo así como sus características y los distintos métodos para el cálculo de los rendimientos del equipo caminero hemos considerado factores comunes para los equipos en general y factores que afectan particularmente a cada máquina por agentes externos y propios del proyecto.

Ya que para cada obra existen factores puntuales tenemos definido calcular los rendimientos de las maquinarias basándonos netamente en los factores, es decir tomaremos como base canónica la producción de las maquinarias según datos de fabricantes ya que indican rendimientos teóricos o para casos ideales.

A estos "casos ideales" multiplicaremos los distintos factores de gran incidencia en los casos particulares, en nuestra situación los factores particulares son inherentes al proyecto de plataforma de relleno de la urbanización Farallón de la isla Mocolí.

Como lo son: los ocasionados por el material a explotar en cantera, clima de la zona en la que se desarrolla la obra, capacidad de

operación de los equipos, administración del proyecto, entre otras. Lo que desencadenara en un análisis muy exacto con resultados reales del rendimiento del equipo caminero a emplearse

Entonces:

$$\mathbf{R \text{ real} = R \text{ teórico} * (\text{factores inherentes a la obra})}$$

$$\mathbf{R \text{ teórico} = \text{capacidad volumétrica} * (\# \text{ ciclos} / 1 \text{ hora})}$$

Los factores que pueden incidir en obra son:

- Factor de eficiencia en tiempo
- Factor de operación
- Factor de administración de obra
- Factor de tipo de material
- Factor de carga
- Factor del estado del material
- Factor del esponjamiento
- Factor de maniobra y alcance
- Factor por pendiente de terreno
- Factor de camino
- Factor de clima-lluvia
- Factor de uso
 - Producción teórica
 - Producción real
 - Ciclo de trabajo de las maquinas:
 - Tiempos fijos
 - Tiempos variables
- Factor de altitud sobre el nivel del mar
- Factor de desperdicio
- Factor de humedad

Tractor	Excavadora	Volqueta	Motoniveladora	Rodillo
Factores maquinaria				
F. tiempo				
F. operación				
F. Maniobra y alcance				
F. carga				
F. uso				
Factores externos				
F. administración				
F. tipo material				
F. est. material				
F. esponjamiento				
F. pendiente terreno				
F. camino				
F. clima				

Tabla 30.- Factores que inciden en el rendimiento de nuestro equipo caminero, elaborada por Gustavo Chiriboga y Manuel Rivera.

6.1.1. CALCULO DEL RENDIMIENTO PARA TRACTORES DEL PROYECTO

El cálculo del rendimiento de los tractores está en función de su hoja, ripper y potencia. Para la obtención del rendimiento utilizaremos la formula descrita al inicio de este capítulo, es decir:

$$R \text{ real} = R \text{ teórico} * \text{Factores ponderados}$$

$$R \text{ teórico} = Vc * \# \text{ ciclos} / 1 \text{ hora}$$

Dónde:

Vc = Capacidad Volumétrica de la hoja en este caso y la unidad será m³

Ciclo = Es el tiempo fijo que emplea el tractor para realizar las maniobras necesarias para concluir una labor y volver a realizarla una vez terminada.

Factores ponderados = Es el resultado de la multiplicación de los factores independientes que afectan positiva o negativamente a la eficiencia de la maquinaria.

Para el caso de los tractores es necesario analizar el rendimiento del ripper, que se calculara de la misma manera, es decir:

$$R \text{ ripper} = (Vc / t) * \text{Factores ponderados}$$

(Vc / t), viene dado por el área de contacto entre los dientes del ripper y el terreno, la velocidad de desgarre y los factores propios antes explicados.

De esta manera procederemos al desarrollo de los distintos rendimientos para el equipo caminero que se empleara en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

6.1.2. CALCULO DEL RENDIMIENTO PARA EXCAVADORAS DEL PROYECTO

El cálculo del rendimiento de las excavadoras está en función de la capacidad volumétrica del cucharón y su capacidad mecánica o potencia para romper o desgarrar el perfil superior del macizo rocoso de cantera.

Aparte de esta característica muy importante para la producción del material pétreo, también se incluye en el cálculo el tiempo que tarda en realizar esta labor, que en este caso será la de producción y carga del material de relleno.

Con este fundamento procederemos al cálculo del rendimiento de estos equipos de excavación en cantera haciendo uso de la formula descrita al inicio de este capítulo, es decir:

$$\mathbf{R \text{ real} = R \text{ teórico} * \text{Factores Ponderados}}$$

$$R \text{ teórico} = Vc * \# \text{ ciclos} / 1 \text{ hora}$$

Dónde:

- **Vc:** Capacidad Volumétrica del cucharón cuya unidad es m³
- **Ciclo:** tiempo fijo que emplea la excavadora en desarrollar las maniobras necesarias para llenar el cucharón y abastecer una volqueta
- **Factores Ponderados:** es el resultado de la multiplicación de los factores independientes que afectan la eficiencia de las excavadoras.

Los factores ponderados, como lo explicamos anteriormente, están basados de acuerdo a la obra y el entorno en la que se desarrolla.

Para el caso de las excavadoras consideramos factores inherentes a la cantera y sus alrededores ya que en este lugar desarrollaran sus labores.

En función de todo esto lograremos encontrar rendimientos exactos de producción diaria, así como capacidad y eficiencia de carga y

acarreo a obra, a su vez tendremos valores proyectados del volumen diario que se deberá recibir en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

6.1.3. CALCULO DEL RENDIMIENTO PARA EXCAVADORAS DEL PROYECTO

El cálculo del rendimiento de las excavadoras está en función de la capacidad volumétrica del cucharón y su capacidad mecánica o potencia para romper o desgarrar el perfil superior del macizo rocoso de cantera.

Aparte de esta característica muy importante para la producción del material pétreo, también se incluye en el cálculo el tiempo que tarda en realizar esta labor, que en este caso será la de producción y carga del material de relleno.

Con este fundamento procederemos al cálculo del rendimiento de estos equipos de excavación en cantera haciendo uso de la formula descrita al inicio de este capítulo, es decir:

$$\mathbf{R \text{ real} = R \text{ teórico} * \text{Factores Ponderados}}$$

$$\mathbf{R \text{ teórico} = Vc * \# \text{ ciclos} / 1 \text{ hora}}$$

Dónde:

- **Vc:** Capacidad Volumétrica del cucharón cuya unidad es m³
- **Ciclo:** tiempo fijo que emplea la excavadora en desarrollar las maniobras necesarias para llenar el cucharón y abastecer una volqueta
- **Factores Ponderados:** es el resultado de la multiplicación de los factores independientes que afectan la eficiencia de las excavadoras.

Los factores ponderados, como lo explicamos anteriormente, están basados de acuerdo a la obra y el entorno en la que se desarrolla.

Para el caso de las excavadoras consideramos factores inherentes a la cantera y sus alrededores ya que en este lugar desarrollaran sus labores.

En función de todo esto lograremos encontrar rendimientos exactos de producción diaria, así como capacidad y eficiencia de carga y acarreo a obra, a su vez tendremos valores proyectados del

volumen diario que se deberá recibir en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

Los factores ponderados, están basados de acuerdo a la obra, maquinaria y el entorno en la que se desarrolla.

Para el caso de la motoniveladora consideramos factores inherentes al relleno y sus alrededores ya que en este lugar desarrollaran sus labores.

En función de todo esto lograremos encontrar rendimientos exactos de superficie diaria trabajada, así como capacidad y eficiencia de acabados en obra, a su vez tendremos con exactitud los tiempos que llevaran tener las pendientes necesarias en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

6.1.5. CALCULO DEL RENDIMIENTO PARA RODILLO COMPACTADOR DEL PROYECTO

Para obtener el cálculo del rendimiento del rodillo tomaremos en cuenta, al igual que con las otras maquinarias parte de nuestro equipo caminero para realizar la plataforma de relleno, los datos que nos otorga el fabricante de esta máquina.

El rendimiento del rodillo compactador estará dado por la unidad de área trabajada durante un determinado tiempo, es decir, estará dada en m²/h; y dependerá de las variables que a continuación expresaremos en la siguiente fórmula:

R real = R teórico * Factores Ponderados

$$R_t = (V_r * L_t * e \text{ prom.}) / N^{\circ} c$$

Dónde:

- **V_r** : Velocidad del rodillo compactador: 3 km/h. – 3000 m/h.
- **L_t** : Longitud del tambor: 2,13 m.
- **e prom.**: Espesor de capa promedio: 0,35 m.
- **N° c**: N° de pasadas compactación hasta proctor: 6.
- **Factores Ponderados**: es el resultado de la multiplicación de los factores independientes que afectan la eficiencia de las excavadoras.

Para esta labor el material de relleno deberá estar previamente humedecido y de esta manera poder lograr así la densidad seca máxima.

Los factores ponderados, están basados de acuerdo a la obra, maquinaria y el entorno en la que se desarrolla.

De esta manera obtendremos el rendimiento del rodillo compactador y así poder hacer proyecciones para cálculos de tiempo optimización de maquinaria entre otras.

6.2. EQUIPO CAMINERO PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA

A continuación describiremos brevemente el cálculo de las maquinarias parte de nuestro equipo caminero encargadas de realizar las labores de producción, acarreo, carga y despacho en cantera.

6.2.1. RENDIMIENTO DEL TRACTOR KOMATSU D155 – AX-6

Para esta máquina, como lo hemos explicado en el capítulo 4, tendrá las funciones prioritarias de realizar producción con el ripper en las

partes superiores de la cantera formando terrazas en las cuales las excavadoras podrán desarrollar sus funciones y con la cuchilla empujara el material producido por el ripper para que abastezca a otros equipos que a su vez realizaran las funciones de carga y despacho de material.

Producción con ripper:

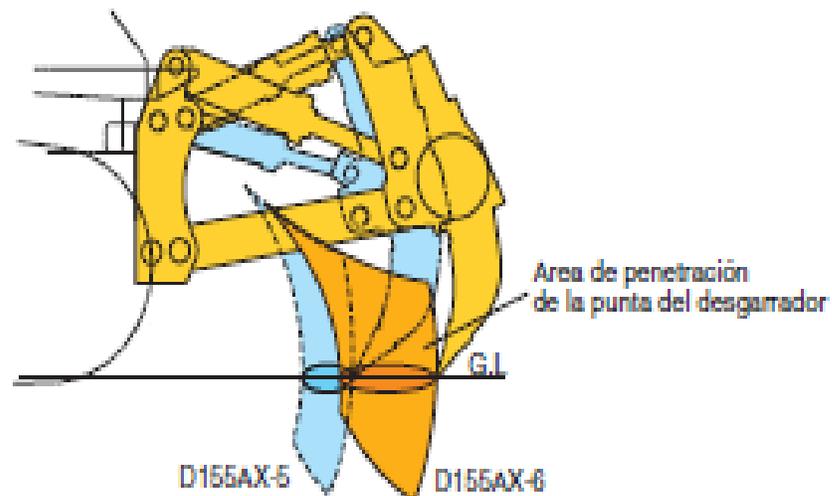


Figura 48.- Ripper Tractor D155-AX, Catalogo Komatsu

$$R \text{ ripper} = (Vc / (t \text{ ciclo} / 60)) * \text{Factores ponderados} = \mathbf{m^3/h}$$

Datos:

- **Área de contacto del diente (Ar) = $\pi r^2 = (3,1416) * (0,25)^2 = 0,196 \text{ m}^2$**

- **Profundidad penetración diente (h) = 1,24 m.**
- **Tiempo ciclo = 15 seg - 0,25 min – 0,00416 hora.**
- **Factores ponderados (FP) = 42,65 %**
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,833
 - Factor de operación = 0,80
 - Factor de administración de obra = 0,84
 - Factor de tipo de material = 0,80
 - Factor de carga = 1,00
 - Factor del estado del material = 0,80
 - Factor del esponjamiento = 1,45
 - Factor de maniobra y alcance = 0,86
 - Factor por pendiente de terreno = 1,10
 - Factor de camino = 1,00
 - Factor de clima-lluvia = 0,87
 - Factor de uso = 0,95
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
 - Factor de desperdicio = 1,05
 - Factor de humedad = 1,00

$$FP = ft * fo * fa * fm * fc * fe * fp * fg * fr * fn * fl * fu * fs * fd * fh$$

$$FP = 0,833 * 0,80 * 0,84 * 0,80 * 1,00 * 0,80 * 1,45 * 0,86 * 1,10 * 1,00 * 0,87 * 0,95 * 1,00 * 1,05 * 1,00 = \underline{\underline{42,65\%}}$$

Al relacionar y ponderar los factores unos a otros podemos observar que tienen incidencias también unos en otros, es decir que tienen relación entre sí.

Al combinar los distintos factores tenemos que considerar en esto la relación entre ellos, ya que mientras más factores hayan se ve mayormente afectado el valor teórico o ideal de las maquinarias.

→ R real del ripper = R teórico * Factores ponderados

$$V_c = A_r * h$$

Donde V_c = Capacidad volumétrica del ripper

$$V_c = 0,196 \text{ m}^2 * 1,24 \text{ m.} = 0,24 \text{ m}^3$$

$$R_r = (0,243 \text{ m}^3 / 0,00416 \text{ h.}) * 0,4265 = \underline{\underline{24,91 \text{ m}^3 / \text{h}}}$$

El rendimiento real para este proyecto, analizando todos sus factores que son las afectaciones básicas del rendimiento teórico, para el tractor KOMATSU D155-AX-6 será de 24,91 m³/h. valor netamente especificado para producción.

Aun que está claro indicar que esto contempla el tiempo que se toma para acarreo del material una vez producido para alimentar al resto del equipo caminero encargado de realizar las tareas de carga y despacho.

Es decir el factor de maniobra y alcance que corresponde a 8 min. De los 60 min. Nos da como resultado del factor $52/60 = 0,86$

Así también el factor de eficiencia en tiempo que corresponde al tiempo en el que la maquinaria realiza otras actividades que no sean las de producción, que pueden ser dedicadas a labores de limpieza o acarreo del material producido para el abastecimiento de otras maquinas parte de nuestro equipo caminero para que estas a su vez carguen y despachen el material. Esto correspondería a 10 min. Es decir $50/60 = 0,833$.

En definitivo estos valores son analizados en obra y en base a nuestra experiencia, lo que nos llevara a un rendimiento real del equipo caminero empleado en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón en la isla Mocolí.

Producción con la hoja o topadora:

Para analizar el rendimiento del empuje del material producido, que será en función a la capacidad de carga de la cuchilla, botaremos por realizarlo de la siguiente manera:

→ R real de la hoja = R teórico * Factores ponderados

SIGMADOZER

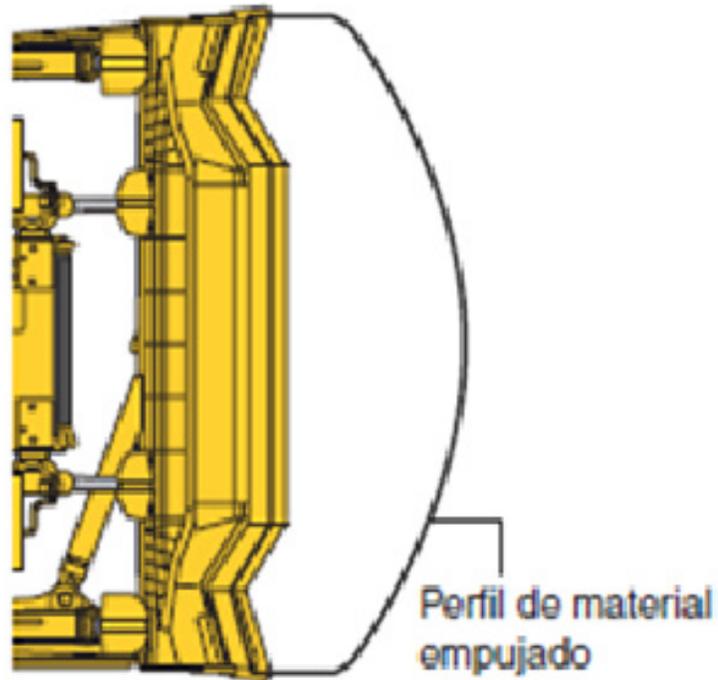


Figura 49.- topadora Sigmadozer de tractor D155-AX, Catalogo Komatsu

Datos:

- **Vc** = 9,4 m^3 (capacidad volumétrica de hoja SIGMADOZAER)
- **Tiempo ciclo** = 48 seg - 0,80 min – 0,0133 hora.
- **Factores ponderados (FP)** = 3,51 %
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,166
 - Factor de operación = 0,80
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 0,70
 - Factor de carga = 0,80

- Factor del estado del material = 0,75
- Factor del esponjamiento = 1,45
- Factor de maniobra y alcance = 0,86
- Factor por pendiente de terreno = 1,10
- Factor de camino = 0,83
- Factor de clima-lluvia = 0,75
- Factor de uso = 0,90
- Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
- Factor de desperdicio = 1,05
- Factor de humedad = 1,00

$$FP = ft * fo * fa * fm * fc * fe * fp * fg * fr * fn * fl * fu * fs * fd * fh$$

$$FP = 0,166 * 0,80 * 0,78 * 0,70 * 0,80 * 0,75 * 1,45 * 0,86 * 1,10 * 0,83 * 0,75 * 0,90 * 1,00 * 1,05 * 1,00 = \underline{\underline{3,51\%}}$$

Hemos considerado estos valores para los factores que inciden en la labor de acarrear el material ripeado con la hoja del tractor, a esta función se le dedicara menos tiempo, ya que la mayoría de este tendrá que ocuparse en el trabajo de producción con el ripper.

Entonces tendremos que:

$$\rightarrow R \text{ real de la hoja} = R \text{ teórico} * \text{Factores ponderados}$$

$$\text{Rendimiento teórico de la hoja} = Vc / \text{tiempo del ciclo}$$

$$\text{Rendimiento real de la hoja} = (Vc / \text{tiempo del ciclo}) * FP$$

Donde V_c = Capacidad volumétrica de la topadora (SIGMADOZER)

$$R_{th} = (9,4 \text{ m}^3 / 0,0133 \text{ hora}) = 706,77 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$R_{rh} = 706,77 \text{ m}^3 / \text{h} * 0,0351 = \underline{\underline{24,81 \text{ m}^3 / \text{h}}}$$

El rendimiento real para este proyecto, analizando todos sus factores que son las afectaciones básicas del rendimiento teórico, para el tractor KOMATSU D155-AX-6 será de 24,81 m³/h. valor netamente especificado para realizar trabajos de acarreo de material ripeado.

Como los explicamos anteriormente estos factores son estrictamente analizados para esta función a realizar y para este proyecto.

Del tiempo total que este tractor estará en obra, la parte que está destinada a las labores de acarreo del material producido, será del 0,166% es decir 1/6 de la hora.

Así como los demás valores de los factores están basados en una función específica para un proyecto determinado, de esta forma los contratistas podrán tener una noción clara de los tiempo que se está tomando esta maquinaria en realizar las labores encomendada, lo que

facilitara, la revisión de atrasos en el cronograma, volumen producido y acarreado, planillas proyectadas a un plazo determinado entre otras, de una forma real o exacta haciendo extrapolaciones básicas con los rendimientos reales incluso demostramos el estado del avance de la obra.

6.2.2. RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA PC450

Para esta máquina consideramos que es un equipo que realiza dos actividades, que serán las de producción y despacho anteriormente especificadas.



Figura 50.- Excavadora Komatsu Pc-450 durante producción en Cantera, tomada por Gustavo Chiriboga.

Datos:

- **Vc** = 2,87 m³ capacidad del cucharón
- **Tiempo ciclo** = 25 seg = 0,006944hora.
- **Rendimiento teórico** = Vc / Tc = 2,87 / 0.005 = 574 m3/h
- **Factores ponderados:** 32,78%
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,86
 - Factor de operación = 0,80
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 0,75
 - Factor de carga = 0,78
 - Factor del estado del material = 0,80
 - Factor del esponjamiento = 1,45
 - Factor de maniobra = 0,80
 - Factor por pendiente de terreno = 1,00
 - Factor de camino = 1,10
 - Factor de clima-lluvia = 1,00
 - Factor de uso = 1,00
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
 - Factor de desperdicio = 1,06
 - Factor de humedad = 1,00

$$Fp = 0,86 * 0,80 * 0,78 * 0,75 * 0,78 * 0,80 * 1,45 * 0,80 * 1,00 * 1,10 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,06 * 1,00 = 0,3278$$

R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados

$$Rr = Rt * FP$$

$$Rt = Vc / Tc = 2,87 / 0.00694 = 413,54 \text{ m3/h}$$

$$Rr = 397,50 \text{ m}^3/\text{h} * 0,328 = \underline{135,64 \text{ m}^3/\text{h}}$$

En este cálculo influye de manera considerable el tipo de material a producir y en gran incidencia la habilidad de operación y maniobra del operador, aun considerando estos dos factores vemos que el rendimiento real está muy debajo del rendimiento teórico presentado al inicio el cual considera el material a producir como suave y el ángulo de maniobra el mínimo requerido.

Nuestro rendimiento real es considerando para las dos actividades de la excavadora que son la producción y el despacho, considerando que en una distribución promedio de la hora se destina 35min a producción, 15min al despacho y 10min que se pierden por motivos de maniobras, traslado, mantenimiento y abastecimiento de combustible.

Esta excavadora PC-450 es la que mayor producción y despacho reflejara en nuestro proyecto de plataforma de relleno de la urbanización Farallón ya que por su capacidades mecánicas es la maquina ideal y recomendada para este tipo de canteras en las cuales obtenemos el material óptimo para este relleno, es decir, material pétreo con la cantidad de roca y áridos recomendados por los estudios de suelo.

6.2.3. RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA PC350

Ya que estamos hablando del rendimiento de las excavadoras en cantera, se considera las actividades de producción y despacho para este equipo también, recalcando que se desarrollaran en menor porcentaje por el mismo , debido a la distribución de producción asignada por la administración de obra para cada equipo.

Datos:

- **Vc** = 2,66 m³ capacidad del cucharón
- **Tiempo ciclo** = 28 seg - 0,00777 hora.
- **Rendimiento teórico** = $Vc / Tc = 2,66 / 0,0077 = 342,34 \text{ m}^3/\text{h}$
- **Factores ponderados:** 27,70 %
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,75
 - Factor de operación = 0,75
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 0,75
 - Factor de carga = 0,78
 - Factor del estado del material = 0,80
 - Factor del esponjamiento = 1,45
 - Factor de maniobra = 0,80
 - Factor por pendiente de terreno = 1,00
 - Factor de camino = 1,10
 - Factor de clima-lluvia = 1,00
 - Factor de uso = 1,00
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
 - Factor de desperdicio = 1,06

o Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,75 * 0,75 * 0,78 * 0,75 * 0,78 * 0,80 * 1,45 * 0,80 * 1,00 * \\ 1,10 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,06 * 1,00 = 0,277$$

R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados

$$R_r = R_t * F_p$$

$$R_t = V_c / T_c = 2,66 / 0,00777 = 342,34 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$R_r = 342,34 \text{ m}^3/\text{h} * 0,277 = \underline{\underline{94,83 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

En este cálculo influye de manera considerable el tipo de material a producir y en gran incidencia la habilidad de operación y maniobra del operador al igual que la PC-450.

Nuestro rendimiento real es considerando para las dos actividades de la excavadora que son la producción y el despacho, considerando que en una distribución promedio de la hora se destina 35min a producción, 15min al despacho y 10min que se pierden por motivos de maniobras, traslado, mantenimiento y abastecimiento de combustible.

Esta excavadora PC-350 es después de la PC-450 la que mayor producción y despacho reflejara en nuestro proyecto de plataforma de relleno de la urbanización Farallón ya que por su capacidades mecánicas es la maquina ideal y recomendada para este tipo de canteras en las cuales obtenemos el material óptimo para este tipo de rellenos.

6.2.4. RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA PC200

La producción de esta excavadora será a menor, debido a que su carga asignada en producción es más baja debido a su capacidad mecánica. Este equipo se lo considero en este proyecto como una maquinaria de ayuda a los otros equipos en acciones de limpieza, mantenimiento de vías, y relevo cuando los otros dos equipos estarán paralizados por mantenimiento o daños eventuales.



Figura 51.- Excavadora komatsu pc-200 en obra, tomada por Manuel Rivera

Datos:

- **Vc** = 1,17 m³ capacidad del cucharón
- **Tiempo ciclo** = 30 seg - 0,00833 hora.
- **Rendimiento teórico** = $Vc / Tc = 1,17 / 0,00833 = 140,4$ m³/h
- **Factores ponderados**: 23,90 %
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,80
 - Factor de operación = 0,75
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 0,80
 - Factor de carga = 0,70
 - Factor del estado del material = 0,80
 - Factor del esponjamiento = 1,45
 - Factor de maniobra = 0,70
 - Factor por pendiente de terreno = 1,00
 - Factor de camino = 1,10
 - Factor de clima-lluvia = 1,00
 - Factor de uso = 1,00
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00

- Factor de desperdicio = 1,02
- Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,80 * 0,75 * 0,78 * 0,80 * 0,70 * 0,80 * 1,45 * 0,70 * 1,00 * 1,10 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,02 * 1,00 = 0,2387$$

R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados

$$R_r = R_t * FP$$

$$R_t = V_c / T_c = 1,17 / 0.00833 = 140,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$R_r = 140,4 \text{ m}^3/\text{h} * 0.239 = \underline{\underline{33,52 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Este rendimiento se ve afectado por los factores de maniobra y carga principalmente porque esta excavadora ocupara mayor tiempo en trasladarse de un punto a otro, o despejar área para que desarrollen sus actividades los otros dos equipos PC -450 y PC – 350.

6.3. EQUIPO CAMINERO PARA EL ACAREO DEL MATERIAL PETREO

A continuación describiremos brevemente el cálculo de las maquinarias parte de nuestro equipo caminero encargadas de realizar las labores de acarreo.

6.3.1. RENDIMIENTO DE LA VOLQUETA DE UN TÁNDEM CAP. HASTA 9M3

Para el cálculo del rendimiento de una volqueta de capacidad de hasta 9,00 m³ se simplifica el procedimiento de cómputo puesto que como vimos en la teoría al inicio del capítulo 6, la capacidad de la volqueta está íntimamente ligada con su rendimiento así como los tiempos de ida, carga, descarga y regreso. A estas variables fundamentales las afectan también los factores propios de la volqueta como lo son: estado de la volqueta, operación, uso, entre otros; También influyen factores externos como medio ambiente, eficiencia en tiempo por el tráfico, incluso ocasionales problemas en la vía.

Debido a esto realizaremos el cálculo del rendimiento de la volqueta de capacidad de hasta 9,00 m³ de la siguiente manera:

Datos:

- **V_c** = 9,00 m³ capacidad cajón
- **T. carga** = 6 min – 0,1 hora
- **T. ida** = 25 min – 0,416 hora
- **T. descarga** = 2 min – 0,033 hora
- **T. regreso** = 20 min – 0,333 hora
- **Tiempo ciclo teórico** = 53 min – 0,883 hora
- **Rendimiento teórico** = $V_c / T_c = 9,00 / 0.8833 = 10,19$ m³/h
- **Factores ponderados**: 66,30 %

- Factor de eficiencia en tiempo = 0,933
- Factor de operación = 1,00
- Factor de administración de obra = 1,00
- Factor de tipo de material = 1,00
- Factor de carga = 1,00
- Factor del estado del material = 1,00
- Factor del esponjamiento = 1,00
- Factor de maniobra = 0,95
- Factor por pendiente de terreno = 1,00
- Factor de camino = 0,90
- Factor de clima-lluvia = 0,95
- Factor de uso = 0,875
- Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
- Factor de desperdicio = 1,00
- Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,933 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 0,95 * 1,00 * 0,90 * 0,95 * 0,875 * 1,00 * 1,00 * 1,00 = 0,663$$

→ **R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados**

$$R_r = R_t * FP$$

$$R_t = (V_c / T_{ct}) = 10,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$R_r = 10,19 \text{ m}^3/\text{h} * 0,663 = \underline{\underline{6,76 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Este rendimiento de la volqueta, de capacidad hasta 9,00 m³, se ve afectado más por factores externos ya la volqueta tiene tiempos de ciclos variables dependiendo del tráfico, su estado, clima, entre otros

factores, pero este es un rendimiento medio para la volqueta de un tándem.

6.3.2. RENDIMIENTO DE LA VOLQUETA DE DOS TÁNDEM CAP. HASTA 16 M3

Para el cálculo del rendimiento de una volqueta de capacidad de hasta 16,00 m³ se simplifica el procedimiento de cómputo puesto que como vimos en la teoría al inicio del capítulo 6, la capacidad de la volqueta está íntimamente ligada con su rendimiento así como los tiempos de ida, carga, descarga y regreso. A estas variables fundamentales las afectan también los factores propios de la volqueta como lo son: estado de la volqueta, operación, uso, entre otros; También influyen factores externos como medio ambiente, eficiencia en tiempo por el tráfico, incluso ocasionales problemas en la vía.

Debido a esto realizaremos el cálculo del rendimiento de la volqueta de capacidad de hasta 16,00 m³ de la siguiente manera:

Datos:

- **Vc = 16,00 m³** capacidad cajón
- **T. carga = 10 min – 0,166 hora**
- **T. ida = 25 min – 0,416 hora**

- **T. descarga** = 3 min – 0,05 hora
- **T. regreso** = 20 min – 0,333 hora
- **Tiempo ciclo teórico** = 58 min – 0,966 hora
- **Rendimiento teórico** = $V_c / T_c = 16,00 / 0,966 = 16,55 \text{ m}^3/\text{h}$
- **Factores ponderados:** 66,30 %
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,933
 - Factor de operación = 1,00
 - Factor de administración de obra = 1,00
 - Factor de tipo de material = 1,00
 - Factor de carga = 1,00
 - Factor del estado del material = 1,00
 - Factor del esponjamiento = 1,00
 - Factor de maniobra = 0,95
 - Factor por pendiente de terreno = 1,00
 - Factor de camino = 0,90
 - Factor de clima-lluvia = 0,95
 - Factor de uso = 0,875
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
 - Factor de desperdicio = 1,00
 - Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,933 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 0,95 * 1,00 * 0,90 * 0,95 * 0,875 * 1,00 * 1,00 * 1,00 = 0,663$$

→ **R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados**

$$R_r = R_t * FP$$

$$R_t = (V_c / T_{ct}) = 16,55 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$R_r = 16,55 \text{ m}^3/\text{h} * 0,663 = \underline{\underline{10,97 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Este rendimiento de la volqueta, de capacidad hasta 16,00 m³, se ve afectado más por factores externos ya la volqueta tiene tiempos de ciclos variables dependiendo del tráfico, su estado, clima, entre otros factores, pero este es un rendimiento medio para la volqueta de dos tándem.

6.3.3. RENDIMIENTO DE LA VOLQUETA TIPO TRÁILER O BAÑERA 18 M³ – 30 M³

Para el cálculo del rendimiento de una volqueta de capacidad de hasta 30,00 m³ se simplifica el procedimiento de cómputo puesto que como vimos en la teoría al inicio del capítulo 6, la capacidad de la volqueta está íntimamente ligada con su rendimiento así como los tiempos de ida, carga, descarga y regreso. A estas variables fundamentales las afectan también los factores propios de la volqueta como lo son: estado de la volqueta, operación, uso, entre otros; También influyen factores externos como medio ambiente, eficiencia en tiempo por el tráfico, incluso ocasionales problemas en la vía.

Debido a esto realizaremos el cálculo del rendimiento de la volqueta de capacidad de hasta 30,00 m³ de la siguiente manera:

Datos:

- **Vc** = 30,00 m³ capacidad cajón
- **T. carga** = 15 min – 0,25 hora
- **T. ida** = 25 min – 0,416 hora
- **T. descarga** = 4 min – 0,066 hora
- **T. regreso** = 20 min – 0,333 hora
- **Tiempo ciclo teórico** = 64 min – 1,066 hora
- **Rendimiento teórico** = Vc / Tc = 30,00 / 1,066 = 28,13 m³/h
- **Factores ponderados:** 66,30 %
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,933
 - Factor de operación = 1,00
 - Factor de administración de obra = 1,00
 - Factor de tipo de material = 1,00
 - Factor de carga = 1,00
 - Factor del estado del material = 1,00
 - Factor del esponjamiento = 1,00
 - Factor de maniobra = 0,95
 - Factor por pendiente de terreno = 1,00
 - Factor de camino = 0,90
 - Factor de clima-lluvia = 0,95
 - Factor de uso = 0,875
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
 - Factor de desperdicio = 1,00
 - Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,933 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 0,95 * 1,00 * 0,90 * 0,95 * 0,875 * 1,00 * 1,00 * 1,00 = 0,663$$

→ **R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados**

$$R_r = R_t * F_p$$

$$R_t = (V_c / T_{ct}) = 28,13 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$R_r = 28,13 \text{ m}^3/\text{h} * 0,663 = \underline{\underline{18,65 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Este rendimiento de la volqueta, de capacidad hasta 30,00 m³, se ve afectado más por factores externos ya la volqueta tiene tiempos de ciclos variables dependiendo del tráfico, su estado, clima, entre otros factores, pero este es un rendimiento medio para la volqueta de tres tándem.

6.4. EQUIPO CAMINERO PARA LA EJECUCIÓN DEL RELLENO

A continuación describiremos brevemente el cálculo de las maquinarias parte de nuestro equipo caminero encargadas de realizar las labores de desbroce, tendido, compactado y nivelado.

6.4.1. RENDIMIENTO DEL TRACTOR KOMATSU D61-PX

Para este equipo, las funciones en obra son las de desbroce y limpieza de aproximadamente 14 hectáreas para su posterior relleno. Calculamos su rendimiento en base a la vegetación, desde, densa a

muy densa y tomamos como unidad de rendimiento ($m^2 / hora$) de desbroce del área a posterior relleno, la cual se transforma en m^3 para desalojar y completar dicho rubro del contrato el cual es desbroce, limpieza y desalojo.

Seleccionamos este tractor para los trabajos de desbroce debido a las condiciones del terreno natural el cual es un suelo muy blando y no soportaría el peso de un tractor con zapata estándar, es decir, nuestro tractor D61-PX es la maquinaria ideal por su peso y su tipo de zapata (zapata ancha o "zapatón").

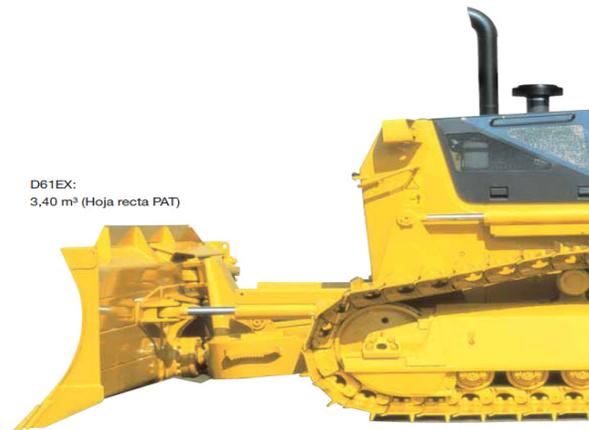


Figura 52.- Hoja Topadora de Tractor D61-EX , Catalogo Komatsu

Datos:

- **Velocidad de tractor D61:** 3.2km/h
- **Longitud de cuchilla:** 3,275 m.

- **Factores ponderados: 9,81%**
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,80
 - Factor de operación = 0,80
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 0,75
 - Factor de carga = 1,00
 - Factor del estado del material = 0,75
 - Factor del esponjamiento = 0,70
 - Factor de maniobra = 0,80
 - Factor por pendiente de terreno = 1,00
 - Factor de camino = 0,80
 - Factor de clima-lluvia = 1,00
 - Factor de uso = 0,78
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
 - Factor de desperdicio = 1,00
 - Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,80 * 0,80 * 0,78 * 0,75 * 1,00 * 0,75 * 0,70 * 0,80 * 1,00 * 0,80 * 1,00 * 0,78 * 1,00 * 1,00 * 1,00 = 0,0981$$

→ **R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados**

Debido a que la velocidad a la que desbroza el tractor está dividida en dos etapas, la etapa de desbroce y la etapa de retorno.

El dato de velocidad de desbroce es basado en experiencias de desplazamientos libres de tractores para casos ideales en los cuales la vegetación es mínima o nula.

En nuestro caso intervendrán una serie de factores propios del entorno del proyecto tales como tipo de suelo, densidad de maleza, habilidades del operador, clima, nivel freático, entre otros.

Para la velocidad teórica tomamos como referencia la tabla que el fabricante nos proporciona respecto a las velocidades del tractor (capítulo 4).

Entonces:

Rendimiento teórico = (velocidad del tractor / 2) * ancho de cuchilla

$$R_t = (3200 \text{ m/h} / 2) * 3,275 \text{ m.} = 5240 \text{ m}^2 / \text{h}$$

R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados

$$R_r = R_t * FP$$

$$R_r = 5240 \text{ m}^2/\text{h} * 0,0981 = \underline{\underline{514,16 \text{ m}^2/\text{h}}}$$

El rendimiento real vemos que es muy bajo respecto al teórico, esta diferencia se da debido a los factores particulares que afectan a nuestra obra.

Estamos haciendo un cálculo más eficiente en términos de considerar la mayor cantidad de afectaciones al rendimiento.

Podemos observar que en los datos para formular el rendimiento real del tractor D61 en este proyecto, el factor eficiencia en tiempo hemos colocado un valor de 0.67 lo cual hace referencia al tiempo que la maquinaria emplea en otras actividades que no sean las de desbroce, es decir , dedica aproximadamente 20 minutos por cada hora en otras acciones. Esto corresponde a $40/60= 0.67$

De igual forma otro factor que influye considerablemente es el de tipo de material a acarrear, en este caso el material a acarrear es la vegetación por eso se habla de la actividad de desbroce de vegetación la cual va de densa a muy densa

Este factor se debe a que la velocidad del tractor es inversamente proporcional a la cantidad de material acumulado en la cuchilla, es decir, que a medida que el tractor se desplaza su velocidad disminuye pero el volumen de vegetación acumulada en su cuchilla aumenta. Con esta actividad hemos observado que pierde un 60% del tiempo teórico para su desplazamiento debido al tipo de material y actividad que realiza esta maquinaria.

Otro factor transcendental es el tipo de camino ya que la velocidad teórica es considerada en casos ideales y en caminos relativamente planos y firmes, en el proyecto nuestro las condiciones son hacia el extremo negativo en el cual este factor influye en un 0,80 sobre los demás factores considerados.

Recalcamos que estos valores reales son analizados en base a nuestra experiencia durante el relleno de la plataforma de la urbanización Farallón en la Isla Mocolí.

Así también el tractor D61-EX se lo usara para el tendido de material, recalando que su labor será para disminuir la carga de volumen para el otro equipo de tendido. Teniendo clara esta condición de uso calcularemos su rendimiento de la siguiente manera:

Datos:

- **Vc** = 3,40 m^3 capacidad volumétrica de la hoja o topadora
- **Tiempo ciclo** = 60 seg - 0,0166 hora.
- **Factores ponderados:** 47,9 %
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,90
 - Factor de operación = 0,80
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 0,90
 - Factor de carga = 1,00
 - Factor del estado del material = 0,90
 - Factor del esponjamiento = 1,30

- Factor de maniobra = 0,90
- Factor por pendiente de terreno = 1,00
- Factor de camino = 0,90
- Factor de clima-lluvia = 1,00
- Factor de uso = 1,00
- Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
- Factor de desperdicio = 1,00
- Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,90 * 0,80 * 0,78 * 0,90 * 1,00 * 0,90 * 1,30 * 0,90 * 1,00 * 0,90 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 = 0,479$$

$$R \text{ teórico} = V_c / T_c = 3,40 / 0.0166 = 204,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde V_c = Capacidad volumétrica de la hoja

R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados

$$R_r = R_t * FP$$

$$R_r = 204,08 \text{ m}^3/\text{h} * 0,479 = \underline{\underline{97,76 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Este rendimiento es menor al 50% del real ya que se ve afectado principalmente por el factor operación y maniobra, debido a que el tipo de zapata de este tractor D61EX (zapatón) es una zapata que no se la puede forzar en el trabajo con material granular a grueso por su área de contacto con el suelo lo vuelve una zapata más delicada por

eso disminuye su rendimiento mas no por otros factores propios del proyecto, sino cómo se explica por factores netamente del equipo.

6.1.1.3. RENDIMIENTO DEL TRACTOR KOMATSU D65-EX

El equipo D65-EX cumplirá la función de tender el material de relleno, el cual se considera como material suelto para el cálculo de este rendimiento. Según las especificaciones técnicas dotadas por el fabricante en cuanto a capacidad volumétrica de la hoja y velocidad promedio describimos el rendimiento teórico de dicho equipo:

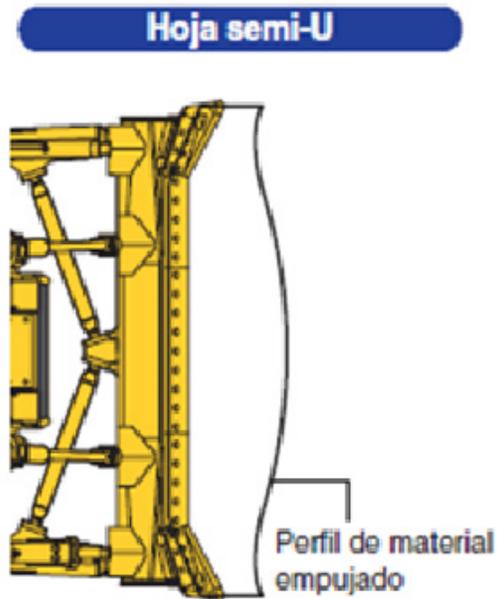


Figura 53.- Hoja Topadora SEMI-U para tractor D65-AX , Catalogo

Komatsu

Datos:

- **Vc** = 6,23 m^3 capacidad volumétrica de la hoja o topadora
- **Tiempo ciclo** = 60 seg - 0,0166 hora.
- **Rendimiento teórico** = $Vc / Tc = 6,23 / 0,0166 = 375,30 \text{ m}^3/\text{h}$
- **Factores ponderados**: 59,30%
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,90
 - Factor de operación = 0,80
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 0,95
 - Factor de carga = 1,00
 - Factor del estado del material = 0,95
 - Factor del esponjamiento = 1,30
 - Factor de maniobra = 1,00
 - Factor por pendiente de terreno = 1,00

- Factor de camino = 0,90
- Factor de clima-lluvia = 1,00
- Factor de uso = 1,00
- Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
- Factor de desperdicio = 1,00
- Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,90 * 0,80 * 0,78 * 0,95 * 1,00 * 0,95 * 1,30 * 1,00 * 1,00 * 0,90 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 = 0,593$$

R real de cuchilla = R teórico * Factores ponderados

$$R_r = R_t * FP$$

$$R_t = V_c / T_c = 6,23 / 0.0166 = 375,30 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde V_c = Capacidad volumétrica de la hoja

$$R_r = 375,30 \text{ m}^3/\text{h} * 0,593 = \underline{\underline{222,56 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Este rendimiento real es más cercano al rendimiento teórico debido a que los factores externos no afectan en gran magnitud a su rendimiento, ya que solo se hace un trabajo de tendido sin darle un acabado perfecto a la capa que se forma pero tampoco dejando de la lado que sea una plataforma agradable a la vista en sus capas.

Se logra este resultado ya que el tendido del material no se lo hace al 100 % porque a medida que se tiende el viaje de material se va formando una capa de alrededor de 0.40m. Lo cual disminuye considerablemente la distancia de acarreo del material, dándole celeridad al volumen de avance de obra.

Debido a que esta maquinaria será la encargada de realizar básicamente esta única labor no analizaremos rendimientos más que del tendido.

6.1.4.1. RENDIMIENTO DE LA MOTONIVELADORA GD-555

Este equipo es usado para darle un acabado más preciso en la última capa de relleno, es decir, dejar lista la cota de proyecto pactada en el contrato, con las correctas pendientes para manejo de aguas superficiales en las áreas para posterior desarrollo de viviendas y calles.

Para su cálculo se considera que el área determinada de trabajo tendrá que ser recorrida 3 ciclos por la misma, en el primer ciclo se

realizara la etapa de escarificación de suelo, en la segunda etapa se procederá a realizar una mezcla lo más homogénea posible entre los áridos existentes y finalmente en la última etapa se procederá al tendido final del material de acuerdo a las cotas requeridas.

En la etapa final este equipo descrito en los capítulos anteriores trabajara de la mano con los equipos de topografía en la nivelación final de las capas, es decir, el correcto acabado en lo que a pendientes se refiere para abrir paso a nuestro siguiente equipo de compactación.



Figura 54.- Motoniveladora Komatsu GD-555 durante tendido de material, Catalogo Komatsu.

Datos:

- **Velocidad de la motoniveladora:** 4,8 km/h
- **Longitud de cuchilla:** 3,71 m.
- **Factores ponderados:** 20,60 %
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,80
 - Factor de operación = 0,80
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 0,85
 - Factor de carga = 1,00
 - Factor del estado del material = 0,85
 - Factor del esponjamiento = 1,00
 - Factor de maniobra = 1,00
 - Factor por pendiente de terreno = 0,95
 - Factor de camino = 0,80
 - Factor de clima-lluvia = 1,00
 - Factor de uso = 0,75
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
 - Factor de desperdicio = 1,00
 - Factor de humedad = 1,00

$$F_p = 0,80 * 0,80 * 0,78 * 0,85 * 1,00 * 0,85 * 1,00 * 1,00 * 0,95 * \\ 0,80 * 1,00 * 0,75 * 1,00 * 1,00 * 1,00 = 0,206$$

→ **R Real = R teórico * Factores ponderados**

Para la velocidad teórica tomamos como referencia la tabla que el fabricante nos proporciona respecto a las velocidades del tractor (capítulo 4).

Entonces,

R teórico = (velocidad motoniveladora / 6) * ancho de cuchilla

$$R_t = (V_m/6) * L_c$$

Donde:

- V_m = Velocidad de la motoniveladora
- L_c = Longitud de su cuchilla

$$R_t = (4800\text{m/h} / 6) * 3,71 \text{ m.} = 2968 \text{ m}^2 / \text{h}$$

R real = R teórico * Factores ponderados

$$R_r = R_t * FP$$

$$R_r = 5240 \text{ m}^2/\text{h} * 0,206 = \underline{\underline{610,17 \text{ m}^2/\text{h}}}$$

Este rendimiento se basa en la observación en sitio del trabajo y el desempeño de la motoniveladora, ya que solo se lo usa en la etapa final en el caso nuestro esta etapa es aproximadamente 30 días laborables.

6.1.5.1. RENDIMIENTO DEL RODILLO BOMAG - BW212 D40

El rodillo es la maquina empleada en la compactación y su trabajo se realiza en varias etapas denominadas capas, que estarán en promedio de entre (0,30 m. – 0,50 m.) de espesor de material suelto.

Dicho rendimiento dependerá de la humedad del material en sitio, sea esta humedad provista al suelo por medio de tanqueros o aspersores en caso de tener cerca alguna fuente de agua por ejemplo un rio.



Figura 55.- Rodillo Bomag 12 Toneladas en obra, tomada por Gustavo Chiriboga

Datos:

- **Velocidad del rodillo compactador:** 3 km/h. – 3000 m/h.
- **Longitud del tambor:** 2,13 m.
- **Espesor de capa promedio:** 0,35 m.
- **N° de pasadas compactación hasta proctor:** 6.
- **Rendimiento teórico:** 372,75 m³/h
- **Factores ponderados:** 85,50 %
 - Factor de eficiencia en tiempo = 0,95
 - Factor de operación = 0,90
 - Factor de administración de obra = 0,78
 - Factor de tipo de material = 1,00
 - Factor de carga = 1,00
 - Factor del estado del material = 1,00
 - Factor del esponjamiento = 1,00
 - Factor de maniobra = 1,06
 - Factor por pendiente de terreno = 1,10
 - Factor de camino = 1,00
 - Factor de clima-lluvia = 1,00
 - Factor de uso = 1,00
 - Factor de altitud sobre el nivel del mar = 1,00
 - Factor de desperdicio = 1,00
 - Factor de humedad = 1,10

$$F_p = 0,95 * 0,90 * 0,78 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,06 * 1,10 * \\ 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 = 0,855$$

→ **R Real = R teórico * Factores ponderados**

Para la velocidad teórica tomamos como referencia la tabla que el fabricante nos proporciona respecto a las velocidades del rodillo (capítulo 4).

Entonces,

$$R_t = (V_r * L_t * e \text{ prom.}) / N^\circ c$$

Donde:

- V_r = Velocidad del rodillo
- L_t = Longitud del tambor
- $e \text{ prom.}$ = Espesor de capas promedio
- $N^\circ c$ = Numero de pasadas para lograr compactación de proctor

$$R_t = (3000 \text{ m/h} * 2,13 \text{ m.} * 0,35 \text{ m.})/6 = 372,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Rendimiento teórico} = 372,75 \text{ m}^3 / \text{hora}$$

$R_{\text{real}} = R_{\text{teórico}} * \text{Factores ponderados}$

$$R_r = R_t * FP$$

$$R_r = 372,75 \text{ m}^3/\text{h} * 0,855 = \underline{\underline{318,70 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Esta maquinaria parte del equipo caminero que se empleara en la plataforma de relleno de la urbanización Farallón, estará desde la primera etapa de los trabajos de relleno puesto que el movimiento de

tierras al igual que la mayoría de obras civiles tienen como característica que los procesos son eventos dependientes, es decir, a razón que el tractor va tendiendo el material liberara espacio para que se hidrate el material y entre a realizar los trabajos de compactación el rodillo vibrador.

CAPITULO 7

7.1. RESULTADOS OBTENIDOS

MOVIMIENTO DE TIERRAS URBANIZACIÓN FARALLÓN

EXPLORACIÓN EN CANTERA	ACARREO	PLATAFORMA DE RELLENO
TRACTOR KOMATSU D155-AX-6	VOLQUETAS DE HASTA 9,00 M3	TRACTOR KOMATSU D61-PX
EXCAVADORA PC 450	VOLQUETAS DE HASTA 16,00 M3	TRACTOR KOMATSU D65-EX
EXCAVADORA PC 350	VOLQUETAS DE HASTA 30,00 M3	MOTONIVELADORA GD-555
EXCAVADORA PC 200		RODILLO BOMAG BW212-D40
24,91 m ³ /h	6,76 m ³ /h	514,16 m ² /h
24,81 m ³ /h	10,97 m ³ /h	97,76 m ³ /h
135,64 m ³ /h	18,65 m ³ /h	222,56 m ³ /h
94,83 m ³ /h		610,17 m ² /h
33,52 m ³ /h		318,70 m ³ /h

Figura 56.- Resultados de rendimiento de los equipos usados en el proyecto, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1. RESULTADOS DEL EQUIPO CAMINERO PARA EL PROYECTO

Como podemos apreciar en el capítulo anterior y los resultados generados, los rendimientos del equipo caminero seleccionado están en función a la labor que realizan en una obra y la potencia de los mismos.

A continuación expondremos los resultados para cada maquinaria con un corto análisis respecto al plazo de la obra.

7.1.1.1. RESULTADO PARA TRACTOR KOMATSU D155-AX-6

Este tractor realizara dos funciones como lo describimos claramente en el capítulo 6, y son:

- Producción con el ripper: 24,91 m³/h
- Acarreo con la cuchilla: 24,81 m³/h

Es decir que al cabo del plazo si el tractor trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 7 meses el tractor D155-AX-6 podrá producir y tender 38.261,76 m³ de material pétreo en banco así como realizara, las tareas de abrir caminos para las excavadoras.

V. total = $24,91 \text{ m}^3/\text{h} * 8 \text{ horas/día} * 24 \text{ días/mes} * 8 \text{ meses}$ V.
total 38.261,76 m³

- Datos:
- Plazo: 8 meses
 - Producción total: 370.000,00 m³
 - Producción del tractor D155-AX-6: 38.261,76 m³

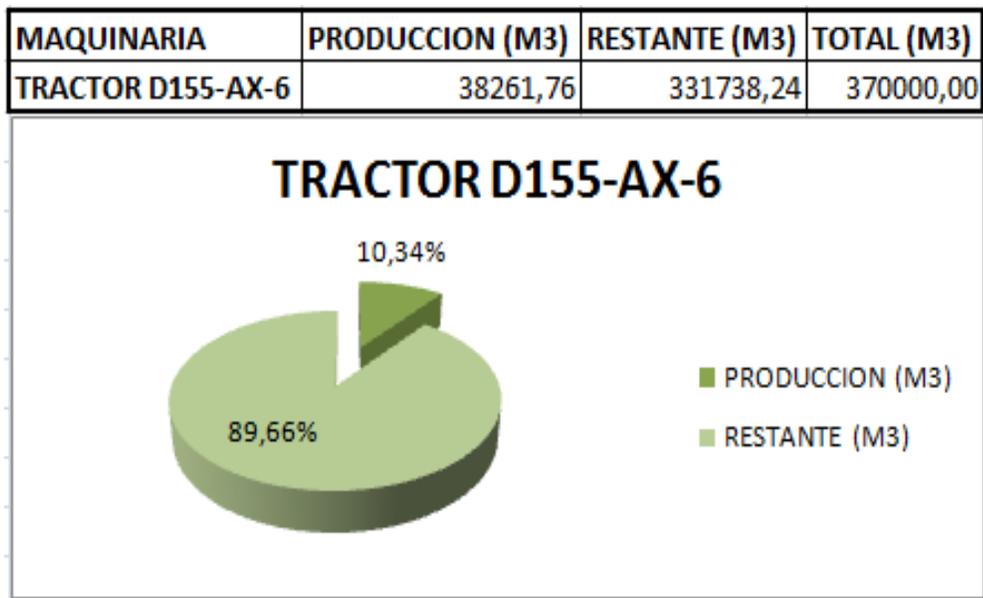


Figura 57.- Producción del tractor D155-AX-6, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.2. RESULTADO PARA EXCAVADORA PC450

Esta excavadora realizara una función como lo describimos claramente en el capítulo 6, y es:

- Producción y carga: 135,64 m³/h

Es decir que al cabo del plazo si la excavadora trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 8 meses la excavadora PC450 podrá producir y cargar 208.343,04 m³ de material pétreo en banco.

V. total = 135,64 m³/h * 8 horas/día * 24 días/mes * 8 meses

V. total = 208.343,04 m³

Datos:

- Plazo: 8 meses
- Producción total: 370.000,00 m³
- Producción de la excavadora PC-450: 208.343,04 m³

MAQUINARIA	PRODUCCION (M3)	RESTANTE (M3)	TOTAL (M3)
EXCAVADORA PC-450	208343,04	161656,96	370000,00

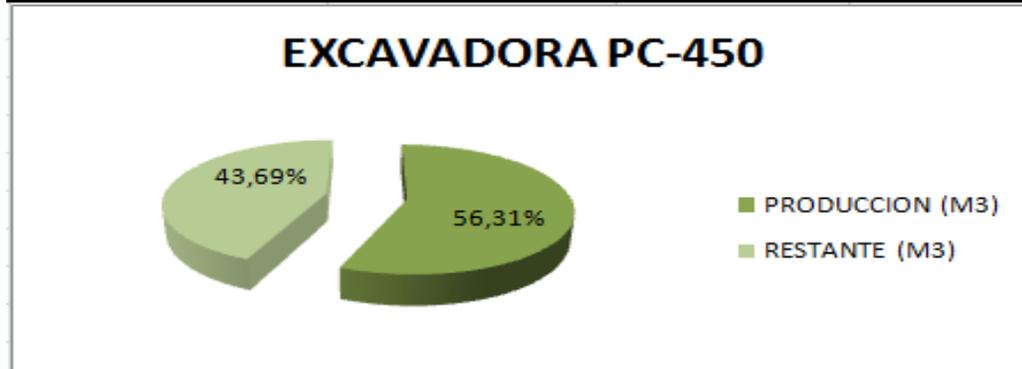


Figura 58.- Producción de la excavadora Pc-450, , elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.3. RESULTADO PARA EXCAVADORA PC350

Esta excavadora realizara una función como lo describimos claramente en el capítulo 6, y es:

- Producción y carga: 94,83 m3/h

Es decir que al cabo del plazo si la excavadora trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 8 meses la excavadora PC350 podrá producir y cargar 145.658,88 m3 de material pétreo en banco.

$$\mathbf{V. \text{ total} = 94,83 \text{ m}^3/\text{h} * 8 \text{ horas/día} * 24 \text{ días/mes} * 8 \text{ meses}}$$

$$\mathbf{V. \text{ total} = 145.658,88 \text{ m}^3}$$

Datos:

- Plazo: 8 meses

- Producción total: 370.000,00 m3

- Producción de la excavadora PC-350: 145.658,88 m3

MAQUINARIA	PRODUCCION (M3)	RESTANTE (M3)	TOTAL (M3)
EXCAVADORA PC-350	145658,88	224341,12	370000,00

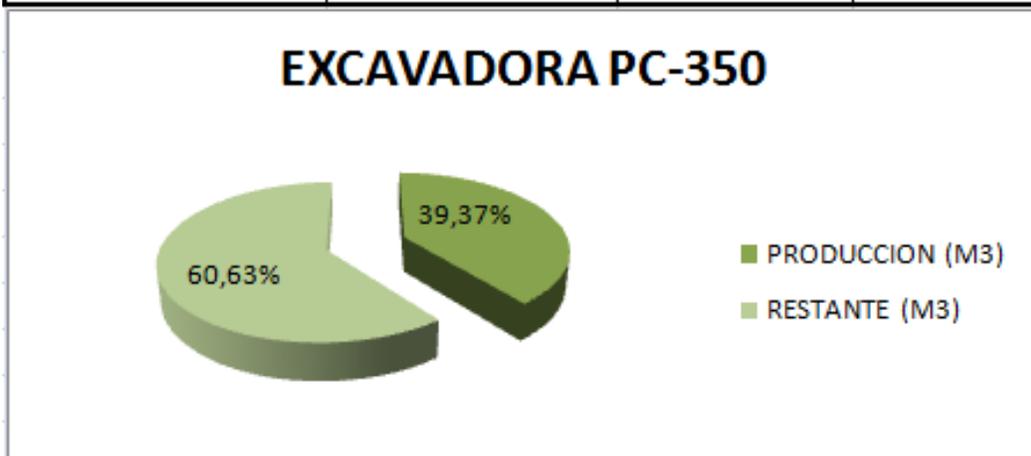


Figura 59.- Producción de la excavadora Pc-350, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.4. RESULTADO PARA EXCAVADORA PC200

Esta excavadora realizara una función como lo describimos claramente en el capítulo 6, y es:

- Carga: 33,52 m3/h

Es decir que al cabo del plazo si la excavadora trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 8 meses la excavadora PC200 podrá cargar 51.486,72 m³ de material suelto, tomando 1,40 como valor de esponjamiento, a su vez esta máquina realizara trabajos de conformación de plataformas para que al llegar las volquetas puedan ser cargadas por las excavadoras en la berma superior.

V. total = 33,52 m³/h * 8 horas/día * 24 días/mes * 8 meses

V. total = 51.486,72 m³

Datos:

- Plazo: 8 meses

- Producción total: 370.000,00 m³

- Producción de la excavadora PC-200: 51.486,72 m³

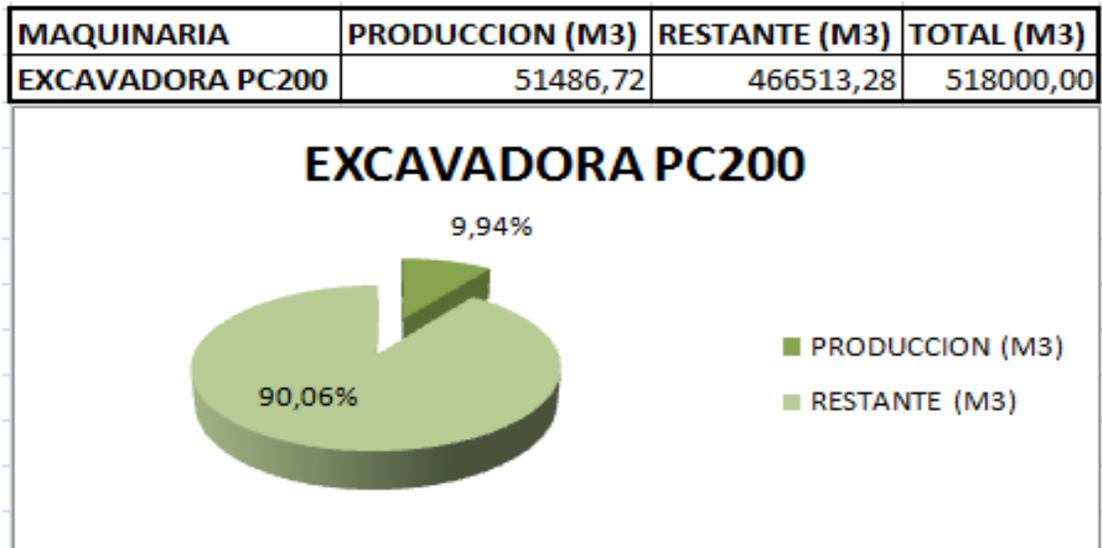


Figura 60.- Producción de la excavadora Pc-200, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.5. RESULTADO PARA VOLQUETA DE UN TÁNDEM CAP. HASTA 9 M3

La volqueta de capacidad de hasta 9,00 m3 solo realizara una función al igual que las demás:

- acarreo: 6,76 m3/h

Es decir que al cabo del plazo si la volqueta trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 8 meses la volqueta de capacidad hasta de 9,00 m3. Podrá acarrear 10.383,36 m3. De material pétreo suelto para relleno.

V. total = 6,76 m³/h * 8 horas/día * 24 días/mes * 8 meses

V. total = 10.383,36 m³

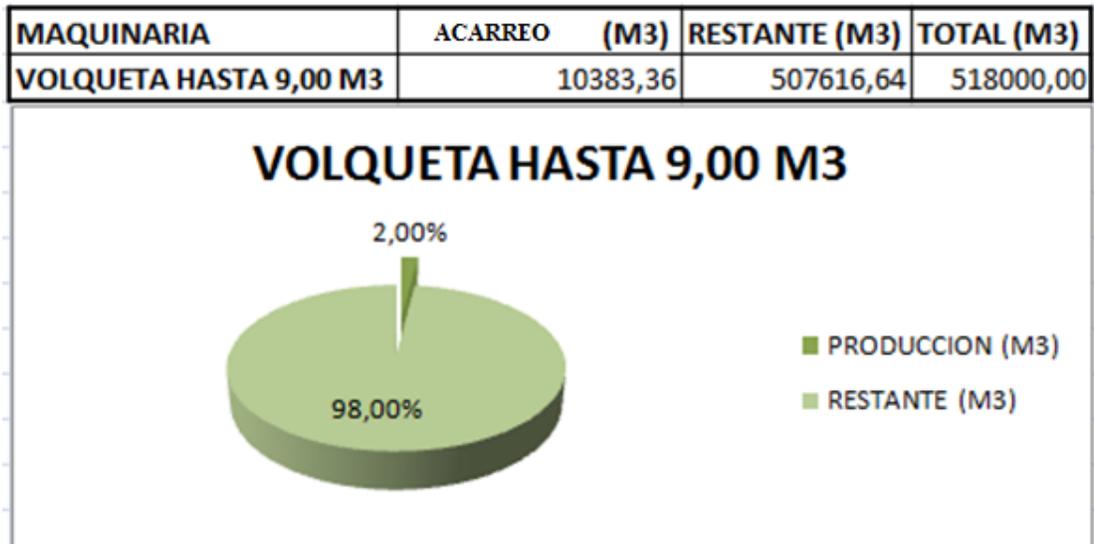


Figura 61.- Producción de una volqueta de 9 m³, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

Este valor es el de una sola volqueta de este tipo, pero el número de volquetas de esta capacidad es de 7, por lo tanto podrán realizar el acarreo de 72.683,52 m³, eso quiere decir que la gráfica real para este tipo de volquetas es la siguiente:

V. total = 10.383,36 m³ * 7 U = 72.683,52 M³

- Datos:
- Plazo: 8 meses
 - Material esponjado: 518.000,00 m³
 - Acarreo volquetas de hasta 9,00 m³: 72.683,52 m³

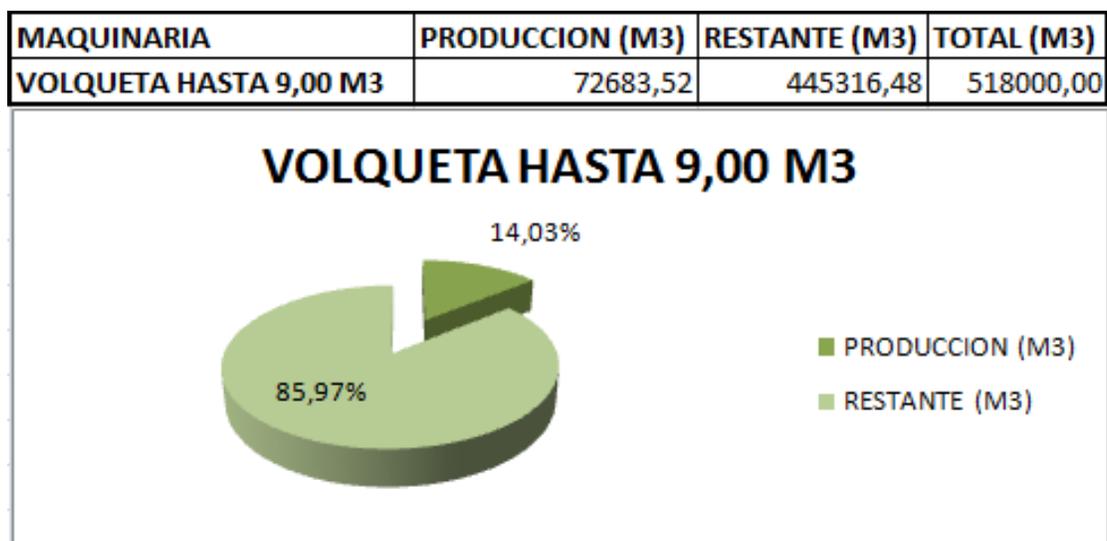


Figura 62.- Producción de 7 volquetas de 9 m³ , elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.6. RESULTADO PARA VOLQUETAS DE DOS TÁNDEM CAP. HASTA 16 M³

La volqueta de capacidad de hasta 16,00 m³ solo realizara una función al igual que las demás:

- acarreo: 10,97 m³/h

Es decir que al cabo del plazo si la volqueta trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 8 meses la volqueta de capacidad hasta de 16,00 m3. Podrá acarrear 16.849,92 m3. De material pétreo suelto para relleno.

$$V. \text{ total} = 10,97 \text{ m}^3/\text{h} * 8 \text{ horas/día} * 24 \text{ días/mes} * 8 \text{ meses}$$

$$V. \text{ total } 16.849,92 \text{ m}^3$$

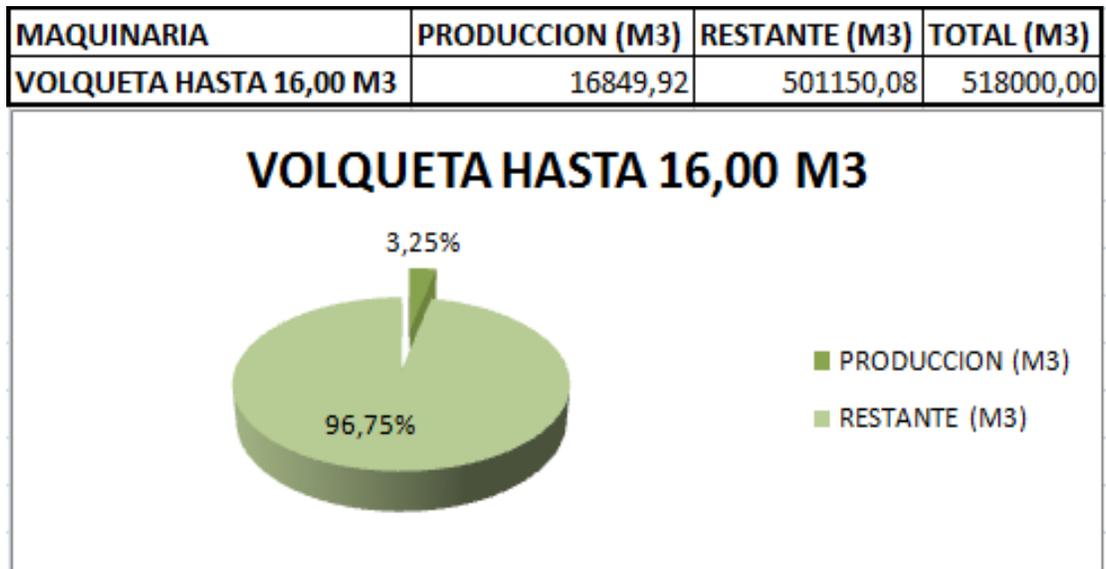


Figura 63.- Producción de una volqueta de 16 m3, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

Este valor es el de una sola volqueta de este tipo, pero el número de volquetas de esta capacidad es de 8, por lo tanto podrán realizar el acarreo de 134.799,36 m3, eso quiere decir que la gráfica real para este tipo de volquetas es la siguiente:

V. total = 16.849,92 m3 * 8 U = 134.799,36 M3

Datos: - Plazo: 8 meses

- Material esponjado: 518.000,00 m3

- Acarreo volquetas de hasta 16,00 m3: 134.799,36 m3

MAQUINARIA	PRODUCCION (M3)	RESTANTE (M3)	TOTAL (M3)
VOLQUETA HASTA 16,00 M3	134799,36	383200,64	518000,00

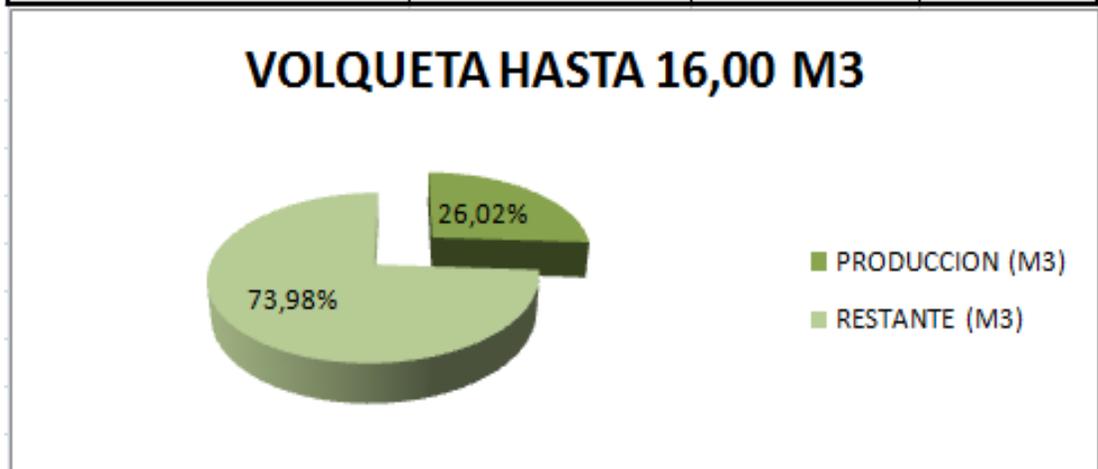


Figura 64.- Producción de ocho volquetas de 16 m3, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.7. RESULTADO PARA VOLQUETA TIPO TRÁILER O BAÑERA DE 18 M3 – 30 M3

La volqueta de capacidad de hasta 30,00 m³ solo realizara una función al igual que las demás:

- acarreo: 18,65 m³/h

Es decir que al cabo del plazo si la volqueta trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 8 meses la volqueta de capacidad hasta de 30,00 m³. Podrá acarrear 28.646,40 m³. De material pétreo suelto para relleno.

$$\mathbf{V. \text{ total} = 18,65 \text{ m}^3/\text{h} * 8 \text{ horas/día} * 24 \text{ días/mes} * 8 \text{ meses}}$$

$$\mathbf{V. \text{ total} = 28.646,40 \text{ m}^3}$$

MAQUINARIA	PRODUCCION (M3)	RESTANTE (M3)	TOTAL (M3)
VOLQUETA HASTA 30,00 M3	28646,40	489353,60	518000,00

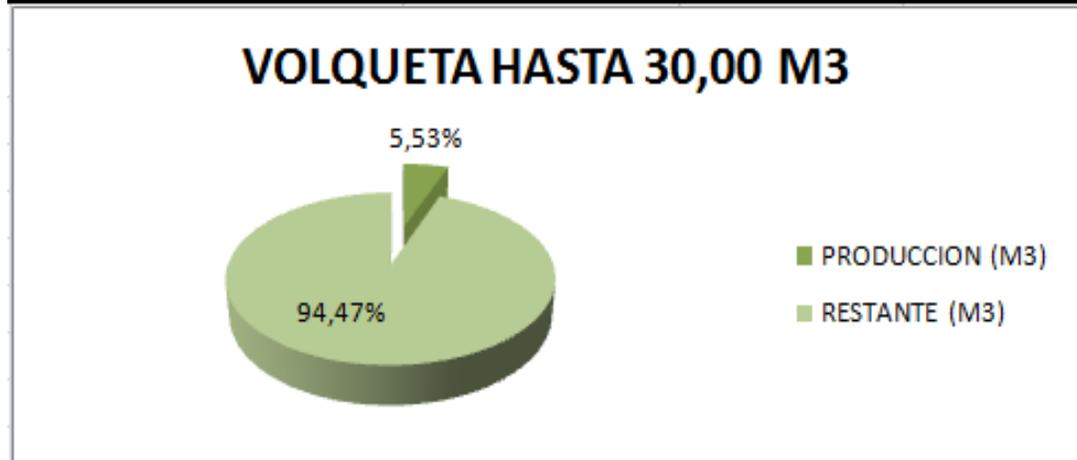


Figura 65.- Producción de una bañera de 30 m3, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

Este valor es el de una sola volqueta de este tipo, pero el número de volquetas de esta capacidad es de 11, por lo tanto podrán realizar el acarreo de 315.110,40 m3, eso quiere decir que la gráfica real para este tipo de volquetas es la siguiente:

$$\mathbf{V. \text{ total} = 28.646,40 \text{ m}^3 * 8 \text{ U} = 315.110,40 \text{ M}^3}$$

- Datos:
- Plazo: 8 meses
 - Material esponjado: 518.000,00 m3
 - Acarreo volquetas de hasta 30,00 m3: 315.110,40 m3

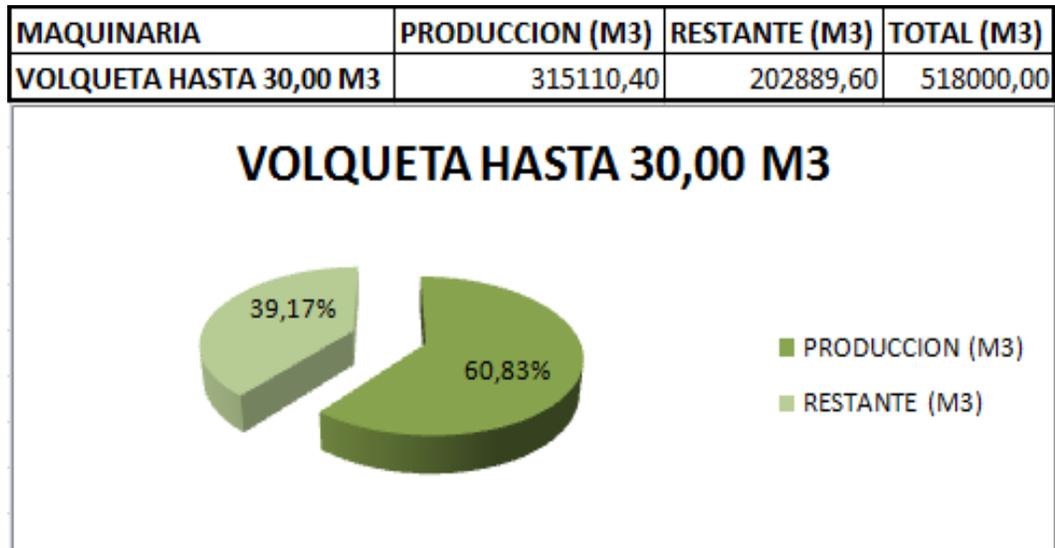


Figura 66.- Producción de ocho bañeras de 30 m3

7.1.1.8. RESULTADO PARA TRACTOR KOMATSU D61-PX

Este tractor realizara dos funciones como lo describimos claramente en el capítulo 6, y son:

- Limpieza y desbroce: 514,16 m2/h
- Acarreo y tendido: 97,76 m3/h

Es decir que al cabo del plazo si el tractor trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 8 meses el tractor D61-PX podrá tender 150.159,36 m3 de material pétreo suelto así como realizara, las tareas de limpieza y desbroce de manera conjunta de las 14 Ha.

V. total = 97,76 m3/h * 8 horas/día * 24 días/mes * 8 meses

V. total = 150.159,36 m3

Datos:

- Plazo: 8 meses
- Material de tendido: 518.000,00 m3
- Tendido tractor D61-PX: 150.159,36 m3

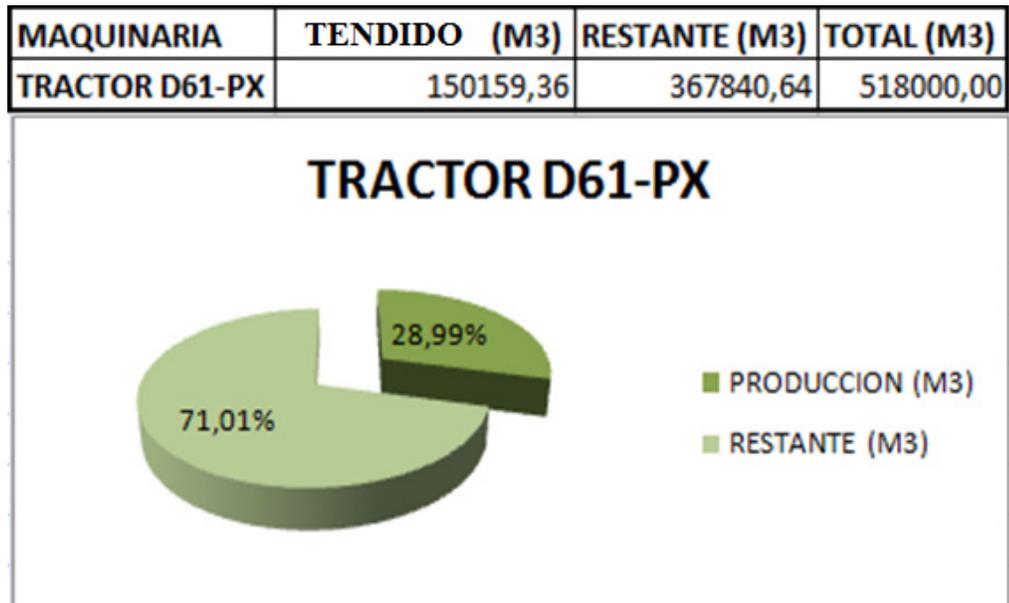


Figura 67.- Producción de Tractor D61-EX en tendido de material, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.9. RESULTADO PARA TRACTOR KOMATSU D65-EX

Este tractor realizara una función como lo describimos claramente en el capítulo 6, y es:

- Acarreo y tendido: 222,76 m³/h

Es decir que al cabo del plazo si el tractor trabaja 8 horas al día durante 24 días del mes en 8 meses el tractor D65-EX podrá tender 342.159,36 m³ de material pétreo suelto, este trabajo será continuo durante el plazo total del contrato, solamente las ultimas capas serán tendidas por la motoniveladora, esto de acuerdo a la topografía y pendientes del diseño de la plataforma de relleno.

$$\mathbf{V. total = 222,76 \text{ m}^3/\text{h} * 8 \text{ horas/día} * 24 \text{ días/mes} * 8 \text{ meses}}$$

$$\mathbf{V. total = 342.159,36 \text{ m}^3}$$

Datos:

- Plazo: 8 meses
- Material de tendido: 518.000,00 m³
- Tendido del tractor D65-EX: 342.159,36 m³

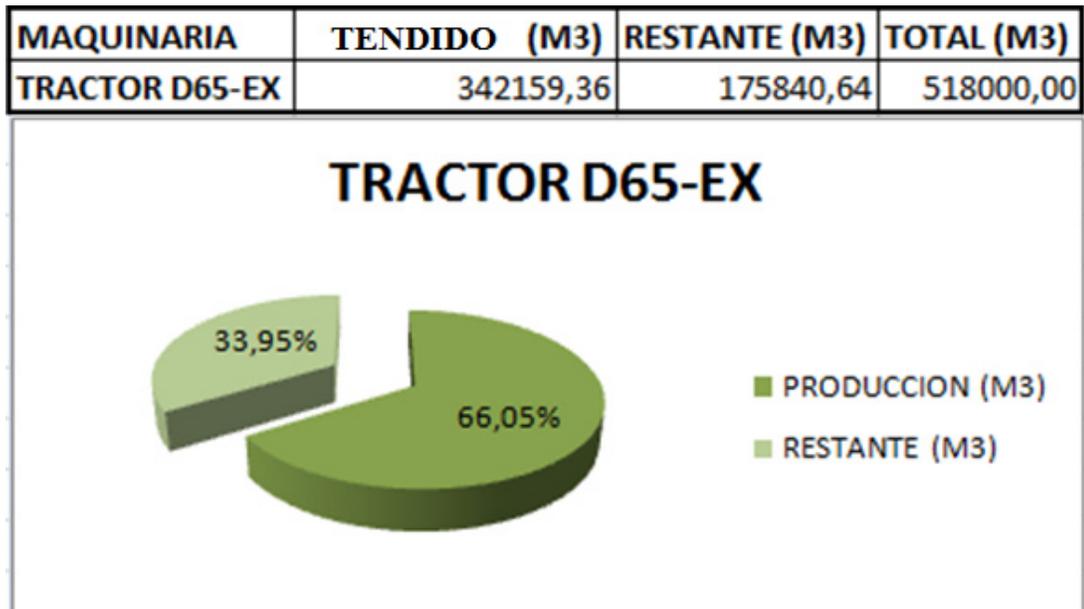


Figura 68.- Producción de Tractor D65-EX en tendido de material, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.10. RESULTADO PARA MOTONIVELADORA GD 555

La motoniveladora realizara una función como lo describimos claramente en el capítulo 6, y es:

- Nivelación: 610,17 m2/h

Es decir que la motoniveladora hará un trabajo de precisión y acabado en las últimas capas del relleno para darle a la superficie de 140.000,00 m2 el respectivo remate con pendientes adecuadas,

si trabaja 8 horas al día esta maquinaria terminara aproximadamente en 29 días.

$$\text{Total} = 610,17 \text{ m}^2/\text{h} * 8 \text{ horas/día} / 140.000,00 \text{ m}^2 = 29 \text{ días}$$

Si hacemos referencia a la última capa de tendido, (140.000,00 m² * 0,30 m.) = 42.000,00 m³, de la motoniveladora tendremos la siguiente grafica:

$$\text{V. total} = 140.000,00 \text{ m}^2 * 0,30 \text{ m} = 42.000,00 \text{ m}^3$$

Datos:

- Plazo: 8 meses
- Material de tendido: 518.000,00 m³
- Tendido de la motoniveladora: 42.000,00 m³

MAQUINARIA	TENDIDO NIVELACIÓN (M3)	RESTANTE (M3)	TOTAL (M3)
MOTONIVELADORA GD-555	42000,00	476000,00	518000,00

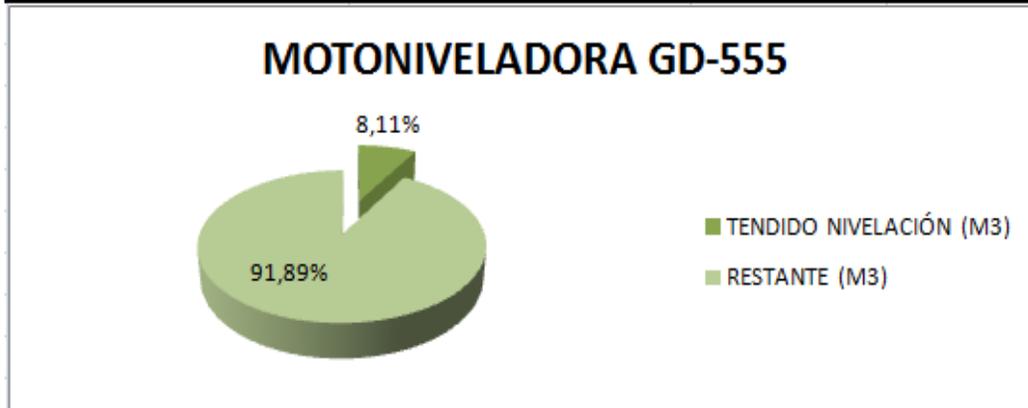


Figura 69.- Producción de Motoniveladora en tendido de material, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

7.1.1.11. RESULTADO PARA RODILLO BOMAG-BW212 D40

El rodillo compactador realizara una función como lo describimos claramente en el capítulo 6, y es:

- Compactar: 318,70 m3/h

Es decir que el rodillo vibrador hará un trabajo de densificación de las capas del relleno para otorgarle una consolidación al suelo que soportara las estructuras civiles de esta urbanización, si trabaja 8

horas al día 24 días al mes y 8 meses esta maquinaria compactaría aproximadamente 489523,20 m³, este volumen es variable debido a que el volumen de material suelto se compacta a medida que el tractor lo tiende y reduce su volumen gradualmente en conjunto con la aplicación del rodillo nuevamente hasta obtener una relación de vacíos mínima.

V. total = 318,70 m³/h * 8 horas/día * 24 días/mes * 8 meses

V. total = 489.523,20 m³

Datos:

- Plazo: 8 meses
- Asumimos compactación previa con tractor de 5,50%
- Material de tendido: 489.523,20 m³
- Compactado del rodillo: 42.000,00 m³

MAQUINARIA	PRODUCCION (M3)	RESTANTE (M3)	TOTAL (M3)
RODILLO BW212-D40	489523,20	-13,20	489510,00

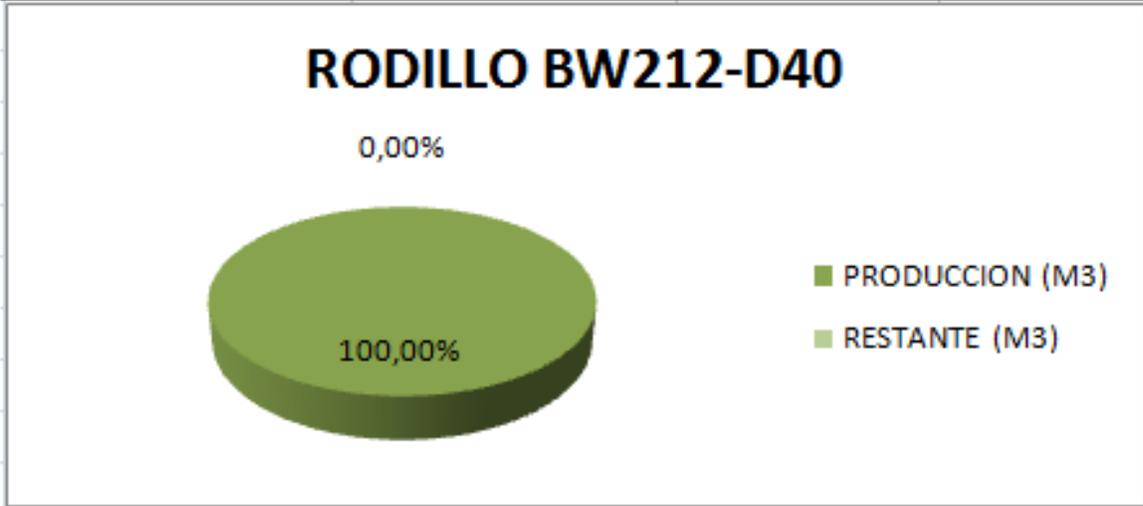


Figura 70.- Producción de Rodillo en compactación de material, elaborada por Manuel Rivera y Gustavo Chiriboga.

CAPITULO 8

8.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La situación económica mundial y la nuestra en particular exigen ahora una organización perfecta para triunfar; es necesario que las empresas no solamente ejecuten la obra sino también que actualicen y desarrollen una tecnología cada vez más avanzada, que les permita sortear todas las condiciones que actualmente se presentan en obra.

En el caso de los movimientos de tierra de gran magnitud, es necesario realizar un análisis como el que hemos realizado en nuestro tema de tesina debido a que este escenario podría beneficiar al contratista con

un aumento de su utilidad o mejor aún, trabajar con un precio más competitivo en el mercado.

Debido a esto hemos concluido que en muchas ocasiones el cálculo de los costos de los rubros inherentes al movimiento de tierras está sobredimensionado debido al análisis ortodoxo y poco práctico de optar siempre por un rendimiento de maquinaria estandarizado pese a que es muy variable.

Recomendamos analizar casos reales y prácticos de la experiencia del contratista para la realización de una obra, como lo hemos hecho en este documento, de esta manera los contratistas podrán ser más competitivos, mejorando los precios de los rubros siendo más eficientes y eficaces al momento de ejecutar la obra.

8.1.1. CONCLUSIONES

→ Los rendimientos de las maquinarias actualmente están estandarizados, siendo poco práctico a la hora de competir en un concurso público o en el mercado nacional.

→ Es erróneo tomar rendimientos otorgados por los fabricantes para la ejecución de un presupuesto para un movimiento de tierras.

→ Es muy valiosa la experiencia que tenga el contratista para con esta realizar de mejor manera el análisis del rendimiento de la maquinaria previo a un contrato de movimiento de tierras.

8.1.2. RECOMENDACIONES

→ Se debe realizar un correcto análisis, para cada caso, de los rendimientos del equipo caminero en un movimiento de tierras.

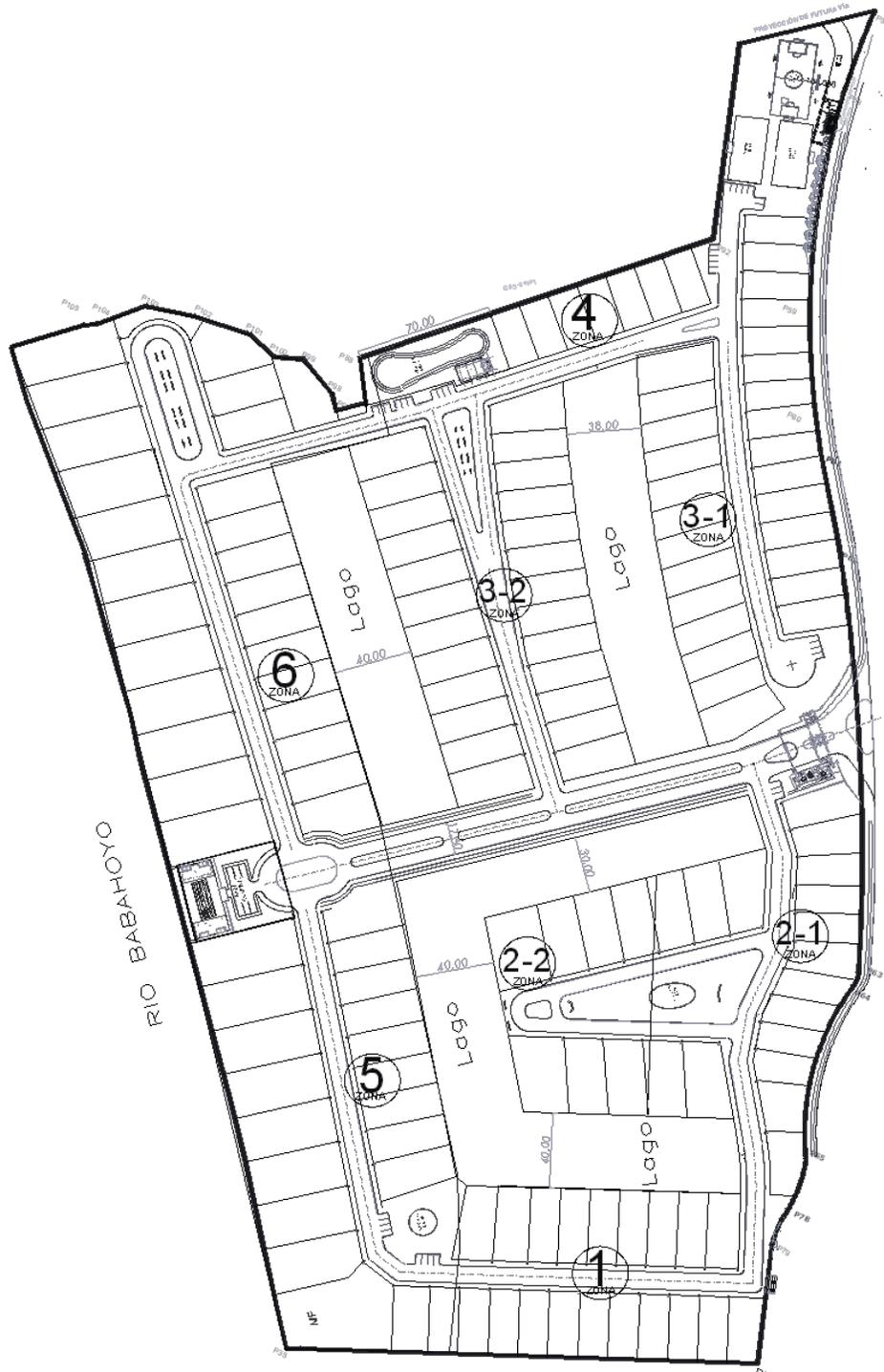
→ Es muy importante revisar el tiempo de ciclo de la maquinaria que se va a utilizar en el movimiento de tierras.

→ Se deben tomar en consideración absolutamente todos los factores propios de la maquinaria y del entorno para obtener los rendimientos más aproximados a la realidad en obra para ser más eficientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Seminario de graduación en vías de Ing. Eduardo Santos Baquerizo.
2. Rendimiento de Maquinarias de Construcción de Felimon Vilca Yucra
3. Máquinas para Movimiento de Tierras 2da edición de Jean Costes
4. La maquinaria pesada en movimiento de tierras de Roberto Vargas Sánchez
5. Manual de rendimiento, edición 31 de CATERPILLAR
6. Página web: www.komatsu.com
7. Página web: www.Diteca.com

IMPLANTACION



ANEXO 1

Figura 1	
Imagen Satelital Isla Mocoli.....	9
Figura 2	
Implantación de la Ubicación del Proyecto Farallón.....	20
Figura 3	
Interpretación de curvas de nivel,.....	21
Figura 4	
Sección tipo del relleno de la plataforma.....	22
Figura 5	
Secciones transversales de corte y relleno.....	23
Figura 6	
Interpretación de un diagrama de masa.....	24
Figura 7	
Distancia de acarreo según diagrama de masas.....	31
Figura 8	
Etapas de relleno.....	38

Figura 9	
Producción en cantera.....	50
Figura 10	
Despacho en cantera.....	50
Figura 11	
Volqueta (18m3) usadas para transporte de material.....	52
Figura 12	
Tractor D65 tendiendo material de relleno.....	53
Figura 13	
Ensayo Proctor.....	54
Figura 14	
Tanquero para hidratación de plataforma de relleno.....	55
Figura 15	
Tractor D65 escarificando el suelo.....	61
Figura 16	
Excavadora.....	64

Figura 17	
Volqueta H-700 capacidad 17 m3	66
Figura 18	
Motoniveladora Komatsu GD-555.....	67
Figura 19	
Rodillo Bomag 12 toneladas.....	69
Figura 20	
Tractor D-155-AX-6.....	76
Figura 21	
Topadora sigmadozer.....	77
Figura 22	
Dimensiones de tractor D-155-AX-6.....	81
Figura 23	
Dimensiones de cuchillas de tractor D-1555-AX-6.....	81
Figura 24	
Tractor D65.....	82

Figura 25	
Tractor D61-PX.....	83
Figura 26	
Dimensiones de tractor D61-EX y D61-PX.....	87
Figura 27	
Velocidades del tractor D655-EX.....	91
Figura 28	
Dimensiones del tractor D65-EX.....	93
Figura 29	
Excavadora komatsu PC-450.....	95
Figura 30	
Dimensiones de la Excavadora komatsu PC-450.....	101
Figura 31	
Longitud de alcance de brazo de excavadora komatsu Pc-450.....	102
Figura 32	
Excavadora komatsu Pc-350.....	103

Figura 33	
Dimensiones de excavadora komatsu Pc-350.....	108
Figura 34	
Alcance de brazo de excavadora komatsu Pc-350.....	110
Figura 35	
Excavadora Komatsu Pc-200.....	111
Figura 36	
Dimensiones de excavadora Komatsu Pc-200.....	117
Figura 37	
Alcance de excavadora komatsu Pc-200.....	119
Figura 38	
Volqueta Hino-500, capacidad 9 m3.....	121
Figura 39	
Volqueta Hino-700.....	124
Figura 40	
Hino-700 usada para cabezal de bañera.....	127

Figura 41	
Motoniveladora Komatsu GD-555.....	131
Figura 42	
Dimensiones de motoniveladora komatsu GD-555.....	137
Figura 43	
Rodillo Bomag 12 Toneladas.....	140
Figura 44	
Alcance de vibración de rodillo	142
Figura 45	
Dimensiones de Rodillo Bomag 12 toneladas.....	142
Figura 46	
Método grafico para cálculo de rendimiento de tractores.....	152
Figura 47	
Equipo usado en el proyecto.....	180
Figura 48	
Ripper tractor D155-AX.....	192

Figura 49	
Topadora sigmadozer de tractor D155-AX.....	196
Figura 50	
Excavadora komatsu Pc-450 durante producción en cantera.....	199
Figura 51	
Excavadora komatsu Pc-200 en obra.....	204
Figura 52	
Hoja topadora de tractor D61-EX.....	214
Figura 53	
Hoja topadora semi-U para tractor D65-AX.....	220
Figura 54	
Motoniveladora komatsu GD-555 durante tendido de material.....	223
Figura 55	
Rodillo Bomag 12 Toneladas en obra.....	226
Figura 56	
Resultado de rendimiento de los equipos usados en el proyecto.....	230

Figura 57	
Producción del tractor D155-AX-6.....	232
Figura 58	
Producción de la excavadora Pc-450.....	234
Figura 59	
Producción de la excavadora Pc-350.....	235
Figura 60	
Producción de la excavadora Pc-200.....	237
Figura 61	
Producción de una volqueta de 9 m3.....	238
Figura 62	
Producción de 7 volquetas de 9 m3.....	239
Figura 63	
Producción de una volqueta de 16 m3.....	240
Figura 64	
Producción de ocho volquetas de 16 m3.....	241

Figura 65

Producción de una bañera de 30 m3.....243

Figura 66

Producción de ocho bañeras de 30 m3244

Figura 67

Producción de tractor D61-EX en tendido de material.....245

Figura 68

Producción de tractor D65-EX en tendido de material.....247

Figura 69

Producción de motoniveladora en tendido de material.....249

Figura 70

Producción de rodillo en compactación de material.....251

ANEXO 2

Tabla 1,

Equipo de maquinaria de acuerdo a distancias de acarreo.....34

Tabla 2,

Velocidades de tractor.....85

Tabla 3,

Capacidad de carga de excavadora komatsu Pc-450.....101

Tabla 4,

Capacidad de carga de excavadora komatsu Pc-350.....109

Tabla 5	
Capacidad de carga de excavadora komatsu Pc-200.....	118
Tabla 6,	
Capacidades y motor de Hino-500.....	122
Tabla 7,	
Embrague y transmisión de Hino-500.....	122
Tabla 8,	
Características de sistema de frenos de Hino-500.....	123
Tabla 9,	
Capacidades y motor de Hino-700.....	125
Tabla 10,	
Embrague y transmisión de Hino-700.....	125
Tabla 11,	
Características de sistema de frenos de Hino-700.....	126
Tabla 12,	
Capacidades y motor de Hino-700.....	128

Tabla 13,	
Embrague y transmisión de Hino-700.....	129
Tabla 14,	
Características de sistema de frenos de Hino-700.....	129
Tabla 15,	
Velocidades de motoniveladora Komatsu GD-555.....	134
Tabla 16,	
Rendimiento de compactación de rodillo BW212 según fabricante...	143
Tabla 17,	
Eficiencia de Producción de acuerdo a condiciones operacionales...	151
Tabla 18,	
Factor de eficiencia horaria	158
Tabla 19,	
Coefficiente de administración de obra.....	162
Tabla 20,	
Clasificación en función de tipo de materiales.....	163

Tabla 21,	
Factor de facilidad de carga según tipo de material.....	164
Tabla 22,	
Factor de facilidad de carga según el estado del material.....	165
Tabla 23,	
Coefficiente de esponjamiento.....	166
Tabla 24,	
Factor de maniobra.....	167
Tabla 25,	
Influencia de la pendiente del terreno.....	168
Tabla 26,	
Coefficiente de resistencia a la rodadura.....	170
Tabla 27,	
Factor de condiciones del camino.....	171
Tabla 28,	
Factor de coeficiente de tracción.....	172

Tabla 29,

Disminución de potencia en función de la altura y temperatura.....177

Tabla 30,

Factores que inciden en el rendimiento de nuestro equipo.....184

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.