



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales

"Evaluación integral y reingeniería a los sistemas y equipos de proceso de una industria de productos de limpieza, para optimizar sus recursos"

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

Presentado por:

LEONELA ANDREINA DE LA CRUZ DE LA CRUZ

MARTHA RAFAELA NEMER MONTESDEOCA

GUAYAQUIL-ECUADOR

2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por cuidarme cada uno de mis días vividos, por darme y mantener unida a mi familia que es mi luz, y por haberme permitido encontrar mi vocación.

A mis padres por amarme de la forma en la que sólo ellos saben que me aman, por enseñarme los valores que me conducen en la vida, e inculcarme la educación como prioridad, por su paciencia y apoyo incondicional a lo largo de estos 19 años de estudios.

A Leonela, amiga y compañera de tesis, por creer en mis ideas, y por su amistad que sé, es de las más sinceras e incondicionales.

Gracias a mis amigos y amigas que he ganado en las aulas desde mi época de colegio, por crecer conmigo y compartir nuestro arcoíris de días, por tantos buenos recuerdos.

A nuestro Director de tesis, Ingeniero Pablo Tejada por su apoyo, tiempo y conocimientos compartidos.

A todos mis profesores y a la ESPOL; por hacernos descubrir en nosotros capacidades que ignorábamos. Por educarnos con vocación y excelencia y acogernos durante estos 6 años.

A personal de la planta donde se realizó éste proyecto, en especial a las Doctoras; Miriam Andrade, y Gisela Moreno; sin su apertura y ayuda no se hubiera realizado el presente.

Martha Rafaela Nemer Montesdeoca

Primero agradecida con Dios por darme las fuerzas y los ánimos para no rendirme en cada situación que se me ha presentado en la vida, y por darme un día más de vida para culminar con bien cada etapa estudiantil, sin olvidar a mi familia que también ha estado allí conmigo en cada paso importante de mi vida y en los éxitos que están por venir.

No pueden faltar los amigos incondicionales que han formado parte de cada momento agradable. A mi amiga y compañera de tesis, Martha por sus 7 años de amistad y con la cual culminó este trabajo universitario, y que nuestra amistad siga por muchos años más.

A los profesores que han brindado una parte de su conocimiento en mi formación estudiantil hasta el día de hoy.

Y por último a las personas que nos dieron la oportunidad de realizar este proyecto de graduación, a las Doctoras Miriam Andrade y Gisela Moreno.

Profundamente agradecida con todos ellos.

LEONELA DE LA CRUZ

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación representa cada esfuerzo en mi etapa universitaria y por eso a las personas que dedico el presente trabajo es a mi Padre Wilson De la Cruz Rocafuerte quien me ha apoyado incondicionalmente todo este tiempo y lo sigue haciendo, a mi Madre Amabilia De La Cruz Pezo por sus palabras y cariño, dándome los ánimos para no rendirme, a mi Hermana Mariuxi De La Cruz De La Cruz que ha sido mi ejemplo a seguir desde que la vi esforzándose por ser mejor, y por último a mis dos Hermanos Adriana y Wilson De la Cruz De La Cruz que siempre me dan su apoyo y les deseo lo mejor en su etapa universitaria que recién empieza.

LEONELA DE LA CRUZ

Dedico todo mi esfuerzo a Dios, a quién amo por convicción y considero es, el más grande científico de la humanidad.

A mis padres; Fawas y Martha éste logro también es suyo, los amo siempre y saben que su felicidad es mi felicidad.

A mis hermanas mayores; Karen y Allison de las cuales estoy orgullosa por haber construido hogares sólidos y pese a las adversidades no haber dejado sus profesiones a un lado.

A los más pequeños de mi familia; Samara, mi hermana menor; Daniel, Clarisse y Fabiana mis sobrinos, por llenar mis días de ternura e iluminar con sus sonrisas mi vida, los amo que Dios los bendiga siempre.

Dedico también mi esfuerzo a mis mascotas que aún están y a las que ya no, por demostrarme su fidelidad, y acompañarme tantas madrugadas en las que labraba mi objetivo.

Finalmente dedico éste proyecto a todo aquel que crea en la educación como la más grande manifestación de libertad.

Martha Rafaela Nemer Montesdeoca

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

M.Sc. Oswaldo Valle Sánchez

PRESIDENTE

M.Sc. Diego Muñoz Naranjo

VOCAL

M.Sc. Pablo Tejada Hinojosa

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"

Leonela De La Cruz De La Cruz

Martha Nemer Montesdeoca

RESUMEN

Mediante la metodología de observación, levantamiento de datos *in-situ* y documental, se ha logrado identificar que la capacidad de producción de la planta opera en su 52%, motivo por el cual se propone inicialmente realizar un análisis exhaustivo de la problemática existente utilizando modelos estadísticos para análisis de datos, tales como Pareto, gráficos de barras, pasteles, etc.; luego enfocarse en diseñar un proceso que brinde una solución de carácter ingenieril; con 3 enfoques, la puesta en marcha de un equipo con nuevas características de funcionamiento; el rediseño de equipos existentes con el fin de disminuir los ajustes de calidad a productos terminados, y proponer una planificación de producción con un consecuente ahorro en el suministro de agua potable.

El personal administrativo y operativo de la planta ha brindado apertura para la ejecución de este trabajo, y para la propuesta de solución se tendrá la disponibilidad del recurso tecnológico, humano y de las herramientas y equipos que la empresa posee.

Con este trabajo se consolida una relación de mutuo beneficio entre la industria ecuatoriana, quienes brindarán la apertura y el apoyo para la ejecución de este

trabajo y la institución de educación superior la cual por medio de sus estudiantes; aportará con los conocimientos técnicos.

Se ha presentado la propuesta a la Gerencia de la empresa, quienes han decidido implementarla paulatinamente de acuerdo a la aprobación del presupuesto para el año 2015.

Ciertos aspectos, como la implementación de niveles de volumen en tanques de producción, ya han sido implementadas para 3 de los 5 reactores.

La productividad de la planta y el ahorro del agua son cálculos teóricos basados en una planificación que contempla productos más demandados, con el fin de no generar un cuello de botella en bodega, ya que estos son despachados, luego de producirse, de manera inmediata.

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica De Litoral
FCNM	Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
p.ej.	Por ejemplo
DNA	Ácido desoxirribonucleico
ISO	Organización Internacional de Normalización
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad
Fig.	Figura
PVC	Policloruro de Vinilo
TR	Tara System
R-01	Reactor 1
R-02	Reactor 2
R-03	Reactor 3

R-04	Reactor 4
R-05	Reactor 5
R-06	Reactor 6
R-07	Reactor 7
B-01	Balanza 1
B-02	Balanza 2
B-03	Balanza 3
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
PVDFP	Polifluoruro de vinilideno
Cap.	Capacidad
TDG	Tablero de distribución general
TDP	Panel de distribución
TD	Tablero de distribución
EPP	Equipo de protección personal
TULSMA	Texto unificado de legislación Secundaria de Medio Ambiente

SIMBOLOGÍA

m^2 Metros cuadrados

pH Potencial de hidrógeno

% Porcentaje

Kg Kilogramo

$\frac{Kg}{h-hombre}$ Kilogramo hora hombre

rpm Revoluciones por minuto

q Velocidad volumétrica de flujo

D_a Diámetro de rodete

N_Q Número De flujo

E_k Energía cinética

ρ Densidad

P	Potencia
N_p	Número de potencia
n	Velocidad angular de eje mezclador
m^3	Metros cúbicos
MP	Materia prima
O/P	Orden de producción
PT	Producto terminado
V	Voltios
KVA	Kilovoltiamperio
A	Amperio
C°	Grados Celsius
ft^3	Pies cúbicos
Psi	Libra fuerza por pulgada cuadrada
θ	Diámetro
PPM	Partes por millón

TDS Sólidos totales disueltos

m Metro

HP caballos de fuerza

cm Centímetros

cp Centipoises

L Litros

" Pulgada

Y Ordenada

X Abscisa

h Hora

$\frac{Kg}{\text{día-hombre}}$ Kilogramo día hombre

Σ Sumatoria

$\frac{Kg}{\text{mes}}$ Kilogramos mes

$\frac{gr}{cm^3}$ gramos por centímetros cúbicos

π Constante PI

r	Radio
r^2	Radio al cuadrado
w_x	Ancho de un objeto x
H_x	Altura de un objeto x
Vel	Velocidad
x_i	Fracción molar de una sustancia i
$\frac{kg}{m^3}$	Kilogramo por metro cúbico
μ	Viscosidad Dinámica
N	Velocidad de rotación
$\left(\frac{Rev}{Seg}\right)$	Revoluciones por segundo
$\frac{Kg}{m*seg}$	Kilogramo sobre metro por segundo
N_{Re}	Número Reynolds
k_t	Constante de diseño de impulsores

INDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Tanque típico del proceso de agitación.....	22
Fig. 2.2 Agitadores para líquidos de viscosidad moderada.....	24
Fig. 2.3 Dimensiones para una turbina.....	26
Fig. 2.4 Reactor por lotes.....	31
Fig. 2.5 Diagrama de Entradas y Salidas.....	33
Fig. 3.1 Estructura departamental de la Planta.....	40
Fig. 3.2 Layout de la planta.....	41
Fig. 3.3 Simbología ISO para diagramas de flujo de procesos.....	46
Fig. 3.4 Diagrama de bloque de proceso de producción.....	47
Fig. 3.5 Flujo del proceso de producción.....	48
Fig. 3.6 Diagrama de distribución de agua	50
Fig. 3.7 Diagrama unifilar.....	52
Fig. 3.8 Balanza.....	53
Fig. 3.9 Ablandador de agua y tanque de salmuera.....	55
Fig. 3.10 Reactor productos líquidos.....	57
Fig. 3.11 Reactor para polvos.....	64
Fig. 3.12 Diagrama de la planta de Tratamiento de Agua.....	68
Fig. 4.1 Turbina de disco de aspas planas.....	101
Fig. 4.2 Dimensionamiento de impulsor de mezclado para reactor.....	104
Fig. 4.3 Dimensionamiento de Reactor #8.....	105
Fig. 4.4 Sistema reductor de velocidad.....	106
Fig. 4.5 Diseño de impulsor de mezclador para reactor #1.....	113
Fig. 4.6 Diseño del impulsor de mezclado para reactor #2.....	114
Fig. 4.7 Diseño del impulsor de mezclador de reactor #4.....	116
Fig. 4.8 Diseño de mezclador de reactor #5.....	116
Fig. 4.9 Tanque con Sistemas de vasos comunicantes.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tipos de Planeación en un horizonte de tiempo.....	36
Tabla 3.1 Especificaciones técnicas de balanzas utilizadas en planta.....	54
Tabla 3.2 Calidad de agua de proceso.....	56
Tabla 3.3 Descripción del Reactor para productos viscosos.....	58
Tabla 3.4 Descripción del Reactor para productos viscosos.....	59
Tabla 3.5 Descripción de Reactor para productos no viscosos.....	60
Tabla 3.6 Descripción de Reactor para productos no viscosos.....	61
Tabla 3.7 Descripción de Reactor para productos no viscosos.....	62
Tabla 3.8 Descripción de Reactor para productos para polvos.....	65
Tabla 3.9 Productividad Anual.....	72
Tabla 3.10 Descripción de la actividades con sus respectivos tiempos.....	75
Tabla 3.11 Descripción de las actividades con sus respectivos tiempos.....	77
Tabla 3.12 Descripción de las actividades con sus respectivos tiempos.....	79
Tabla 3.13 Descripción de las actividades con sus respectivos tiempos.....	80
Tabla 3.14 Eficiencia de la Planta.....	82
Tabla 3.15 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-01.....	84
Tabla 3.16 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-02.....	85
Tabla 3.17 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-03.....	85
Tabla 3.18 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-04.....	86
Tabla 3.19 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-05.....	86
Tabla 3.20 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-06.....	87
Tabla 3.21 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-07.....	88
Tabla 3.22 Porcentaje de producción del año 2014, con y sin ajustes de calidad.....	90
Tabla 3.23 Estadísticos de la Cantidad de Ajustes.....	92
Tabla 3.24 Estadísticos de la Cantidad de Veces de Ajustes.....	92
Tabla 3.25 Cantidad de productos con Ajuste.....	93
Tabla 3.26 Tipo de Ajuste.....	93
Tabla 4.1 Características físicas del reservorio.....	98
Tabla 4.2 Productos destinados a reactor #8.....	98
Tabla 4.3 Materias primas de producto O180.....	99
Tabla 4.4 Productos viscosos.....	122

Tabla 4.5 Productos no Viscosos.....	123
Tabla 4.6 Análisis Estadístico del volumen de producción para D106 y G123....	124
Tabla 4.7 Estimado de producción de los productos D106 y G123.....	125
Tabla 4.8 Análisis Estadístico del volumen de producción de G122 y S220.....	126
Tabla 4.9 Estimado de producción de los productos G122 y S220.....	126
Tabla 4.10 Análisis Estadístico del volumen de producción de G126 y C039.....	126
Tabla 4.11 Estimado de producción de G126 y C039.....	128
Tabla 4.12 Análisis Estadístico del volumen de producción de Y301 y Y300....	129
Tabla 4.13 Estimado de producción de Y301 y Y300.....	130
Tabla 4.14 Análisis Estadístico del volumen de producción de S249 y S248....	131
Tabla 4.15 Estimado de producción de S249 y S248.....	131
Tabla 4.16 Análisis Estadístico de volumen de producción de B024 y S246....	132
Tabla 4.17 Estimado de producción de B024 y S246.....	132
Tabla 4.18 Análisis Estadístico de volumen de producción de B030 y S205....	133
Tabla 4.19 Estimado de producción B030 y S205.....	134
Tabla 4.20 Análisis Estadístico de producción de H133 y R195.....	134
Tabla 4.21 Estimación de producción de H133 y R195.....	135
Tabla 4.22 Análisis Estadístico del volumen de producción de O178 y O179....	136
Tabla 4.23 Estimado de producción de O178 y O179.....	137
Tabla 4.24 Análisis Estadístico de volumen de producción S201 y M167.....	138
Tabla 4.25 Estimación de producción S201 y M167.....	138
Tabla 4.26 Cantidad de volumen excedente para el año 2015.....	139
Tabla 4.27 Cantidad de volumen excedente para el año 2015.....	140
Tabla 4.28 Proyección de productividad de la planta para 2015.....	141
Tabla 4.29 Porcentaje Índice de productividad.....	141
Tabla 4.30 Cantidad agua ahorrada; Junio 2015; productos viscosos.....	143
Tabla 4.31 Cantidad de agua ahorrada; Junio 2015; productos no viscosos....	143

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

RESUMEN

ABREVIATURAS

SIMBOLOGÍA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE FIGURAS

ÍNDICE TABLAS

CAPÍTULO I.....	7
INTRODUCCION	7
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Planteamiento del problema	9
1.3 Alcance.....	11
1.4 Hipótesis.....	12
1.5 Objetivos.....	12
1.5.1 Objetivos Generales	12
1.5.2 Objetivos específicos.....	12
MARCO TEÓRICO	14
2.1 Manufactura de productos químicos.....	15
2.2 Productos de Limpieza	15
2.2.1 Surfactantes	15
2.2.2 Reguladores de Espuma.....	16
2.2.3 Mejoradores (builders).....	16
2.3 Productos para Desinfección	17
2.3.1 Oxidantes	17

2.3.1.1	Ácidos Peracético (ácido peroxiacético)	17
2.3.1.2	Peróxido de Hidrógeno	18
2.3.2	Derivados de Cloro.....	18
2.3.3	Compuestos Cuaternarios de Amonio.....	18
2.4	Herramientas de estadísticas de calidad	19
2.4.1	Diagrama de Pareto	19
2.4.2	Diagrama causa-efecto	20
2.5	Operación Unitaria de Agitación y Mezclado	21
2.5.1	Tanques Agitados	22
2.5.2	Impulsores (agitadores).....	23
2.5.2.1	Hélice.....	24
2.5.2.2	Turbinas.....	25
2.5.2.3	Diseño estándar de turbinas	25
2.5.3	Velocidad de Circulación.....	27
2.5.4	Consumo de potencia	28
2.6	Reactores Químicos	30
2.6.1	Reactores tipo batch o por lotes.....	30
2.6.2	Ventajas y Desventajas de un Reactor tipo Batch o por lotes.....	31
2.7	Optimización de procesos.....	32
2.7.1	Productividad	32
2.7.1.1	Medición de la Productividad	33
2.7.2	Capacidad Operativa.....	34
ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA		37
3.1	Descripción de la organización	38
3.1.1	Misión	39
3.1.2	Visión	39
3.2	Estructura departamental de la planta	39

3.2.1	Bodega de Materia Prima.....	42
3.2.2	Control de Calidad.....	42
3.2.3	Producción	42
3.2.4	Envasado	43
3.2.5	Logística.....	43
3.3	Seguridad Industrial en la planta	43
3.4	Descripción del proceso de producción	45
3.4.1	Diagrama de bloques del proceso de producción	45
3.4.2	Diagrama de flujo del proceso de producción	48
3.4.3	Suministro de agua en la planta	49
3.4.4	Suministro de Energía en la planta	51
3.5	Evaluación de equipos de proceso de producción.....	53
3.5.1	Balanzas	53
3.5.2	Ablandador de agua.....	54
3.5.2.1	Calidad de agua de proceso	55
3.5.3	Reactores para productos líquidos.....	56
3.5.3.1	Reactor R-01	58
3.5.3.2	Reactor R-02	59
3.5.3.3	Reactor R-03	60
3.5.3.4	Reactor R-04	61
3.5.3.5	Reactor R-05	62
3.5.3.6	Reactor R-06	63
3.5.4	Reactor para productos en polvo	63
3.5.4.1	Reactor R-07	65
3.6	Tratamiento de efluentes líquidos.....	65
3.7	Estudio de la capacidad productiva de la planta.....	69
3.7.1	Análisis de la Demanda de los productos	69

3.7.2	Cálculo de la Productividad.....	71
3.7.3	Eficiencia Productiva de la planta	73
3.7.3.1	Estudio del indicador de producción óptima	73
3.7.3.1.1	Reactores de productos viscosos	74
3.7.3.1.2	Reactores de productos no viscosos	76
3.7.3.1.3	Análisis para reactor número 6	78
3.7.3.1.4	Reactor para productos en polvo.....	80
3.7.3.2	Cálculo de la Eficiencia Productiva de la Planta	81
3.7.4	Identificación del cuello de botella.....	83
3.7.4.1	Identificación de la restricción del proceso	83
	PROPUESTA DE REINGENIERIA	96
4.1	Puesta en marcha de Reactor de mezclado.....	97
4.1.1	Consideraciones generales.....	97
4.1.1.1	Cálculo de volumen efectivo en tanque	99
4.1.2	Diseño del impulsor de mezclado.....	100
4.1.2.1	Cálculos de dimensionamiento	102
4.1.2.1.1	Cálculo de diámetro total de turbina	102
4.1.2.1.2	Cálculo de altura de la pala	102
4.1.2.1.3	Cálculo de ancho de la pala.....	103
4.1.2.1.4	Cálculo de la altura de la elevación del impulsor	103
4.1.2.1.5	Cálculo del ancho de deflectores.....	103
4.1.3	Dimensionamiento gráfico de reactor.....	104
4.1.3.1	Eje mezclador	104
4.1.3.2	Reactor de mezclado.....	105
4.1.4	Sistema reductor de velocidad	106
4.1.5	Selección de materiales de construcción de accesorios	107
4.1.6	Requerimientos de potencia del agitador	108

4.1.6.1	Cálculo de la densidad de la mezcla	109
4.1.6.2	Cálculo de la viscosidad de la mezcla	109
4.1.6.3	Cálculo de número de Reynolds.....	110
4.1.6.4	Cálculo de potencia	111
4.2	Rediseño de impulsores de mezclado en reactores operativos.....	111
4.2.1	Reactores para productos viscosos	112
4.2.1.1	Reactor R-01	112
4.2.1.2	Reactor R-02	113
4.2.2	Reactores para productos no viscosos	114
4.2.2.1	Reactor R-03	114
4.2.2.2	Reactor R-04	115
4.2.2.3	Reactor R-05	116
4.2.3	Implementación de equipos de medición a reactores	117
4.2.3.1	Niveles de volumen	117
4.2.3.2	Tacómetros.....	118
4.2.3.3	Temporizadores sonoros	119
4.3	Planificación de Producción-Ahorro en Suministro de Agua.....	119
4.3.1	Clasificación de productos.	121
4.3.2	Análisis de Productos tipo “viscoso”	124
4.3.2.1	Proyección de producción para el año 2015.....	124
4.3.3	Análisis de productos “no viscosos”	133
4.3.3.1	Proyección de producción para el año 2015.....	133
4.3.4	Cálculo de productividad estimada para 2015	139
4.3.5	Disminución en el consumo del agua.....	142
Capítulo V	145
Conclusiones y Recomendaciones	145
5.1	Conclusiones	146

5.2 Recomendaciones	148
ANEXOS	151
BIBLIOGRAFÍA.....	171

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

En la actualidad el Ecuador está sufriendo drásticos cambios en su matriz productiva, comenzando a posicionarse en mercados internacionales como líderes en productos como el comercio, agricultura y ganadería, transporte y almacenamiento, manufacturas, alojamiento y comidas, etc., cada una de ellas ocupando el 37,1%; 11,6%; 9,3%; 7,9%; 7,5% respectivamente(1). Por ende la industria de insumos de limpieza a nivel industrial crece continuamente, brindando soluciones a la ciudadanía en general y a diferentes industrias, considerando procesos que impliquen eficacia y optimización de recursos.

El estudio actual se ha realizado en una planta dedicada a la producción y comercialización de productos químicos de limpieza; a nivel industrial e institucional, incursiona también en la producción de productos biodegradables.

En sus comienzos estaba ubicada en el barrio Mapasingue en la ciudad de Guayaquil, pero debido al aumento de producción, se trasladó a la ciudad de Durán donde ahora opera en una extensión de 9022 m²., distribuidas entre instalaciones físicas y el área de libre circulación.

Si bien las empresas diseñan sus procesos para operar a largo plazo, muchas de ellas se ven en la necesidad de ampliar o hacer algunas modificaciones a mediano plazo, ya que puede aumentar la demanda de sus productos, o

evidenciar fallas, atrasos o algunos indicadores que exponen que una planta no esté operando eficientemente.

1.2 Planteamiento del problema

La Empresa para la que se realiza el estudio ingenieril, cuenta con una amplia gama de productos (300 aproximadamente), cuenta en la actualidad con 5 reactores por lotes con agitación; un eje mezclador fijo para tanques móviles, y un tambor rotatorio para polvos; en los cuales se dan las reacciones de los productos que se comercializan en la misma. Desde la gerencia de planta se remiten las órdenes diarias de producción, que corresponden en gran parte a pedidos prioritarios, es aquí donde se empieza a identificar problemas; la planta cuenta con pocos productos en *stock*; debiendo ajustar la producción a la disponibilidad de los reactores, muchas veces por debajo de su capacidad máxima.

Se evidencia, por lo tanto un consumo alto de agua en labores de limpieza, porque cada reactor debe ser rápidamente lavado para la producción siguiente, que en muchas ocasiones no corresponde a un producto con propiedades similares al anterior, pudiendo causar contaminación en los productos.

Por lo indicado existe la necesidad de recuperar las aguas de lavado, que a su vez contienen cierta concentración de materias primas, ya sea para la producción del mismo producto, o de un producto similar.

Otro de los problemas identificados son los atrasos considerables en la producción debido a los ajustes que se deben dar a los productos en caso de no cumplir con los parámetros establecidos por el Departamento de control de calidad, que dependiendo de la función del producto terminado, podrían ser: pH, contenido de materia activa mediante refractómetro, viscosidad, densidad, y para casos muy puntuales porcentajes de ciertas sustancias, como cloro, amonio, tensoactivos, acidez, alcalinidad, etc.

Mientras el producto no sea aprobado por el Departamento mencionado, no se puede proceder a la descarga del mismo, provocando así que deba ser ajustado hasta llegar a los rangos establecidos; cada ajuste implica: tiempo, personal ocupado, gasto de materia prima, volviendo ineficiente el proceso, dado que el reactor debe ser puesto en marcha otra vez por cada ajuste.

Aunque la materia prima es previamente fraccionada en balanzas -calibradas cada 6 meses- según la fórmula química de cada producto, la adición *in situ* del agua que proviene de un ablandador instalado en la planta, se realiza de manera manual, hasta completar niveles que el operario marca según su criterio y experiencia, lo que hace notar la necesidad de instalar equipos de medición de nivel en reactores que sean una opción económica.

Los problemas enunciados se reflejan en la productividad de la Empresa, se están destinando recursos para corregir errores de producción; si se identifica

claramente las causas y posibles soluciones a estos, la producción aumentará, los productos no conformes disminuirán, y como parte del manejo ambiental se dará un ahorro de agua.

1.3 Alcance

La ingeniería química tiene un amplio espectro para desarrollarse como profesional; en éste caso se propone hacer una reingeniería de proceso, utilizando herramientas de diseño en equipos donde se lleven a cabo operaciones unitarias; particularmente la de mezclado que es una operación sencilla donde por medio de movimiento axial o radial, las materias primas reaccionan químicamente, hasta llegar al equilibrio, donde se evidencia también el fenómeno de transformación de la materia. Como parte de la propuesta, se espera hacer un estudio de la situación actual de la empresa en su área productiva, evidenciando problemas que se reflejan en el Departamento de Control de Calidad; con la ayuda de recursos estadísticos, tales como: diagramas causa efecto, diagramas de Pareto, se pretende identificar el o los cuellos de botella para luego proponer soluciones económicas y alcanzables.

Mediante el rediseño –eje mezclador, aspás, especificaciones motor- en base a las necesidades de su uso –especies químicas a mezclar-; y la subsiguiente puesta en marcha un reactor –tanque agitado- por lotes, se espera aumentar la

productividad de la planta, esto acompañado de una planificación de producción de acuerdo a datos recopilados sobre productos con más rotación.

Como parte del manejo ambiental en la empresa, se propone una planificación de producción que implique la recuperación de aguas de lavado a usarse en la preparación de otros productos que tengan propiedades similares.

1.4 Hipótesis

Mediante la evaluación integral y reingeniería de sistemas y equipos de procesos, disminuirán tiempos de ajustes en la producción mejorando productividad y disminuyendo el impacto ambiental con el ahorro de agua en planta.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos Generales

Optimizar los recursos del proceso de producción de una planta, mediante la propuesta de reingeniería de sistemas y procesos, para el aumento de la eficiencia productiva.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el estado actual de los procesos en la planta, mediante un análisis crítico del flujo organizacional y productivo del proceso.

2. Plantear el rediseño de impulsores de mezclado en reactores de productos líquidos.
3. Incrementar en no menos del 5% la eficiencia productiva (expresada como kg de productos totales/hora-hombre de trabajo)
4. Disminuir el consumo de agua del proceso productivo y el impacto ambiental de los efluentes.
5. Evaluar un reactor y elaborar el diseño de su sistema de mezclado.
6. Proponer una planificación de producción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Manufactura de productos químicos.

La manufactura de procesos químicos es un proceso que implica la selección de materias primas, realizar los controles respectivos y llevarlos a la operación que corresponda para obtener un producto terminado, como grasas, detergentes, jabones, aceites, resinas sintéticas, textiles, etc., que marcan las actividades del químico(2).

2.2 Productos de Limpieza

La elaboración de productos de limpieza como jabones y/o detergentes necesita materias primas como surfactantes, reguladores de espuma, mejoradores (builders), los cuales tienen compuestos para dar una mejor acción de desinfección, dependiendo del fin al que sean destinados, a continuación se detalla algunas de las mismas:

2.2.1 Surfactantes

A esta clasificación corresponden compuestos que afectan (generalmente reduce) la tensión superficial al disolverse en agua o en soluciones acuosas, o en su caso que afectan la tensión interfacial entre dos líquidos. La principal función de los surfactantes de detergentes y jabones sintéticos es de limpieza y

espumación de la acción lavadora, que actúan de la misma manera, como un medio de reducción de la tensión superficial.

2.2.2 Reguladores de Espuma

Así como los surfactantes son importantes para una limpieza eficiente necesitan de los reguladores de espuma para que también efectúen dicha acción, logradas mediante combinaciones distintas; aniónicos con no iónicos o aniónicos con jabón. Para el caso de los jabones, la inhibición de espuma aumenta con el grado de saturación y número de carbonos en el residuo de ácido graso.

2.2.3 Mejoradores (builders)

Otra de las materias primas son los builders los cuales aportan con un mayor poder detergente. Para esto utiliza fosfatos complejos como tripolifosfato de sodio que es muy utilizado en la industria. Estos compuestos evitan que la suciedad disuelta en el agua de lavado se deposite nuevamente en la ropa. Realizar la combinación de mejoradores con surfactantes lleva a una buena acción de limpieza que hace posible que exista una demanda de detergentes en el mercado. Se cuenta también con los polifosfatos (p.ej., tripolifosfatos de sodio y piro fosfato tetrasódico) que junto con los surfactantes tienen una buena acción sinérgica dando una gran eficacia y reducción de costos (3).

2.3 Productos para Desinfección

Para la elaboración de productos de desinfección una de las principales funciones que debe cumplir es que tenga un espectro antimicrobiano, fácil de usar, que los instrumentos a utilizar no se dañen rápidamente con la aplicación de los productos, solubles en agua, que no exista variabilidad del producto en su forma concentrada o diluida, tenga toxicidad reducida y el mismo no afecte al ser humano, no inflamable y represente un coste bajo al consumidor.

Existen sustancias que pueden alterar la eficacia de los desinfectantes entre ellos se encuentra contaminantes de la materia prima, calidad del agua, grado de contaminación microbiana y el pH de la solución.

A continuación se detalla las materias primas más utilizadas para estos productos:

2.3.1 Oxidantes

2.3.1.1 Ácidos Peracético (ácido peroxiacético)

El ácido peracético pese a que se encuentre a concentraciones muy bajas entre 0,01-0,2% es suficiente para realizar una acción rápida frente a todos los organismos, incluyendo las microbacterias y las esporas bacterianas. También tiene acción efectiva si hay materia orgánica presente. Productos que cuentan

con este tipo de materia prima es corrosivo frente a metales. La acción biosida con la que cuentan se debe a la desnaturalización de proteínas y enzimas.

2.3.1.2 Peróxido de Hidrógeno

El principio activo del peróxido de hidrógeno es la destrucción de las membranas celulares, DNA y otros componentes celulares esenciales. Eficaz frente a hongos, virus, bacterias vegetativas, esporas bacterianas y microbacterias dependiendo de la concentración y condiciones para las que va a ser utilizada. En presencia de materia orgánica, contacto con el aire o luz ya no tiene el mismo principio (4).

2.3.2 Derivados de Cloro

Estos productos comúnmente son utilizados para las industrias alimenticias, tiene una efectiva acción sobre una variedad de microorganismos. A excepción del dióxido de cloro, pierden su principio frente a residuos orgánicos.

2.3.3 Compuestos Cuaternarios de Amonio

Como se mencionó anteriormente sobre materias primas como los surfactantes o mejoradores que cumplen un alto poder de limpieza como detergente, los compuestos cuaternarios de amonio tienen similares características. Hay que tener en cuenta que si son mezclados con las bacterias gram-negativas como el cloro y los desinfectantes a base de cloro y yodo no se garantiza un poder de desinfección de los productos. No son muy corrosivos ante los metales, incoloros

y no son tóxicos, pueden presentar un sabor amargo. Cuando se trabaja con concentraciones más altas es para el empleo en aguas duras. No son compatibles con jabones o detergentes aniónicos (5).

2.4 Herramientas de estadísticas de calidad

2.4.1 Diagrama de Pareto

El uso de esta herramienta de estadística es para organizar un conjunto de datos de manera diversa o en diferentes clasificaciones y realizarlas en forma descendente, y de izquierda a derecha. En la parte izquierda de la gráfica se encuentra la minoría vital y a la derecha la mayoría útil.

Para detectar los problemas con mayor relevancia en un diagrama de Pareto se lo determina por medio del 80-20 el cual determina que del 80% del resultado total se origina en el 20% total de todos los elementos o conjunto de datos que se está analizando.

Según Besterfield (2009) en su libro de Control de Calidad para la construcción del Diagrama de Pareto, toma en cuenta seis pasos:

- Definir qué método se empleará para clasificar los datos: por problema, por causa, por tipo de rechazo, etcétera.

- Definir si para clasificar la gradación de las características se va a emplear el costo expresado en unidad monetaria (preferible) o la frecuencia.
- Resumir los datos correspondientes a determinado periodo.
- Resumir los datos y disponer las categorías, de la mayor a la más pequeña.
- En caso de que se desee emplearlo, calcular el porcentaje acumulativo.
- Construir el diagrama y determinar la minoría vital.

2.4.2 Diagrama causa-efecto

El diagrama de causa y efecto está formado por un conjunto de líneas y símbolos que determinan una relación entre un efecto y sus debidas causas. Es conocido también como diagrama de Ishikawa.

Este diagrama nos mostrará que efecto es “negativo” y tomar las acciones pertinentes para corregir las causas, así mismo, para detectar un efecto “positivo” e identificar que lo ocasionó.

Para determinar las causas principales se toma en cuenta los métodos de trabajo, personal, entorno, materiales y mediciones, las mismas que se subdividen en causas menores.

Una de las aplicaciones del diagrama de Ishikawa es que puede ser utilizado en diversas áreas como investigación, mercadotecnia, fabricación, trabajo de

oficina, etc. Tiene como ventaja una gran participación y contribución en los procesos de la lluvia de ideas.

De acuerdo a lo que menciona Besterfield (2009) en su libro de Control de Calidad es que el diagrama es útil para:

- Analizar las condiciones imperantes para mejorar la calidad de un producto o de un servicio, para un mejor aprovechamiento de recursos y para disminuir costos.
- Eliminar las condiciones que causan el rechazo de un producto y las quejas de un cliente.
- Estandarización de las operaciones en curso y de las que se propagan.
- Estandarización y capacitación del personal en las áreas de toma de decisión y de acciones correctivas (6).

2.5 Operación Unitaria de Agitación y Mezclado

En las industrias que utilicen tanques agitados en uno de sus procesos, obtendrá un buen producto si existe una agitación y mezcla de fluidos de manera efectiva. Aunque se suele confundir estas dos palabras, las mismas tienen significados diferentes.

La agitación hace referencia al movimiento inducido de un material de manera específica, dentro del tanque se observa como un patrón circulatorio.

La mezcla en cambio es una distribución aleatoria, de fases inicialmente separadas, que después de un determinado tiempo se vuelven una sola fase.

Según Warren L. McCabe en el libro de Operaciones Unitarias define que el término mezcla se aplica a una variedad de operaciones, que difieren ampliamente en el grado de homogeneidad del material “mezclado” (7).

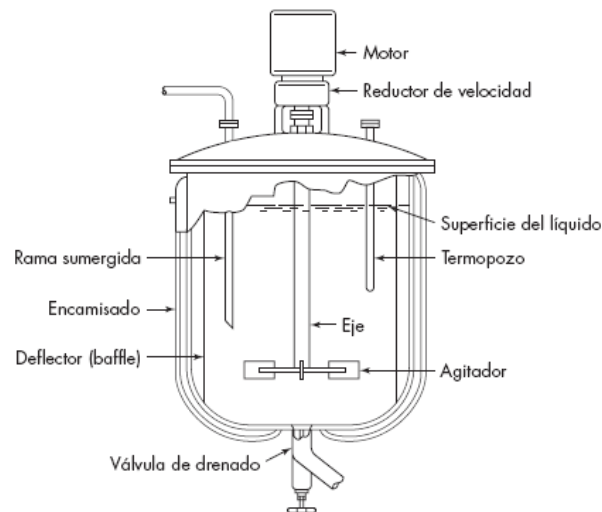


Fig. 2.1 Tanque típico del proceso de agitación
Fuente: Warren L. McCabe, Julian C Smith, Peter Harriott. C, 2007

2.5.1 Tanques Agitados

Cuando se necesita que la mezcla de un líquido sea homogénea por lo general se lo realiza en tanques o recipientes de forma cilíndrica y provista con un eje vertical, puede permanecer abierta a la atmósfera o estar debidamente cerrada.

De acuerdo a las condiciones o el tipo de mezclado que se vaya a realizar en el tanque, las proporciones o las dimensiones del mismo varían.

A pesar de las situaciones presentadas se maneja un diseño estándar como el que se muestra en la fig. 2.1. De acuerdo, a lo que nos dice Warren L. McCabe (2007) en su libro de Operaciones Unitarias recomienda que el fondo del tanque sea redondeado, no plano, para eliminar las esquinas o regiones agudas en las que no penetrarían las corrientes de fluido. La profundidad (o altura) del líquido es aproximadamente igual al diámetro del tanque. Un agitador va instalado sobre un eje suspendido, es decir, un eje sostenido en la parte superior. El eje es accionado por un motor, a veces conectado al eje, a través de una caja reductora de velocidad si lo considera necesario.

Por lo general también lleva incorporados otros accesorios tales como línea de entrada y salida, serpentines encamisados, deflectores y pozo para termómetros u otros equipos.

2.5.2 Impulsores (agitadores)

Los impulsores cuentan con dos clasificaciones: los que generan corrientes paralelas al eje del impulsor se denominan impulsores de flujo axial; y los que generan corriente en dirección radial o tangencial son llamados impulsores de flujo radial.

Según Warren L. McCabe se refiere a que existen dos tipos de impulsores para líquidos de baja a moderada viscosidad son Hélices y Turbinas.

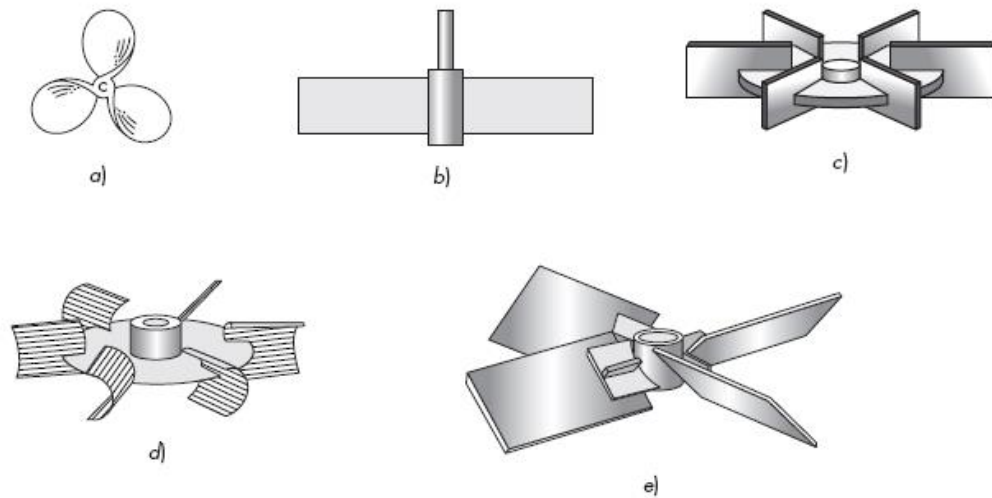


Fig. 2.2 Agitadores para líquidos de viscosidad moderada
a) agitador marino de tres palas; b) turbina simple de pala recta; c) turbina de disco; d) agitador de pala cóncava; e) turbina de pala inclinada
Fuente: Warren L. McCabe, Julian C Smith, Peter Harriott. C, 2007

2.5.2.1 Hélice

Una hélice es un impulsor de flujo axial y alta velocidad que se utiliza para líquidos de baja viscosidad. Giran con la misma velocidad que el motor, ya sea a 1150 ó 1750 rpm; las grandes giran de 400 a 800 rpm.

En la fig. 2.2a se ilustra una hélice típica. Las más comunes son las hélices marinas de tres palas con paso cuadrado; para propósitos especiales a veces se emplean hélices de cuatro palas, dentadas y otros diseños.

2.5.2.2 Turbinas

En la fig. 2.2b se muestra la turbina sencilla de palas rectas, que empuja al líquido en forma radial y tangencial, casi sin movimiento vertical al agitador. Tales agitadores son llamados a veces paletas. En los tanques de proceso, los agitadores industriales típicos de paletas giran a velocidades comprendidas entre 20 y 150 rpm. La turbina de disco, con palas múltiples rectas instaladas en un disco horizontal (fig. 2.2c), como el agitador de pala recta, crea zonas de alta velocidad de corte. Esta turbina es especialmente útil para la dispersión de un gas en un líquido. La turbina de disco de pala cóncava mostrada en la fig. 2.2d también se utiliza con frecuencia para la dispersión de gas. Una turbina de pala inclinada (fig. 2.3e) se emplea cuando la circulación global es importante.

2.5.2.3 Diseño estándar de turbinas

De la misma manera el autor Warren L. McCabe considera un diseño estándar al momento de dimensionar un tanque agitado el cual dispone de un gran e inusual número de elecciones entre las cuales se tiene; el tipo y localización del agitador, las proporciones del tanque, el número y las proporciones de los deflectores y

otros factores. Cada una de estas decisiones afecta la velocidad de circulación del líquido, los patrones de velocidad y el consumo de potencia. Para un inicio en el diseño y resolver los problemas comunes que se pueden presentar en la agitación, por lo general, se utiliza un agitador de turbina como el que se observa en la fig. 2.3.

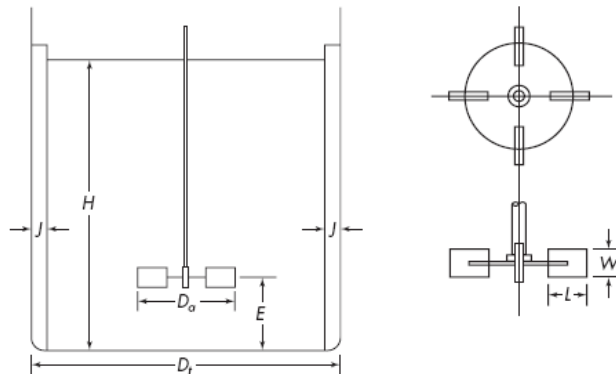


Fig. 2.3. Dimensiones para una turbina
Fuente: Warren L. McCabe, Julian C Smith, Peter Harriott. C, 2007

Las proporciones típicas son:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Así mismo, recomienda que el número de deflectores sea 4; el número de palas del agitador varíe entre 4 y 16, pero a la final se termina escogiendo entre 6 u 8. Pero se pueden presentar situaciones en las que resulte ventajoso colocar el

agitador más alto o más bajo en el tanque, o que la elevación del tanque sea un poco más profundo para lograr el resultado deseado. De todas las sugerencias realizadas queda a criterio de la persona que realiza el diseño si sigue estas indicaciones, las cuales son muy aceptadas.

2.5.3 Velocidad de Circulación

Para que exista una agitación adecuada dentro del tanque es necesario que el agitador sea suficiente para que se realice la mezcla homogénea de manera adecuada y cumpla con tiempos adecuados y razonables, y obtener un proceso eficaz en el proceso. Así mismo, la velocidad de la corriente que sale del impulsor también debe ser llevada a las partes más alejadas del tanque. En una operación unitaria de mezcla y dispersión, la velocidad de circulación no es el único factor que hay que considerar, para este caso se debe controlar la turbulencia de la corriente de la operación. Este factor es importante porque indica que las corrientes están totalmente dirigidas y que se generan considerables gradientes de velocidad en el líquido que se está manejando. Hay que tomar en cuenta que la circulación como la generación de turbulencia consume energía. Para resolver problemas de agitación se van a requerir grandes flujos o elevadas velocidades medias, en otros casos es necesario una elevada turbulencia o disipación local de potencia. El aumento en la velocidad del agitador depende tanto como de la velocidad de flujo como la disipación de potencia, estos dos factores también

serán necesarios para la selección del tipo y tamaño del agitador. De manera general, se utilizan grandes agitadores que se mueven a velocidades medias para un movimiento de flujo, o agitadores más pequeños a velocidad elevada para cuando se requiera una elevada turbulencia.

2.5.4 Consumo de potencia

Al momento de realizar el diseño de un tanque agitado se debe tomar en cuenta la potencia que requiere para mover el impulsor en los mismos. Según el autor Warren L. McCabe en el libro de Operaciones Unitarias considera que cuando el flujo en el tanque es turbulento, la potencia necesaria se estima a partir del flujo q generado por el impulsor y la energía cinética E_k por unidad de volumen de fluido. Esto es

$$q = nD_a^3 N_Q \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$$E_k = \frac{\rho(v_2')^2}{2} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

$q =$ Velocidad volumétrica de flujo

$D_a =$ Diámetro del Rodete

$N_Q =$ número de flujo

$E_k = \text{Energía cinética}$

$\rho = \text{Densidad del fluido}$

$V'_2 = \text{Velocidad total del líquido}$

Si la velocidad V'_2 es ligeramente menor que la velocidad en las puntas de las paletas μ_2 la relación es $\frac{V'_2}{\mu_2}$ que se representa por α , $V'_2 = \alpha\pi n D_a$ y la potencia necesaria es:

$$P = q * E_k$$

$$P = n D_a^3 N_Q \frac{\rho}{2} (\alpha\pi n D_a)^2 \quad (\text{Ec. 2.3})$$

$$P = \rho n^3 D_a^5 \left(\frac{\alpha^2 n^2}{2} N_Q \right) \quad (\text{Ec. 2.4})$$

En forma adimensional,

$$\frac{P}{\rho n^3 D_a^5} = \frac{\alpha^2 n^2}{2} N_Q \quad (\text{Ec. 2.5})$$

El número de potencia (N_p), está definido por el primero miembro de la ecuación anterior:

$$N_p = \frac{P}{\rho n^3 D_a^5} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Y se puede deducir que la potencia (P), está definido por (8):

$$P = N_p \rho n^3 D_a^5 \quad (\text{Ec. 2.7})$$

2.6 Reactores Químicos

Otra manera de elegir o escoger el diseño de los reactores es de conocer el tipo y tamaño de reactor o el método de operación que se va a realizar.

De acuerdo a Levenspiel en su libro de Ingeniería de las Reacciones Químicas, considera que los equipos en los que se efectúan reacciones homogéneas pueden ser de tres tipos generales: reactor intermitente, de flujo en estado estacionario y de flujo en estado no estacionario o semi-intermitente.

A continuación se realiza una reseña sobre el reactor intermitente.

2.6.1 Reactores tipo batch o por lotes

Como se observa en la fig. 2.4, para un reactor intermitente, los reactivos inicialmente se cargan en el reactor, para luego realizar una mezcla homogénea y dejar que reaccionen en un tiempo determinado. Al final, la mezcla se descarga. La operación que se realiza es de estado no estacionario, a medida que pasa el tiempo la concentración varia; sin embargo, en cada punto del reactor la composición es uniforme.

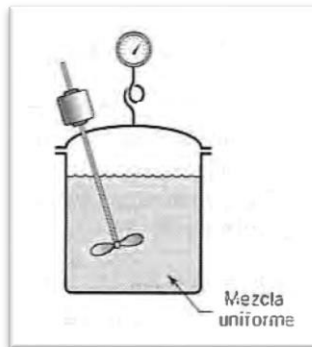


Fig. 2.4 Reactor por lotes
Fuente: Octave Levenspiel, 1986

2.6.2 Ventajas y Desventajas de un Reactor tipo Batch o por lotes

Una de las ventajas de la construcción de este tipo de reactores es su bajo costo en los materiales y el manejo en su operación (se le puede detener de modo fácil y rápido). Como desventaja presenta varios factores como: funcionamiento y la mano de obra por lo general tienen un alto costo, el tiempo que pasa en paradas por carga, descarga y limpieza, el momento de realizar el control de calidad del producto algunas veces vuelve deficiente este tipo de reactores intermitente. Se considera que este tipo de reactor es adecuado para producciones pequeñas o para muchas sustancias diferentes en el mismo reactor (9).

2.7 Optimización de procesos

2.7.1 Productividad

La productividad puede ser considerada como una interacción que existe entre una o más entradas (recursos como mano de obra y capital) y las salidas (bienes y servicios (vea fig. 2.5).

Para Jay Heizer en su libro de Principios de Administración de Operaciones dice que: Mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia. Como ejemplos se refiere que: la medición de la productividad es una forma excelente de evaluar la capacidad de un país para proporcionar una mejora en el estándar de vida de su población, es por eso que para mejorar el estándar de vida es necesario incrementar la productividad, y solo así pueden recibir pagos extras en mano de obra, capital y administración. Pero en caso de no existir un incremento en la productividad y los precios se encuentran en alza, se evidencia que hay algo que corregir en capital, mano de obra y administración. Por último, se tiene que los precios se encuentran en baja cuando la productividad se incrementa, y esto es debido a que se está trabajando más con los mismos recursos.

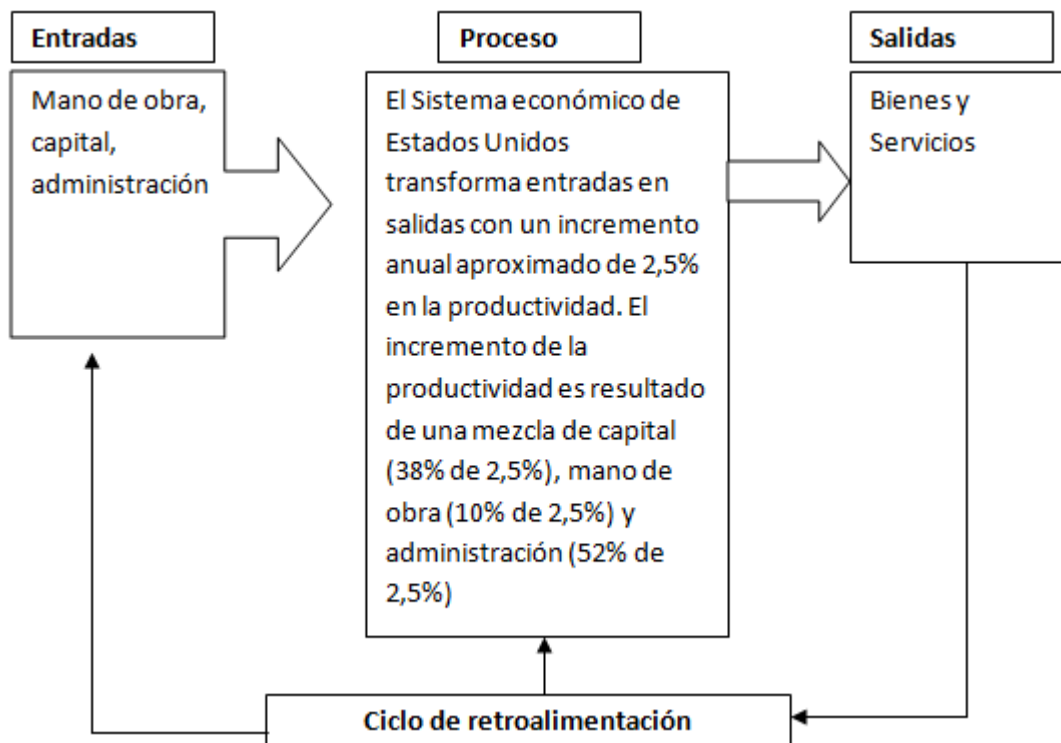


Fig. 2.5. Diagrama de entradas y salidas
Fuente: Jay Heizer, Barry Render, 2009

2.7.1.1 Medición de la Productividad

El autor Jay Heizer en el libro de Principios de Administración de Operaciones considera que la medición de la productividad puede ser bastante directa. Tal es el caso si la productividad puede medirse en horas-trabajo por tonelada de algún tipo específico de producto. Aunque las horas-trabajo representan una medida común de insumo, pueden usarse otras medidas como el capital (dinero invertido),

los materiales (toneladas de hierro) o la energía (kilowatts de electricidad). Un ejemplo puede ser (10):

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Horas\ totales\ empleadas} \quad (Ec. 2.8)$$

Al ser la razón de salida a entrada lo más grande posible, se hará incrementar la productividad, la misma puede ser comparada en dos sentidos. Primero cuando la compañía realiza operaciones similares en su mismo sector (por ejemplo, comparar la productividad de diferentes establecimientos de una misma franquicia). O medir la productividad de una misma operación a lo largo del tiempo. Para este caso se realizaría una comparación de la productividad registrada en un período determinado con la de otro (11).

2.7.2 Capacidad Operativa

Según Roberto B. Chaser en su libro Administración de Operaciones dice que un diccionario define capacidad como “la facultad para tener, recibir, almacenar o dar cabida”. Para los negocios, en un sentido general, suele considerar como la cantidad de producción que un sistema es capaz de generar durante un periodo específico.

Cuando los gerentes de operaciones piensan en la capacidad, deben considerar los insumos de recursos y los productos fabricados. De esta manera para lo que

se piensa producir depende de los efectos de una planificación, o la capacidad real (efectiva)

Para la administración de operaciones, como otro punto de vista hace hincapié en la dimensión de la capacidad referente al tiempo. Es decir, la capacidad también se debe plantear con relación a un periodo dado (12).

Nuevamente Jay Heizer considera que la planeación de la capacidad puede verse en tres horizontes. En la tabla. 2.1, se observa que la capacidad a largo plazo (mayor a 1 año) es una función de agregar instalaciones y equipos que tienen un tiempo de entrega largo. En el plazo intermedio (3 a 18 meses) podemos agregar equipo, personal y turnos; podemos subcontractar, y almacenar o utilizar el inventario. Ésta es la tarea de la planeación agregada. En el corto plazo (por lo general hasta 3 meses), la mayor parte preocupación consiste en programar los trabajos y las personas, así como asignar maquinaria. En el corto plazo es difícil modificar la capacidad; se usa la capacidad que ya existe (13).

Tabla. 2.1 Tipos de Planeación en un horizonte de tiempo

Planeación a largo plazo	Agregar instalaciones. Agregar equipo con tiempo de entrega largo	*
Planeación a mediano plazo (planeación agregada)	Subcontratar. Agregar equipo. Agregar turnos	Agregar personal Construir o utilizar el inventario
Planeación a corto plazo (programación)	*	Programar trabajos. Programar personal Asignar maquinaria
* Existen posibilidades limitadas	Modificar la capacidad	Utilizar la capacidad

Fuente: Jay Heizer, Barry Render, 2009

CAPITULO III

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

3.1 Descripción de la organización

La empresa donde se ha realizado el presente estudio de ingeniería, es una Industria Química dedicada a la producción de insumos de limpieza a nivel industrial e institucional; cuenta con productos que proporcionan limpieza, desinfección, y tratamiento de efluentes, en el área agrícola, automotriz, alimenticia, hospitalaria, minero, entre otras.

Fundada en 1979 en la ciudad de Guayaquil, (35 años en el Mercado), anteriormente ubicada en Mapasingue pero debido a la demanda de productos y expansión de sus instalaciones se trasladaron desde hace aproximadamente al cantón Durán.

Cuenta con Certificación de Calidad ISO9001, lo que se evidencia especialmente en el Departamento de Control de Calidad de la planta, ya que se busca llegar a un rango (estrecho) de parámetros de calidad impuestos a lo largo del tiempo, para brindar satisfacción completa al cliente.

De acuerdo a la documentación del manual de calidad de la industria se presenta la misión, visión.

3.1.1 Misión

Desarrollo, innovación y distribución continua de productos y servicios bajo normas internacionales y nacionales con tecnología de punta y personal capacitado para satisfacer las necesidades del cliente (14).

3.1.2 Visión

Ser reconocidos como una firma líder y como socios estratégicos de nuestros clientes para ser los impulsores de su crecimiento (14).

3.2 Estructura departamental de la planta

La planta cuenta con un Gerente General que tiene a su mando cinco departamentos: Bodega, Control de Calidad, Producción, Logística y Envasado, los jefes departamentales coordinan actividades de su respectivo personal en la figura (3.1) se observa el organigrama departamental.

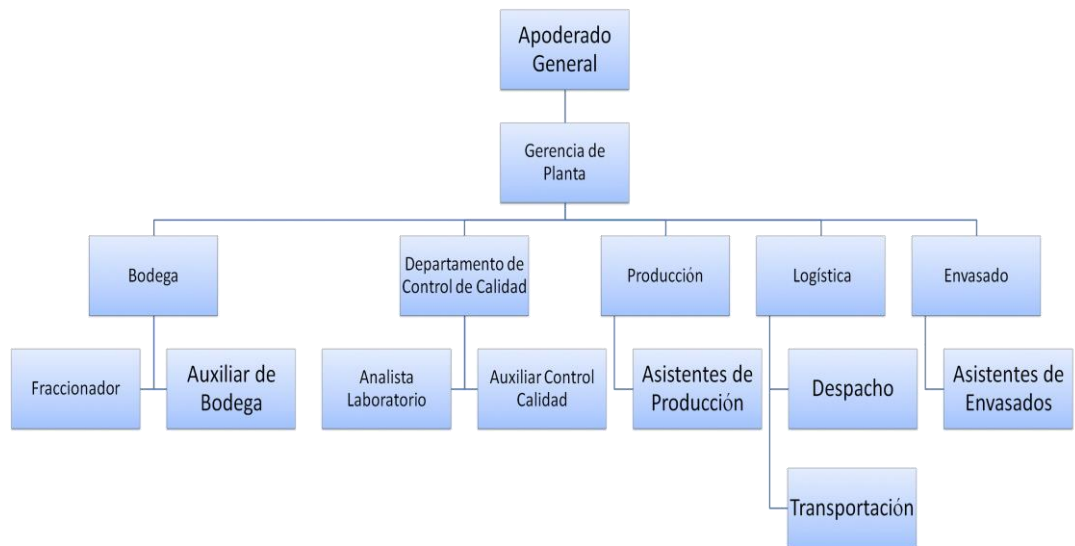


Fig. 3.1. Estructura Departamental de la Planta Nemer-De La Cruz, 2015

Se presenta a continuación el Layout de la planta

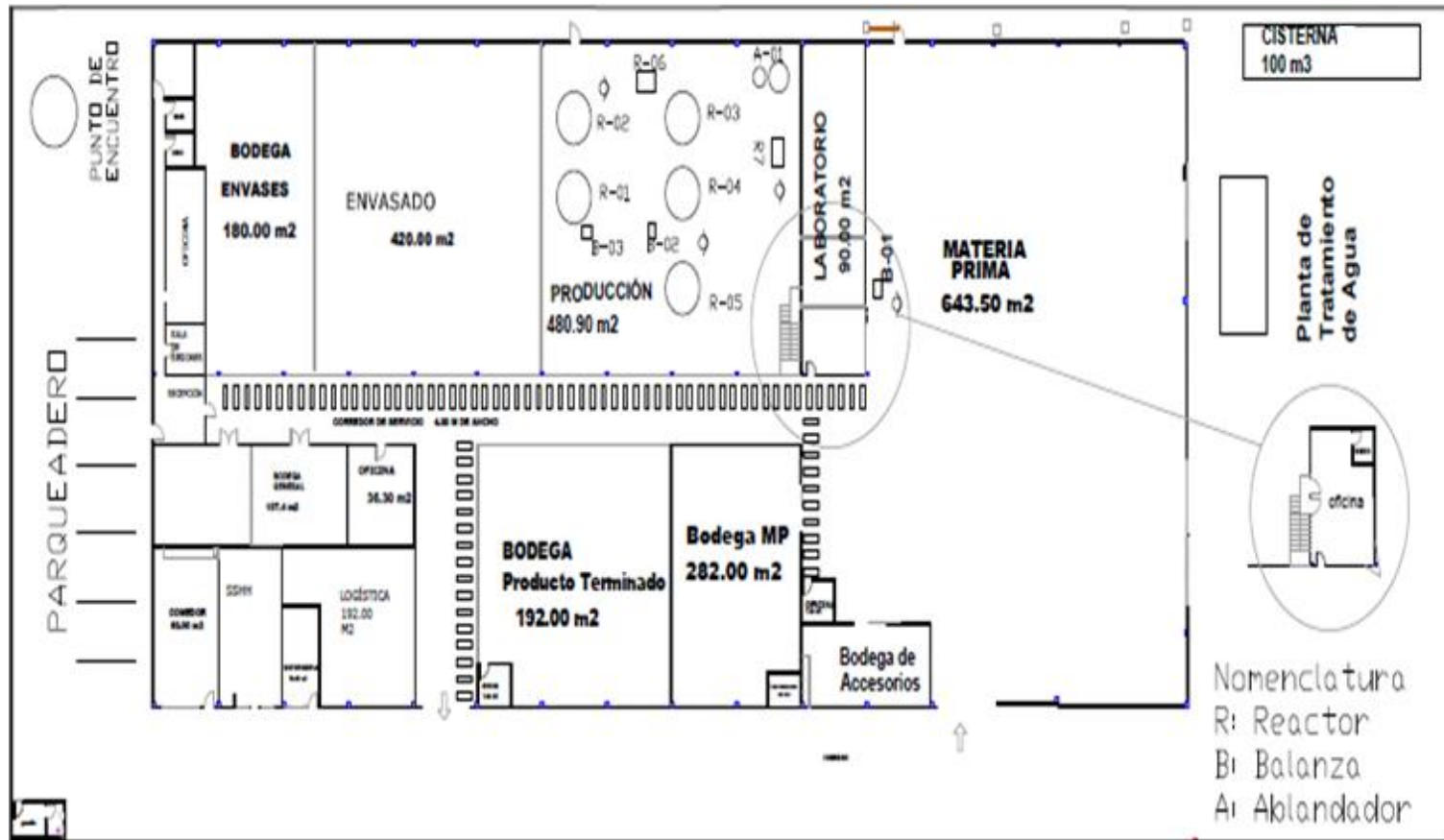


Fig. 3.2 Layout de la planta
 Nemer-De La Cruz, 2015

A continuación se encuentra el detalle de las funciones en cada departamento.

3.2.1 Bodega de Materia Prima

La materia prima local e importada es receptada por personal de esta área, quienes inspeccionan el peso declarado, y son encargados del almacenamiento en una sub-área de “cuarentena”, donde se toman las muestras que son llevadas al departamento de Control de Calidad.

3.2.2 Control de Calidad

Al llegar la materia prima es analizada en ésta área, tiene un máximo de dos días para indicar si es rechazada o aprobada, en caso de cumplir con los parámetros específicos será utilizada en el proceso productivo; no obstante si es rechazada el Jefe del área procede con el seguimiento respectivo al proveedor.

De igual manera, a esta área llega el producto en línea que es muestreado por personal de producción, y en el caso de cumplir con todos los parámetros declarados, el producto es descargado y envasado, remitiéndose también un certificado de calidad.

3.2.3 Producción

Desde aquí se emiten las órdenes de producción, los cuales pasan al fraccionador de materia prima que coordina con los operarios de producción para determinar el orden de producción de acuerdo a la disponibilidad de los reactores.

Los operarios de ésta área; transportan materia prima, ponen en marcha reactores, realizan labores de limpieza, muestrean producto en línea, y descargan los productos una vez aprobados.

3.2.4 Envasado

En esta área los operarios son los encargados de envasar el producto de acuerdo a las presentaciones finales que son requeridas.

3.2.5 Logística

Luego de tener las presentaciones finales de los productos, esta área se encarga de realizar el despacho correspondiente, y coordina rutas de entrega al cliente, a nivel local y alrededor de todo el país.

3.3 Seguridad Industrial en la planta

A cargo de la Gerencia de planta existen dos personas dedicadas a labores de seguridad Industrial y Salud Ocupacional; el responsable de Seguridad Industrial, y el Médico Ocupacional. El primero se encarga de realizar análisis de tareas del personal de la planta, mediante profesiogramas, dándole un perfil a cada puesto de trabajo; para identificar luego los riesgos a los que se está expuesto; con dicha información y el formato de matriz de riesgo facilitada por el Ministerio de Relaciones Laborales, de esta manera y dado el criterio de la persona encargada,

se da una puntuación a cada riesgo y se estima (cuantitativamente) si se trata de un riesgo; intolerable, importante, o moderado.

Ésta información debe ser actualizada cada seis meses, según el cronograma actual de la empresa, haciendo un comparativo, para así tomar medidas preventivas o correctivas, según sea el caso. El responsable de Seguridad Industrial también debe realizar cotizaciones de equipos de protección personal, que dada la naturaleza de la planta tiene un alto consumo, y depende de la labor que realiza cada individuo; los equipos son almacenados y el responsable y se debe inspeccionar el uso continuo del mismo; en caso de no ser utilizado se realizan llamados de atención, y de no ser acatados, se informa a Gerencia.

El médico ocupacional por otro lado, crea fichas médicas de cada uno de los empleados de planta y debe monitorear el progreso de las dolencias; así como elaborar informes de morbilidad mensual del personal. Y basándose en las dolencias repetitivas, debe realizar charlas preventivas periódicas.

A pesar de existir dos personas desempeñando labores en esta área; no existe al momento un Departamento destinado únicamente a estas labores; ya que el personal descrito; para el caso del responsable de Seguridad industrial debe repartir su tiempo para realizar otras labores propias de producción que se le han

sido designadas. Y en el caso del médico ocupacional; este no se encuentra permanentemente en planta, tiene un horario de consultas programado.

3.4 Descripción del proceso de producción

3.4.1 Diagrama de bloques del proceso de producción

Para describir el proceso de producción se utiliza un flujograma basado en la Norma ISO 9000. Para describir a materia prima se utiliza MP, para la generación de orden de producción O/P.

A continuación se detalla el significado de cada símbolo:




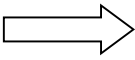


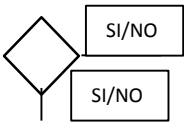
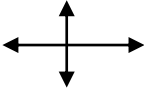



SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Operación
	Operación e Inspección
	Inspección y Medición
	Transporte
	Entrada de bienes
	Almacenamiento
	Decisión
	Líneas de flujo
	Demora
	Conector
	Conector de página

Fig. 3.3 Simbología ISO para diagramas de flujo de procesos
De La Cruz-Nemer, 2015

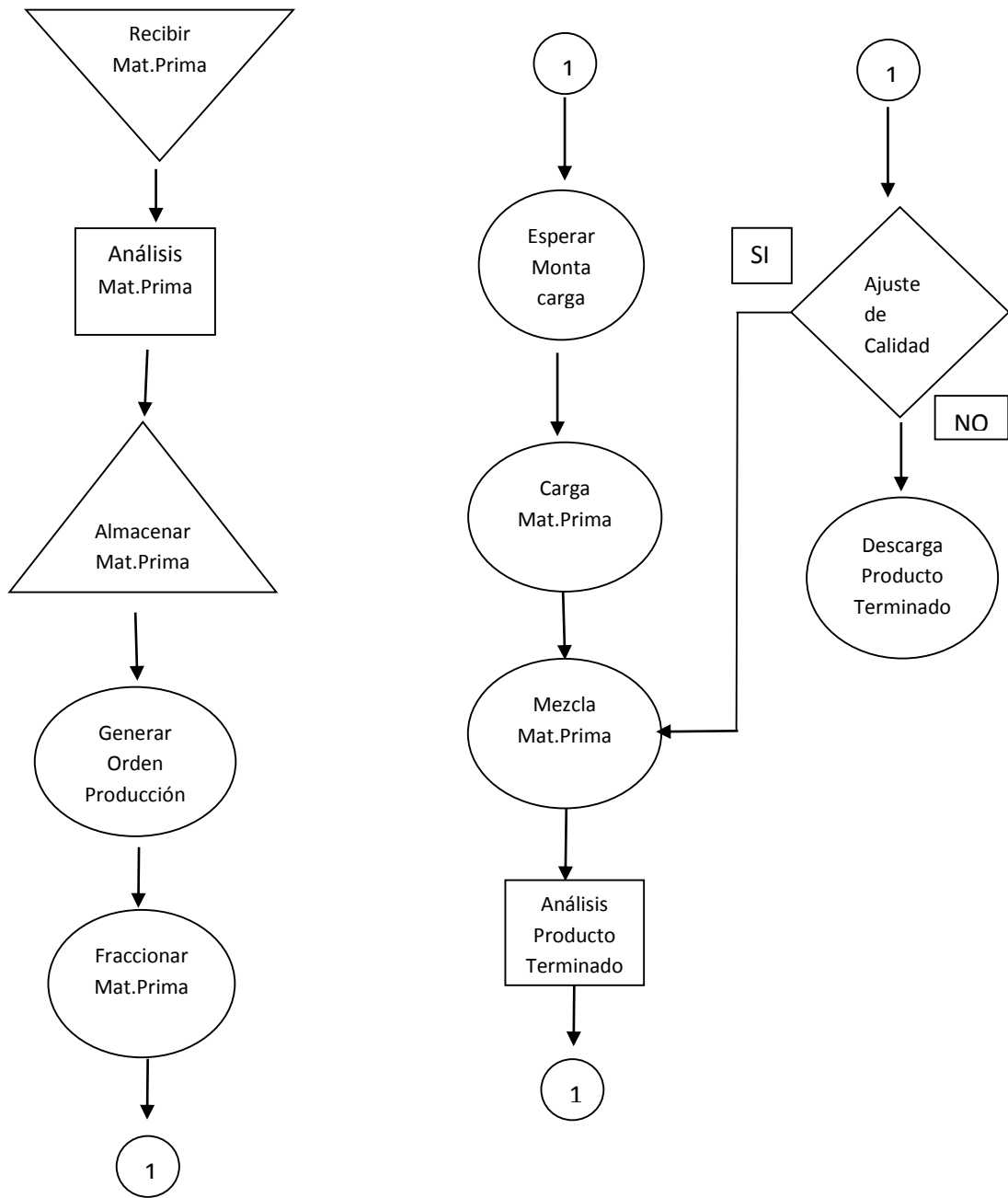


Fig. 3.4 Diagrama de bloque de proceso de producción De La Cruz-Nemer, 2015

3.4.2 Diagrama de flujo del proceso de producción

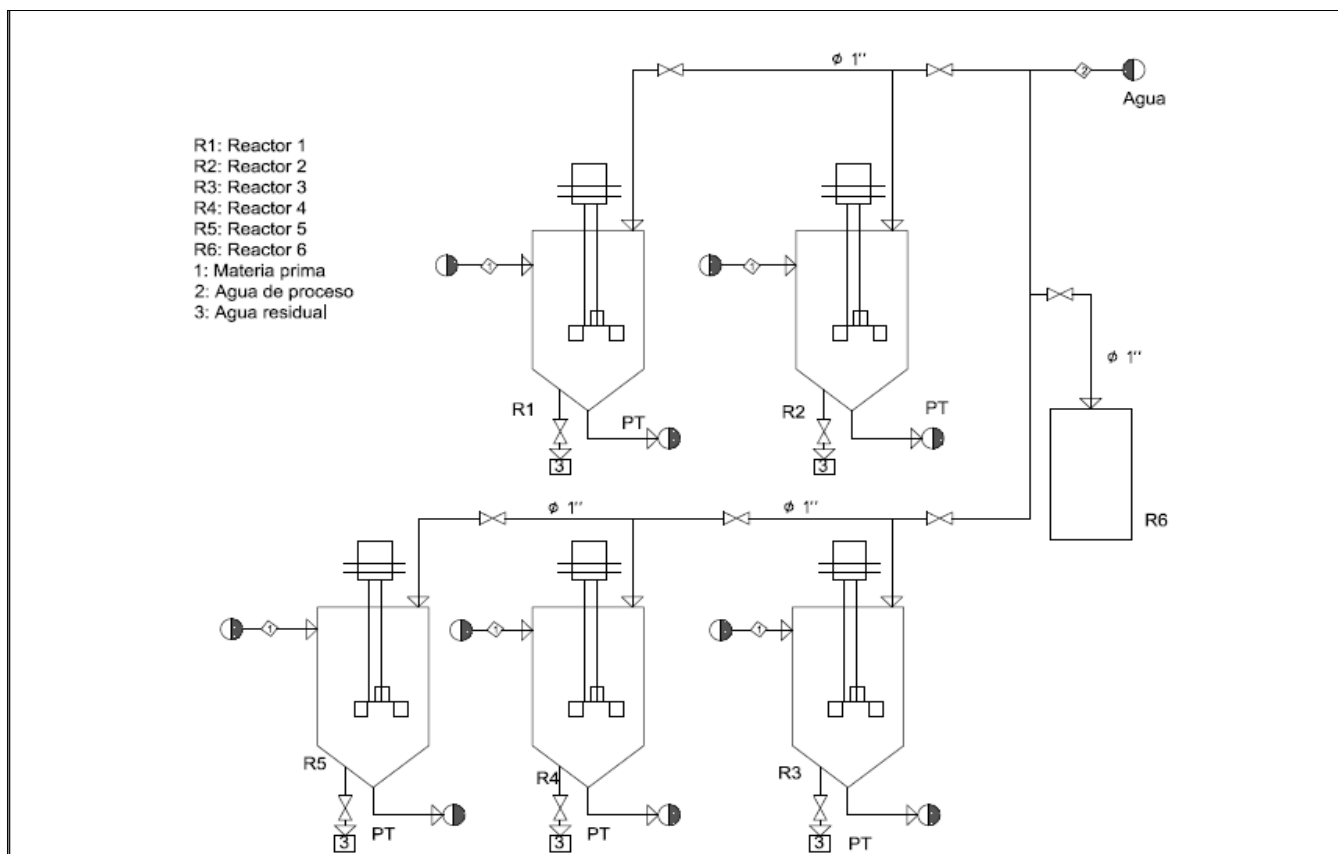


Fig. 3.5 Flujo del proceso de producción
De La Cruz-Nemer, 2015

3.4.3 Suministro de agua en la planta

El agua utilizada en el proceso de producción proviene de tanquero que provee a varias industrias del cantón Durán; en promedio ingresan 20 tanqueros a la planta por semana, conteniendo 80 m^3 cada uno; de lo que se deduce un gasto aproximado de 640 m^3 al mes; dicha agua es almacenada en una cisterna de 100 m^3 de capacidad; desde donde se distribuye por tuberías a las distintas áreas de la empresa. Se presenta a continuación el diagrama hidráulico de la planta.

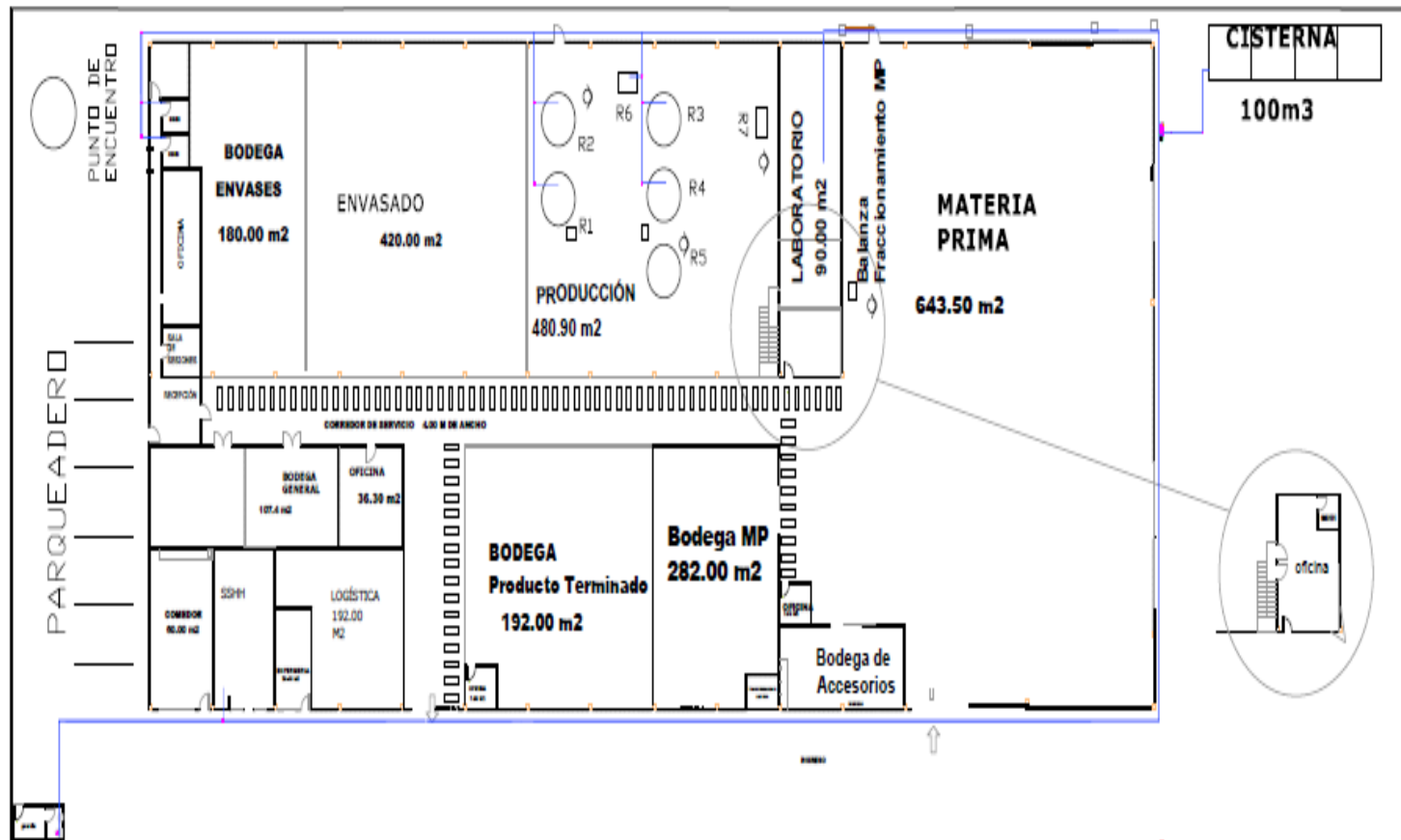


Fig. 3.6 Diagrama de distribución de agua
De La Cruz-Nemer, 2015

3.4.4 Suministro de Energía en la planta

Para realizar los distintos trabajos en la planta, requieren de la energía eléctrica, la cual proviene de la central CNEL ubicada en el Cantón Durán, que llega a los exteriores de la planta a través de una línea de distribución con un voltaje trifásico que corresponde a 220V, la misma pasa a un transformador de potencia que convierte este voltaje a 200KVA. Luego llega a una subestación donde se distribuye la corriente en tres niveles, los cuales darán energía a la planta dependiendo del requerimiento del mismo. A continuación se muestra el diagrama unifilar de la planta.

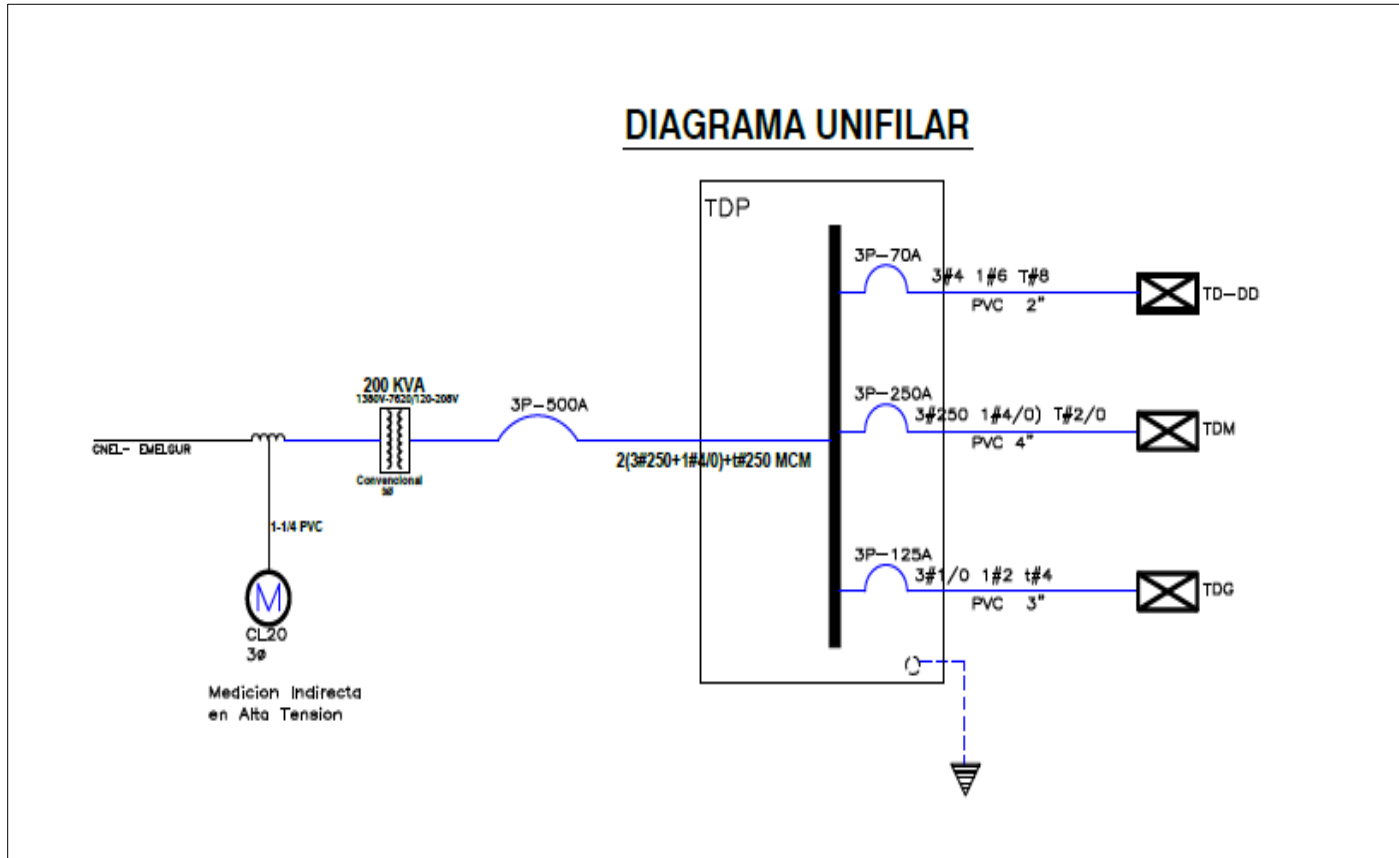
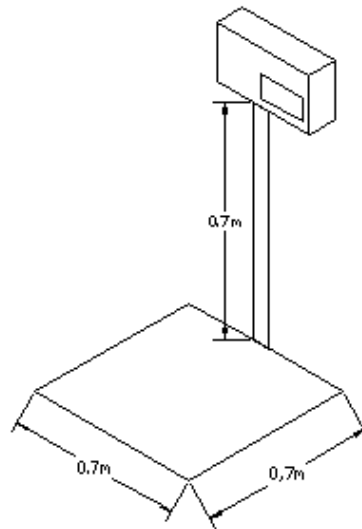


Fig. 3.7 Diagrama unifilar
Fuente: Datos proporcionados por la empresa

3.5 Evaluación de equipos de proceso de producción

3.5.1 Balanzas

La planta cuenta con 3 balanzas compuestas por una plataforma y una pantalla digital, tienen distintas características dependiendo del fabricante, y son calibradas cada 6 meses, ya que tienen un uso continuo, en la fig. 3.8 se hace un bosquejo, y a continuación se dan las características técnicas de las mismas. En el anexo A se encuentran los certificados de las últimas calibraciones.



**Fig. 3.8 Balanza
De La Cruz-Nemer, 2015**

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas de balanzas utilizadas en la planta

Código de balanza	Marca	Modelo	Rango de medición (Kg)	Capacidad máxima (Kg)	Fecha última calibración
B-01	METTLER TOLEDO	WILDCAT	10-300	300	27 -02-15
B-02	TARA SYSTEMS	TR-1-NK	0-1439.5	2000	27-02-15
B-03	TARA SYSTEMS	TR-1NX	50-1560	2000	11-03-15

De La Cruz-Nemer; 2015

3.5.2 Ablandador de agua

El agua utilizada para el proceso de mezclado, en este caso trabaja a temperatura ambiente (22-27°C) y pasa por un ablandador de intercambio catiónico, con las siguientes características: Marca Culligan, Modelo Hi flo 2; su mecanismo de funcionamiento es desplazar iones calcio y magnesio disueltos en el agua a ser tratada, para éste fin utiliza resina catiónica que es regenerada periódicamente con una solución de cloruro de sodio; el funcionamiento del equipo es automático, salvo por la colocación de la solución regenerante; las condiciones de operación del ablandador son: 2 a 7 ft^3 cantidad de resina contenida, presión de trabajo de 20 a 125 psi, temperatura de agua de entrada que podría soportar, de 5 a 40 °C; un esquema de ablandador de agua se presenta en la figura 3.9

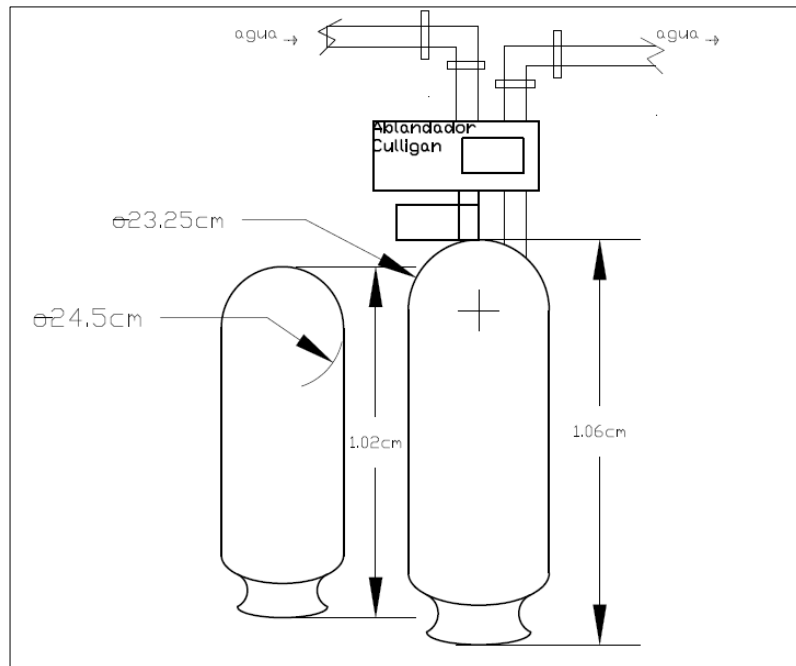


Fig. 3.9 Ablandador de Agua y tanque de salmuera De La Cruz-Nemer, 2015

3.5.2.1 Calidad de agua de proceso

El agua que se utiliza como materia prima y para el proceso productivo en general, pasa por el ablandador de intercambio iónico descrito.

Se han realizado análisis en el laboratorio de aguas en la planta; se presentan a continuación dichos análisis, antes y después de entrar al ablandador, con el fin de caracterizar el agua de proceso:

Tabla 3.2 Calidad de agua de proceso

Parámetros	Unidad	No ablandada	Ablandada	Método
Dureza Total	PPM	85	0	Titulación utilizando EDTA
pH	-	7.57	8.01	Mettler Toledo
TDS (sólidos totales disueltos)	PPM	268	262	Conductímetro HACH
Alcalinidad Total	PPM	3	8	Titulación con ácido sulfúrico
Alcalinidad	PPM	1.25	2.5	Titulación con ácido sulfúrico

De La Cruz-Nemer, 2015

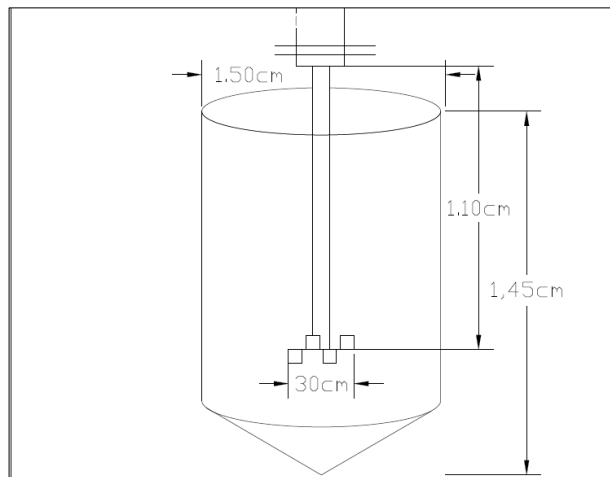
3.5.3 Reactores para productos líquidos

La planta cuenta con 5 reactores para la productos líquidos, con capacidades que oscilan entre los 1733 hasta unos 2297 litros, están construidos completamente de acero inoxidable ferrítico tipo 430, cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo B, propicio para prevenir el ataque químico; característica necesaria en una industria de productos de limpieza, que utiliza ácidos, álcalis, oxidantes, clorados, y demás productos que son propicios a corroer, u oxidar el espacio que los contenga.

Los reactores son tanques cilíndricos de diferente capacidad, a excepción del reactor 6, fijados por medio de estructuras metálicas a la superficie del piso de la planta; están montados a una altura de 1 metro aproximadamente, medidos desde la superficie hasta la llave de descarga, esta última está acoplada a un cono

inferior soldado al tanque. Tienen también un eje central rotatorio con un impulsor mezclador en la parte baja (ambos de acero inoxidable), que son accionados por un motor fijado desde arriba que van de los 3 a 10 HP de potencia, motores que por sus características de fábrica giran a velocidades desde 1000 a 1800 RPM aproximadamente; por esta última característica algunos de ellos tienen acoplados, un sistema mecánico de reducción de velocidad, que consiste en un juego de poleas conectadas por banda, que aumentan su diámetro dependiendo del requerimiento de velocidad.

La figura 3.10 presenta las características que tienen en común cada reactor, sólo difieren en dimensiones; por el momento todos cuentan con un diseño estándar del impulsor que consiste en un plato dentado.



**Fig. 3.10 Reactor productos líquidos
De La Cruz-Nemer, 2015**

3.5.3.1 Reactor R-01

Tabla 3.3 Descripción del Reactor para productos viscosos

Reactor en buen estado, no ha presentado fisuras, destinado a productos viscosos (1000-400,00 cp), opera con un motor marca Siemens, tiene sistema de reducción de velocidad con relación de transmisión de 1:2,5		
Característica	Unidad	Valor
Capacidad total	Litros	2297,26
Capacidad efectiva (15% altura, factor de seguridad)	Litros	1965,89
Material	-	Acero inoxidable 430
Altura tanque	Metros (m)	1.45
Diámetro tanque	Metros (m)	1.55
Diámetro impulsor de mezclado	Metros (m)	0.45
Altura eje mezclador	Metros (m)	1.10
Velocidad de motor (fabricante)	RPM	1750
Velocidad de rotación final	RPM	650
Potencia motor	HP	10
Diámetro eje	Pulgadas (")	2

De La Cruz-Nemer, 2015

3.5.3.2 Reactor R-02

Tabla 3.4 Descripción del Reactor para productos viscosos

Reactor en buen estado, ha presentado fisuras una vez durante toda su operación, destinado a productos viscosos (1000-400,00 cp), opera con un motor marca Siemens, y tiene sistema de reducción de velocidad con relación de transmisión de 1:2,5		
Característica	Unidad	Valor
Capacidad total	Litros	2297,26
Capacidad efectiva (15% altura, factor de seguridad)	Litros	1965,89
Material	-	Acero inoxidable 430
Altura tanque	Metros (m)	1.45
Diámetro tanque	Metros (m)	1.55
Diámetro impulsor de mezclado	Metros (m)	0.45
Altura eje mezclador	Metros (m)	1.10
Velocidad de motor (fabricante)	RPM	1750
Velocidad de rotación final	RPM	650
Potencia motor	HP	10
Diámetro eje	Pulgadas (")	2

De La Cruz-Nemer, 2015

3.5.3.3 Reactor R-03

Tabla 3.5 Descripción de Reactor para productos no viscosos

<p>Reactor presenta fisuras en la parte del cono soldado, han sido reparadas con el reactor montado, durante algunas ocasiones, por lo que se recomienda próxima reparación se proceda al desmonte del tanque.</p> <p>Destinado a productos de viscosidad despreciable (1-10 cp), opera con un motor marca Siemens, y no tiene sistema de reducción de velocidad.</p>		
Característica	Unidad	Valor
Capacidad total	Litros	2179,47
Capacidad efectiva (15% altura, factor de seguridad)	Litros	1766,3
Material	-	Acero inoxidable 430
Altura tanque	Metros (m)	1.26
Diámetro tanque	Metros (m)	1.53
Diámetro impulsor de mezclado	Metros (m)	0.30
Altura eje mezclador	Metros (m)	1.00
Velocidad de motor (fabricante)	RPM	1710
Velocidad de rotación final	RPM	1710
Potencia motor	HP	3
Diámetro eje	Pulgadas (")	$\frac{3}{4}$

De La Cruz-Nemer, 2015

3.5.3.4 Reactor R-04

Tabla 3.6 Descripción de Reactor para productos no viscosos

Reactor ha presentado una sola vez fisuras en la parte de su cono soldado. En general se presenta en buen estado, destinado a productos de viscosidad moderada (100-800 cp), opera con un motor marca Reliance Electric, y tiene sistema de reducción de velocidad con relación de transmisión de 1:3,4		
Característica	Unidad	Valor
Capacidad total	Litros	2179,47
Capacidad efectiva (15% altura, factor de seguridad)	Litros	1766,3
Altura tanque	Metros (m)	1.26
Diámetro tanque	Metros (m)	1.53
Diámetro impulsor de mezclado	Metros (m)	0.44
Altura eje mezclador	Metros (m)	1.10
Velocidad de motor (fabricante)	RPM	1170
Velocidad de rotación final	RPM	340
Potencia motor	HP	10
Diámetro eje	Pulgadas (")	1³/₄

De La Cruz-Nemer, 2015

3.5.3.5 Reactor R-05

Tabla 3.7 Descripción de Reactor para productos no viscosos

Reactor en buen estado, destinado a productos de viscosidad moderada (100-800 cp), opera con un motor marca US Motors, y tiene sistema de reducción de velocidad con relación de transmisión de 1:3		
Característica	Unidad	Valor
Capacidad total	Litros	1733,76
Capacidad efectiva (15% altura, factor de seguridad)	Litros	1486,16
Material	-	Acero inoxidable 430
Altura tanque	Metros (m)	1.25
Diámetro tanque	Metros (m)	1.22
Diámetro impulsor de mezclado	Metros (m)	0.28
Altura eje mezclador	Metros (m)	0.5
Velocidad de motor (fabricante)	RPM	1745
Velocidad de rotación final	RPM	560
Potencia motor	HP	3
Diámetro eje	Pulgadas (")	1 1/2

De La Cruz-Nemer, 2015

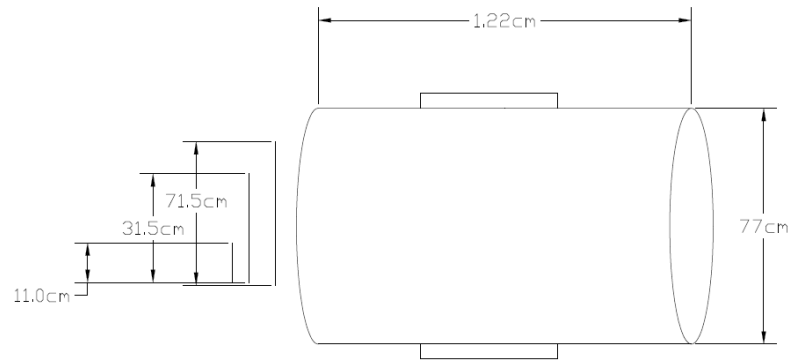
3.5.3.6 Reactor R-06

Es un mezclador fijo, que consta de un motor de 10 HP operando a 1720 rpm, para el mezclado de los productos. Consta de un sistema de desplazamiento de bandas y poleas, realiza su función en tanques de 220 litros; está destinado para producciones inferiores a las capacidades de los reactores montados.

El impulsor mezclador puede ser cambiado de acuerdo al producto que se realice en el equipo; el eje fijo consta de dos impulsores: uno con forma de disco dentado, y el otro es una hélice de 3 aspas.

3.5.4 Reactor para productos en polvo

Para los productos en polvo, como detergentes destinados a diferentes fines de uso industrial o doméstico; se utilizan tambores rotatorios de acero inoxidable 430, que ejercen su función durante aproximadamente 20 minutos; están provistos de dos láminas a manera de cuchillas horizontales en el interior, que ayudan a homogenizar el producto. Gráficamente es observado en la figura 3.11



**Fig. 3.11 Reactor para polvos
De La Cruz-Nemer, 2015**

3.5.4.1 Reactor R-07

Tabla 3.8 Descripción de Reactor para productos para polvos

Éste reactor está en buenas condiciones, los productos realizados en el mismo no presentan ajustes de calidad, consta de un juego de 3 poleas para reducir velocidad, y la marca de su motor es ErculeMarelli.		
Característica	Unidad	Valor
Capacidad efectiva	(Kg)	200
Material	-	Acero inoxidable 430
Longitud del tambor	Metros (m)	1.22
Diámetro del tambor	Metros (m)	0.77
Velocidad de motor (fabricante)	RPM	1150
Velocidad de rotación final	RPM	177
Potencia motor	HP	5
Diámetro eje	Pulgadas (")	$\frac{3}{4}$

De La Cruz-Nemer, 2015

3.6 Tratamiento de efluentes líquidos

En la actualidad el tratamiento que se le da a los efluentes líquidos consiste únicamente en la agregación de una sustancia comercializada por la empresa que contiene bacterias, ocurre en dos piscinas ($14 m^3$ y $8.5 m^3$ respectivamente) de

donde el agua tratada se desecha, y los lodos, son secados al sol y posteriormente recogidos por un ente gestor ambiental.

Se prevé que las piscinas funcionen como sedimentadores primarios en una planta de tratamiento de aguas residuales de proceso, que está en fase de construcción. Como parte de un plan de manejo ambiental, el diseño de la planta de tratamiento de las aguas se enfoca en que la disposición final, brinde las condiciones necesarias para que sea reutilizada en labores de limpieza, para agua de servicio higiénico, y si con la caracterización del agua en un laboratorio acreditado se llega a determinar que puede tener otros usos, se la destinaría a los mismos.

La planta de tratamiento que se prevé se ponga en marcha a inicios del mes de mayo de 2015; consiste en un tratamiento primario de sedimentación, y floculación con químicos para clarificar el agua; seguido de un equipo de ultrafiltración de (2 filtros) de membrana tubular hueca de Polifluoruro de vinilideno; luego se da el fenómeno de adsorción en un filtro de carbón activado, de donde finalmente se tiene el agua tratada, para ser caracterizada cada vez que se realice el procedimiento. Los lodos por otra parte llegarán a dos lechos de arena, donde se secarán y el agua filtrada vuelve a las piscinas para repetir el ciclo. Los lodos secos con la arena serán dispuestos para que un gestor ambiental

los trate. Se presenta a continuación un esquema del funcionamiento de la planta de tratamiento que se pondrá en marcha.

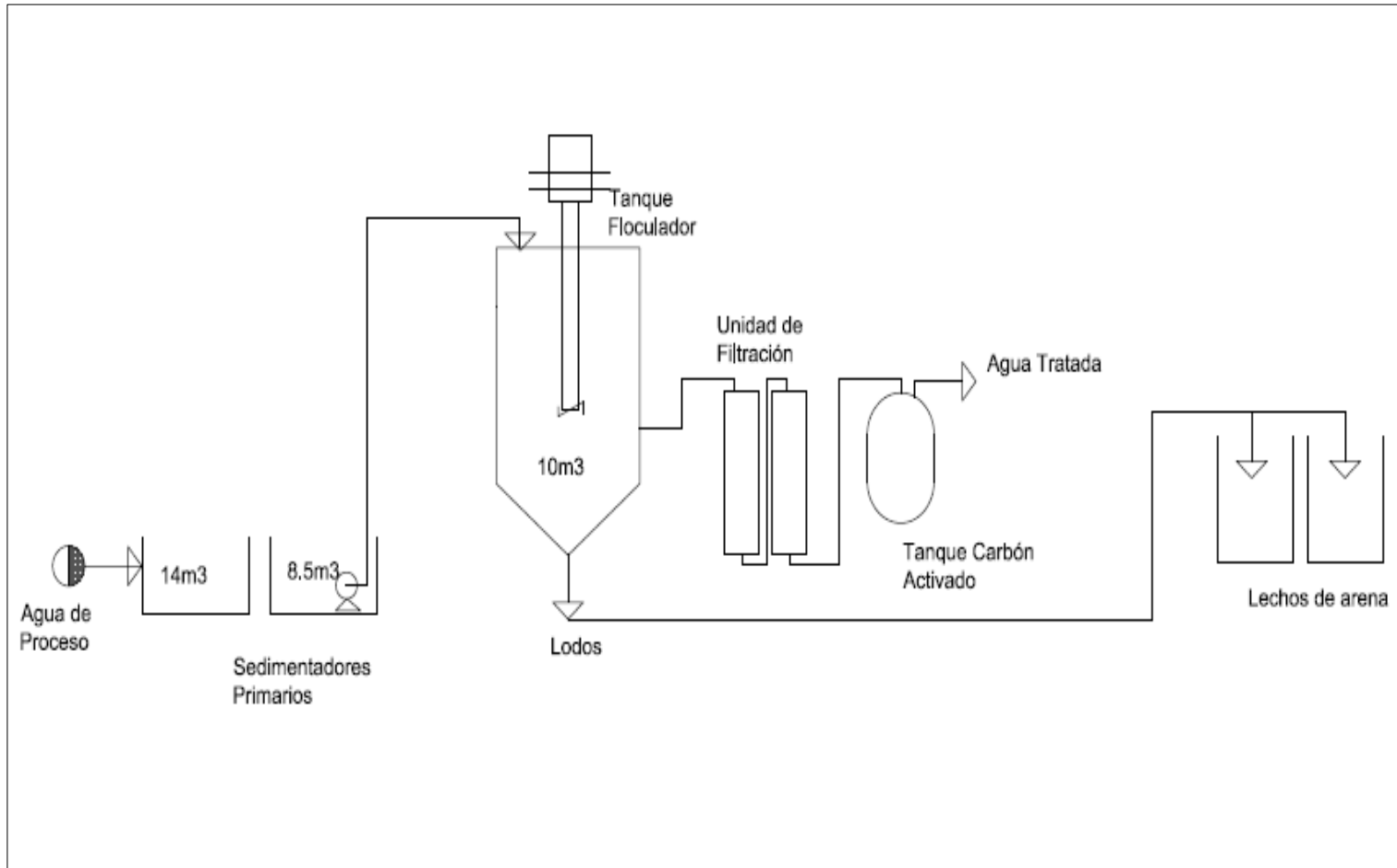


Fig. 3.12 Diagrama de la planta de Tratamiento de Agua De La Cruz-Nemer, 2015

3.7 Estudio de la capacidad productiva de la planta

3.7.1 Análisis de la Demanda de los productos

La planta produce aproximadamente 300 productos para su comercialización. Se ha realizado un análisis con diagrama de Pareto con la información proporcionada por el área de producción, de los doce meses del año 2014, para determinar los productos con mayor demanda.

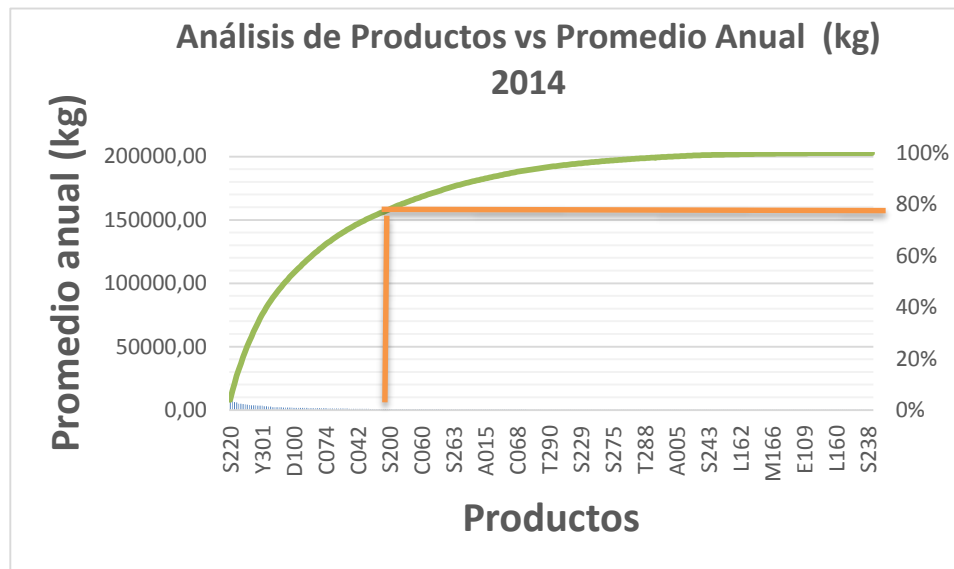
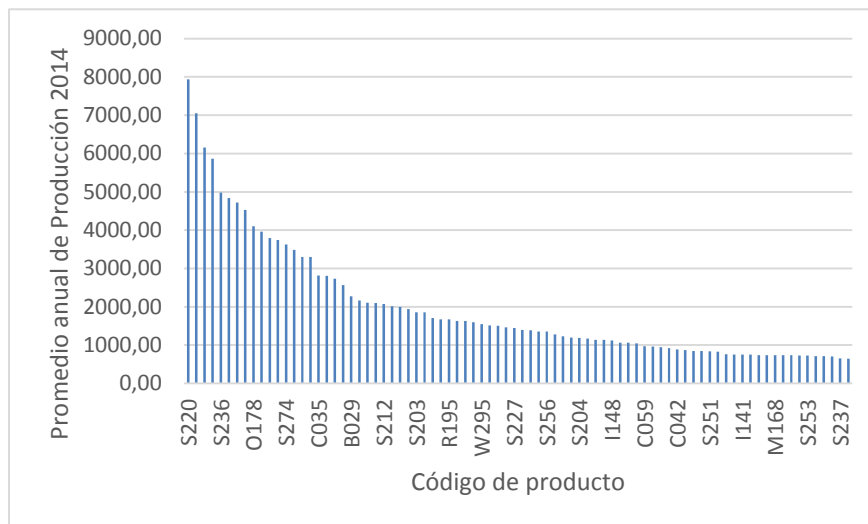


Gráfico 3.1 Análisis de Pareto para determinar productos con mayor demanda De La Cruz-Nemer, 2015

El lado izquierdo de la ordenada (Y) de la gráfica 3.1 representa a los kilogramos producidos; y el lado derecho al porcentaje de producción (0-100); mientras que el eje de la abscisa (X) representa a cada uno de los productos comercializados.

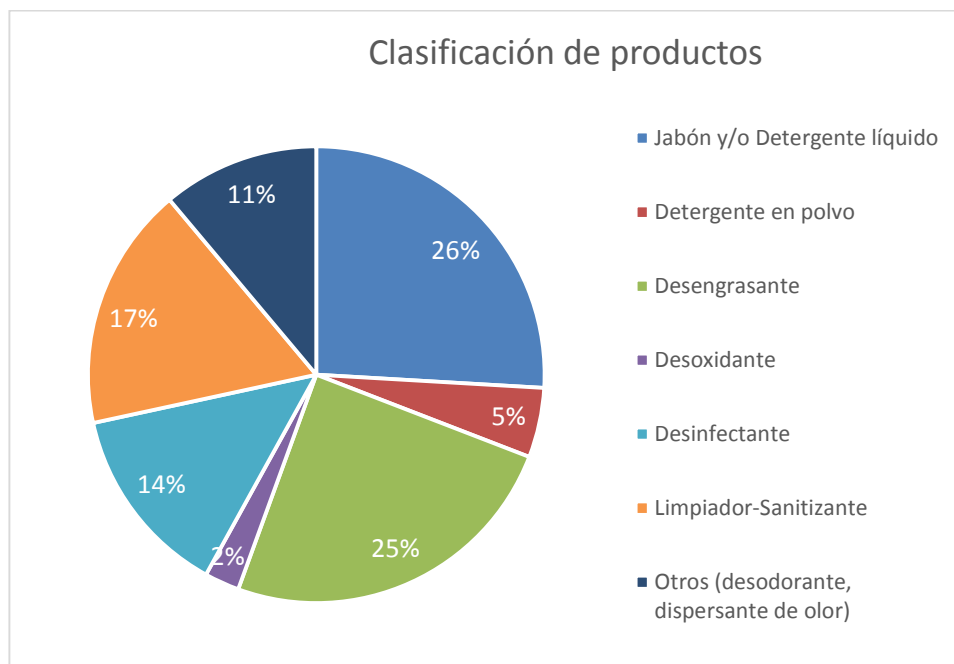
Al considerar el 80% de producción y relacionarlo con la curva creciente, limita a 82 elementos observados en el eje (X); que según el análisis Pareto estos son denominados elementos vitales y en nuestro caso constituyen los productos más demandados del total de los comercializados por la industria.



**Gráfica 3.2 Productos con mayor demanda
De La Cruz-Nemer, 2015**

Estos 82 productos representan a: jabones/detergentes (líquidos o en polvo), desinfectantes, sanitizantes, desengrasantes, entre otros. Como se puede observar en la gráfica 3.3, los productos más representativos son los jabones y/o

detergentes líquidos que ocupan el 26%, seguido de los desengrasantes con un 25%, los desinfectantes tienen el 14%, a los limpiadores sanitizantes les corresponde el 17%, los detergentes en polvo y desoxidantes el 4% y 2% respectivamente; hay productos clasificados como “otros” (desodorantes, dispersante de olor, desincrustantes, antimicrobianos, etc.), ellos ocupan el 11,1 % restante.



Gráfica 3.3 Clasificación de Productos con mayor demanda. De La Cruz-Nemer, 2015

3.7.2 Cálculo de la Productividad

Para el cálculo de la productividad se maneja el indicador kg/hora-hombre para cada mes, es decir; kilogramos producidos por trabajador (mano de obra directa)

por hora. A continuación se presenta un ejemplo de cómo se realizó el cálculo para el mes de enero del 2014:

$$Productividad_{enero} = \frac{Kg \text{ producidos}}{cantidad \text{ trabajadores} * horas \text{ trabajadas}}$$

$$Productividad_{enero} = \frac{216770,28}{176 * 8}$$

Tabla 3.9 Productividad Anual

Meses	Kg producidos	Horas trabajadas	Número de trabajadores	Kg/h-hombre
Enero	216770,28	176	7	175,94990
Febrero	162093,91	152	7	152,34390
Marzo	191243,54	176	8	135,82638
Abril	201362,59	160	8	157,31452
Mayo	202561,43	168	8	150,71535
Junio	196811,8	168	8	146,43735
Julio	222775,35	168	8	165,75547
Agosto	200641	176	8	142,50071
Septiembre	227681	160	8	177,87578
Octubre	213755,75	176	8	151,81516
Noviembre	194823	168	8	144,95759
Diciembre	202483,54	160	8	158,19027
Promedio				154,97353

De La Cruz-Nemer, 2015

Otra forma de expresar la productividad puede ser mediante el indicador Kg/día-hombre, considerando que un turno de trabajo equivale a 6.58 horas.

$$154,97353 \frac{Kg}{hora - hombre} * \frac{6,58 \text{ horas (un turno)}}{día} = 1019,73 \frac{Kg}{día - hombre}$$

3.7.3 Eficiencia Productiva de la planta

Para la determinación de la eficiencia de la planta se ha hecho un estudio del tiempo de producción de cada uno de los reactores, estableciendo dos variables: tiempo óptimo por parada, y kilogramos producido; contemplando que se produzca la capacidad efectiva calculada en base a las dimensiones de cada tanque, con un factor de seguridad del 15% de la altura libre del mismo. Con dichos datos se quiere establecer un indicador de producción óptima por cada reactor durante una jornada de trabajo; luego proyectarla a la producción mensual y comparar con la actual, declarando así la eficiencia de la planta.

3.7.3.1 Estudio del indicador de producción óptima

Mediante la observación *in situ* y datos recopilados de días aleatorios de jornadas completas de trabajo, se ha establecido un tiempo óptimo (no considera pérdidas) para cada una de las actividades que se lleven a cabo desde el fraccionamiento de la materia prima, hasta la limpieza del reactor, que únicamente se realiza, una vez que se obtenga el sello de aprobación del producto terminado.

3.7.3.1.1 Reactores de productos viscosos

Como se detalló previamente, los reactores 1 y 2 son destinados indistintamente a productos con viscosidad alta, para su preparación se deben mezclar de 8 a 12 materias primas, que podrían ser o no de la misma fase, a continuación se detallan los tiempos óptimos por actividad, considerando el mayor tiempo del rango, como un factor de seguridad:

Tabla 3.10 Descripción de las actividades con sus respectivos tiempos

Número de actividad	Descripción de la actividad	Tiempo por actividad (minutos)
#1	Búsqueda de materia prima (de la bodega, ordenadas por propiedades y códigos)	20
#2	Fraccionamiento de materia prima	30
#3	Transporte de materia prima a área de reactores (mediante montacarga, de 1 a 2 viajes)	15
#4	Carga de materiales al reactor (se realiza con especial cuidado ya que se podrían generar reacciones indeseables)	30
#5	Puesta en marcha de reactor de mezclado	20
#6	Estabilización y toma de muestra para su análisis de calidad	15
#7	Control de calidad (análisis de parámetros, que dependiendo del producto, podrían ser de 3 a 7)	50
#8	Descarga del producto	45
#9	Limpieza de reactor	10
Tiempo por parada		235

De La Cruz-Nemer, 2015

$$Parada_{Reactor\ 1\ y\ 2} = \sum \text{Tiempo por Actividad}$$

$$Parada_{Reactor\ 1\ y\ 2} = 235 \text{ minutos} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 3.92 \text{ horas}$$

Se establece así que cada parada en reactores 1 y 2, demora 3.92 horas, y se establece el indicador de producción óptima:

$$\text{Velocidad óptima} = \frac{\text{Capacidad efectiva (kg)}}{\text{Tiempo por parada (horas)}}$$

$$\text{Velocidad óptima Reactor 1 y 2} = \frac{1965.89}{3.92}$$

$$\text{Velocidad óptima Reactor 1 y 2} = 501.50 \text{ kg/hora}$$

3.7.3.1.2 Reactores de productos no viscosos

Como se detalló previamente, los reactores 3, 4 y 5 son destinados indistintamente a productos no viscosos, para su preparación se deben mezclar de 4 a 8 materias primas, que podrían ser o no de la misma fase, a continuación se detallan los tiempos óptimos por actividad, considerando el mayor tiempo del rango, como un factor de seguridad:

Tabla 3.11 Descripción de las actividades con sus respectivos tiempos

Número de actividad	Descripción de la actividad	Tiempo por actividad (minutos)
#1	Búsqueda de materia prima (de la bodega, ordenadas por propiedades y códigos)	15
#2	Fraccionamiento de materia prima	20
#3	Transporte de materia prima a área de reactores (mediante montacarga, de 1 a 2 viajes)	15
#4	Carga de materiales al reactor (se realiza con especial cuidado ya que se podrían generar reacciones indeseables)	25
#5	Puesta en marcha de reactor de mezclado	15
#6	Estabilización y toma de muestra para su análisis de calidad	15
#7	Control de calidad (análisis de parámetros, que dependiendo del producto, podrían ser de 3 a 5)	25
#8	Descarga del producto	40
#9	Limpieza de reactor	10
Tiempo parada		180

De La Cruz-Nemer, 2015

$$Parada_{Reactor\ 3,4,y\ 5} = \sum \text{Tiempo por Actividad}$$

$$Parada_{Reactor\ 3,4\ y\ 5} = 180 \text{ minutos} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 3 \text{ horas}$$

Se establece así que cada parada en reactores 3, 4 y 5 demora 3 horas, y se establece el indicador de producción óptima:

$$\text{Velocidad óptima} = \frac{\text{Capacidad efectiva (kg)}}{\text{Tiempo por parada (horas)}}$$

$$\text{Velocidad óptima Reactor 3, 4,5} = \frac{1766,3}{3}$$

$$\text{Velocidad óptima Reactor 3, 4,5} = 588,7667 \text{ kg/hora}$$

$$\text{Velocidad óptima Reactor 3.4.5} = \frac{1486,163}{3}$$

$$\text{Velocidad óptima Reactor 3,4,5} = 495,3877 \text{ kg/hora}$$

3.7.3.1.3 Análisis para reactor número 6

El reactor número 6 puede ser utilizado para productos viscosos y no viscosos, la preparación se realiza tanque a tanque, lo que disminuye sus tiempos por actividad que se detallan a continuación:

Tabla 3.12 Descripción de las actividades con sus respectivos tiempos

Número de actividad	Descripción de la actividad	Tiempo por actividad (minutos)
#1	Búsqueda de materia prima (de la bodega, ordenadas por propiedades y códigos)	15
#2	Fraccionamiento de materia prima	20
#3	Transporte de materia prima a área de reactores (mediante montacarga, de 1 a 2 viajes)	10
#4	Carga de material al tanque	10
#5	Puesta en marcha de reactor de mezclado	10
#6	Toma de muestra	5
#7	Control de calidad (análisis de parámetros, que dependiendo del producto, podrían ser de 3 a 7)	40
#8	Limpieza del mezclador	5
Tiempo parada		115

De La Cruz-Nemer, 2015

$$Parada_{Reactor\ 6} = \sum \text{Tiempo por Actividad}$$

$$Parada_{Reactor\ 6} = 115 \text{ minutos} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 1,92 \text{ horas}$$

Se establece así que cada parada en reactor 6 demora 1,92 horas, y se establece el indicador de producción óptima:

$$Velocidad\ óptima = \frac{Capacidad\ efectiva\ (kg)}{Tiempo\ por\ parada\ (horas)}$$

$$Velocidad\ óptima\ Reactor\ 6 = \frac{220}{1,92}$$

Velocidad óptima Reactor 6 = 114,58 kg/hora

3.7.3.1.4 Reactor para productos en polvo

Tabla 3.13 Descripción de las actividades con sus respectivos tiempos

Número de actividad	Descripción de la actividad	Tiempo por actividad (minutos)
#1	Búsqueda de materia prima (de la bodega, ordenadas por propiedades y códigos)	15
#2	Fraccionamiento de materia prima	15
#3	Transporte de materia prima a área de reactores (mediante montacarga, de 1 a 2 viajes)	15
#4	Carga de material al tambor rotatorio	10
#5	Puesta en marcha del tambor rotatorio	15
#6	Toma de muestra	5
#7	Control de calidad (análisis de parámetros, que dependiendo del producto, podrían ser de 3 a 5)	30
#8	Limpieza del tambor	10
Tiempo parada		115

De La Cruz-Nemer, 2015

$$Parada_{Reactor\ 7} = \sum \text{Tiempo por Actividad}$$

$$Parada_{Reactor\ 7} = 115 \text{ minutos} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 1,92 \text{ horas}$$

Se establece así que cada parada en reactor 7 demora 115 minutos, y se establece el indicador de producción óptima:

$$\text{Velocidad óptima} = \frac{\text{Capacidad efectiva (kg)}}{\text{Tiempo por parada (horas)}}$$

$$\text{Velocidad óptima Reactor 7} = \frac{200}{1,92}$$

$$\text{Velocidad óptima Reactor 7} = 104,16 \text{ kg/hora}$$

3.7.3.2 Cálculo de la Eficiencia Productiva de la Planta

Mediante el indicador óptimo de producción por reactor se ha podido establecer la capacidad productiva total óptima de la planta, de la siguiente manera:

$$\text{Velocidad Óptima de Producción} = \sum \text{Velocidad óptima de reactores}$$

$$\text{Velocidad de Producción} = 2894,661 \text{ kg/h}$$

Se ha realizado el cálculo de la eficiencia para cada uno de los meses del año 2014, se presenta el ejemplo para el mes de Enero:

Cap. instalada

$$= \left[V. \text{ de producción} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \right] \times \left[\text{horas de trabajo por turno} \left(\frac{\text{h}}{\text{día}} \right) \right] \times \left[\text{días laborales al mes (días)} \right]$$

$$\text{Cap. instalada} = \left[2894,661 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \right] \times \left[6,58 \left(\frac{\text{h}}{\text{día}} \right) \right] \times \left[22 \text{ (días)} \right]$$

$$\text{Cap. instalada Enero 2014} = 419031,14 \text{ kg/mes}$$

$$\text{Eficiencia Enero 2014} = \frac{\text{Capacidad Producción Real}}{\text{Capacidad Instalada}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia Enero 2014} = 51,56 \%$$

De esta manera con la producción real de cada mes del año 2014 se obtiene la eficiencia de la planta como un promedio anual:

Tabla 3.14 Eficiencia de la Planta

Mes	Cap. Producción Actual (kg/mes)	Capacidad instalada (kg/mes)	Cap. Produc. Actual/capac. instalada
Enero	216264,28	419031,14	52%
Febrero	161025,31	380939,6131	42%
Marzo	191317,54	361892,6324	53%
Abril	202374,59	419033,5744	48%
Mayo	203168,23	399986,5937	51%
Junio	197423,8	399986,5937	49%
Julio	223707,35	399986,5937	56%
Agosto	201315	399986,5937	50%
Septiembre	228075	419033,5744	54%
Octubre	214334,75	419033,5744	51%
Noviembre	195213	361892,6324	54%
Diciembre	202532,54	304751,6905	66%
Promedio			52%

De La Cruz-Nemer, 2015

3.7.4 Identificación del cuello de botella

3.7.4.1 Identificación de la restricción del proceso

Para identificar el cuello de botella se ha realizado el estudio a la línea de proceso de mezclado con la que cuenta la industria para la elaboración de sus productos. Se ha realizado la toma de tiempos reales por actividades del proceso productivo en días completos de trabajo, mostrando así un tiempo promedio por grupos de actividades individuales, que son profundamente detalladas en el punto 3.7.3.1

Tabla 3.15 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-01

Reactor R-01		
Actividad	Tiempo promedio por grupo de actividades (min)	% Porcentaje
Búsqueda y fraccionamiento de la materia prima	71,5	20%
Espera montacargas	32	9%
Carga y/o mezcla al reactor	73,5	21%
Aprobación de producto en proceso (Departamento Control de Calidad)	177	50%
Total	354	

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 3.16 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-02

Reactor R-02		
Actividad	Tiempo promedio por actividad(min)	% Porcentaje
Búsqueda y fraccionamiento de la materia prima	76	21%
Espera montacargas	26	7%
Carga y/o mezcla al reactor	62,5	17%
Aprobación de producto en proceso (Departamento Control de Calidad)	197	54%
Total	361,5	

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 3.17 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R -03

Reactor R-03		
Actividad	Tiempo promedio por actividad (min)	% Porcentaje
Búsqueda y fraccionamiento de la materia prima	46	20%
Espera montacargas	24,5	10%
Carga y/o mezcla al reactor	60,7	26%
Aprobación de producto en proceso (Departamento Control de Calidad)	103,5	44%
Total	234,7	

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 3.18 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-04

Reactor R-04		
Actividad	Tiempo promedio por actividad (min)	% Porcentaje
Búsqueda y fraccionamiento de la materia prima	54,7	22%
Espera montacargas	22,8	9%
Carga y/o mezcla al reactor	60,5	25%
Aprobación de producto en proceso (Departamento Control de Calidad)	106,8	44%
Total	244,8	

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 3.19 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-05

Reactor R-05		
Actividad	Tiempo promedio por actividad (min)	% Porcentaje
Búsqueda y fraccionamiento de la materia prima	58,3	24%
Espera montacargas	26,5	11%
Carga y/o mezcla al reactor	55,3	23%
Aprobación de producto en proceso (Departamento Control de Calidad)	104	43%
Total	244,1	

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 3.20 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-06

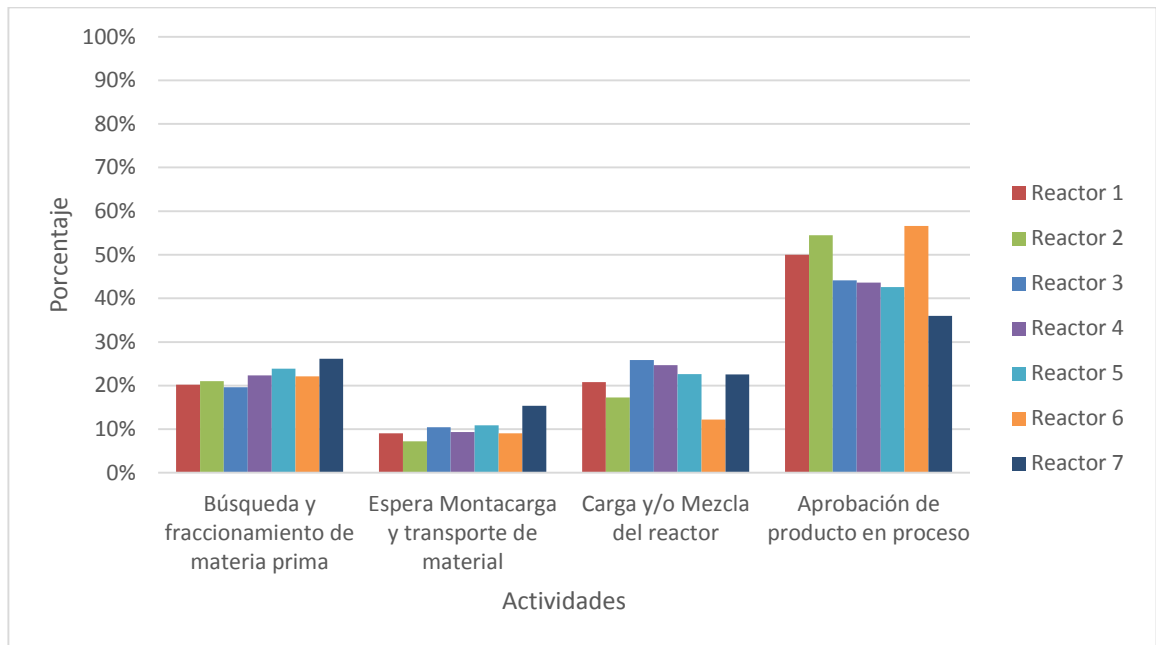
Reactor R-06		
Actividad	Tiempo promedio por actividad (min)	% Porcentaje
Búsqueda y fraccionamiento de la materia prima	44,1	22%
Espera montacargas	18	9%
Carga y/o mezcla al reactor	24,4	12%
Aprobación de producto en proceso (Departamento Control de Calidad)	113	57%
Total	199,5	

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 3.21 Porcentaje de tiempo para grupo de actividades por parada de producción; Reactor R-07

Reactor 07		
Actividad	Tiempo promedio por actividad (min)	% Porcentaje
Búsqueda y fraccionamiento de la materia prima	35,1	26.14%
Espera montacargas	20.6	15.34%
Carga y/o mezcla al reactor	30.3	22.56%
Aprobación de producto en proceso (Departamento Control de Calidad)	48.3	35.92%
Total	134.3	

De La Cruz-Nemer, 2015



Gráfica. 3.4 Porcentaje de tiempo promedio por grupo de actividades por parada de producción De La Cruz-Nemer, 2015

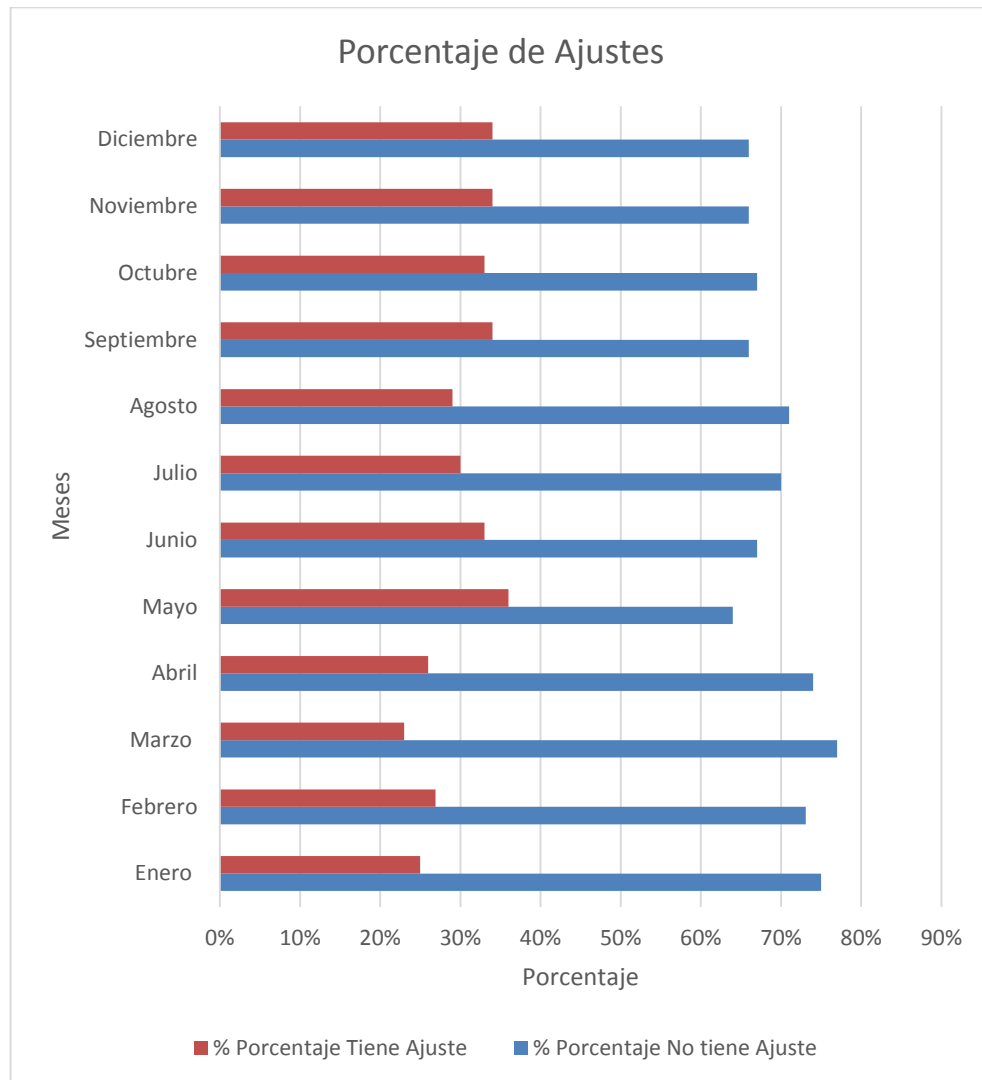
De acuerdo a la toma de datos in situ de las actividades que se realizan para la elaboración de productos, se observa en la gráfica.3.4 que la actividad que toma más tiempo es la aprobación del producto en proceso que implica: toma de muestra, análisis en control de calidad, descarga de reactor. Grupo en el cual se concentrase el cuello de botella.

Considerando lo anterior se revisó los productos que fueron aprobados durante todo el año 2014, para indicar qué porcentaje de la producción fue sujeta de ajustes.

Tabla 3.22 Porcentaje de producción del año 2014, con y sin ajustes de calidad

	Cantidad de productos		Cantidad (kg)		% Porcentaje	
	No tiene Ajuste	Tiene Ajuste	No tiene Ajuste	Tiene Ajuste	No tiene Ajuste	Tiene Ajuste
Enero	261	87	158043,28	58221	75%	25%
Febrero	198	73	109396,31	51629	73%	27%
Marzo	225	68	136737,54	54580	77%	23%
Abril	239	82	140584,59	61790	74%	26%
Mayo	217	120	114335,23	88833	64%	36%
Junio	217	108	117421,8	800002	67%	33%
Julio	224	94	144378,35	79329	70%	30%
Agosto	229	92	131243	70072	71%	29%
Septiembre	233	122	137214	90861	66%	34%
Octubre	205	101	127062,75	87272	67%	33%
Noviembre	197	103	102573	92640	66%	34%
Diciembre	171	89	102742,54	99790	66%	34%
Promedio					70%	30%

De La Cruz-Nemer, 2015



Gráfica. 3.5 Porcentaje de Ajustes por mes De La Cruz-Nemer, 2015

Como se puede observar en la gráfica 3.5 el porcentaje de ajustes se encuentra entre el 20 y 35%, de esta manera el promedio del total de productos que se fabricaron, con ajustes representa el 30%

Así este 30% de productos con ajustes es un valor significativo, lo que llevó a realizar una verificación de la cantidad de veces que se realiza un ajuste por producto, el cual resultó en un mínimo 1 y máximo 6 ajustes, como lo muestra el análisis de estadísticos de la **cantidad de ajustes** presentados en la tabla 3.23

Tabla 3.23 Estadísticos de la Cantidad de Ajustes

Media	1,34240562
Moda	1
Mínimo	1
Máximo	6

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 3.24 Estadísticos de la Cantidad de Veces de Ajustes

Cantidad de Veces	Productos con Ajuste	Porcentaje
1	875	76,8
2	179	15,7
3	55	4,8
4	20	1,8
5	9	0,8
6	1	0,1
Total	1139	100%

Nemer-De La Cruz, 2015

Tabla 3.25 Cantidad de productos con Ajuste

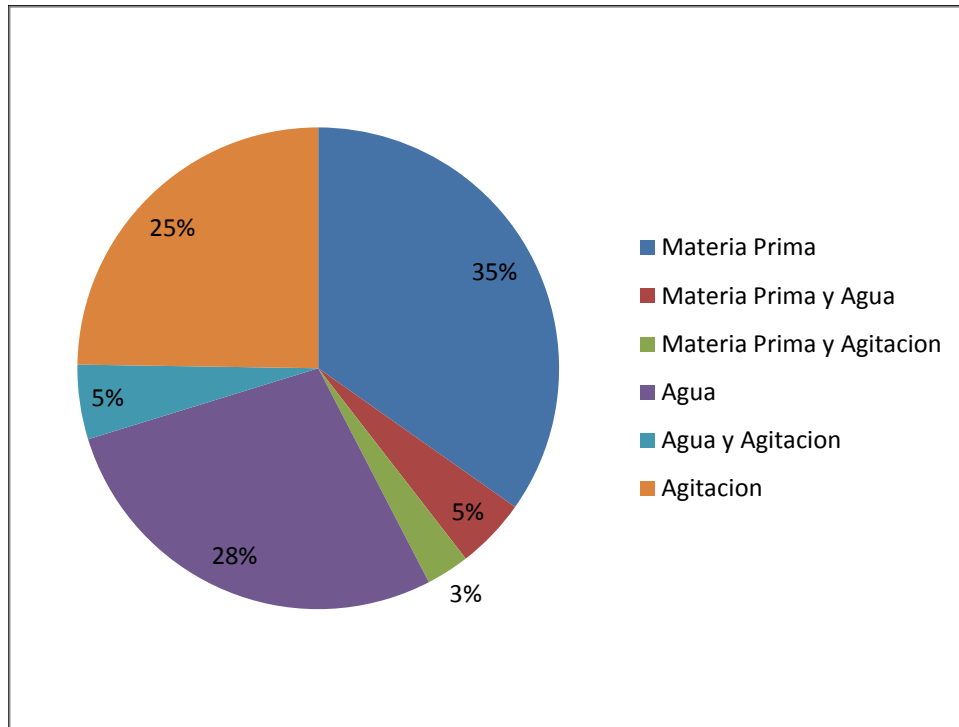
Cantidad de productos con ajustes	
Válidos	1139
Perdidos	0

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 3.26 Tipo de Ajuste

Tipo de Ajuste		
	Cantidad de Productos	Porcentaje
Materia Prima	396	35%
Materia Prima y Agua	54	5%
Materia Prima y Agitación	33	3%
Agua	317	28%
Agua y Agitación	57	5%
Agitación	282	25%
Total	1139	100%

De La Cruz-Nemer, 2015



Gráfica 3.6 Porcentaje de tipo de ajustes en productos Nemer-De La Cruz, 2015

Como se observa en la gráfica 3.6 los tipos de ajustes que más sobresalen son por materia prima, agua y agitación los cuales representan un 35%, 28% y 25% respectivamente.

Al verificar los procedimientos que se siguen en el Departamento de control de Calidad, se evidencia que se sigue un cronograma de calibración de equipos, y sus respectivos certificados, descartando que los ajustes que se envían se deban a errores en lecturas.

Luego al realizar una verificación en el área de producción se ha constatado que no existen los niveles adecuados para la medición de la cantidad de agua que necesiten los productos, solo con los años de experiencia con que cuenta el operador, y esta puede ser una razón por la cual se tenga problemas con el agua, con respecto a la materia prima va de la mano con el problema del agua por ejemplo si no cumple con los parámetros de viscosidad, pH, materia activa se necesita agregarle materia prima.

En cuanto a la agitación, los reactores no obedecen a un diseño exclusivo para los productos que se elaboran en los mismos, ya que lo que se tiene es el mismo diseño de impulsor de mezclado para los 5 reactores.

CAPITULO IV

PROPUESTA DE REINGENIERIA

4.1 Puesta en marcha de Reactor de mezclado

4.1.1 Consideraciones generales

Se cuenta con un tanque reservorio de acero inoxidable ferrítico 430 de forma cilíndrica, con un cono inferior soldado, llave de paso de 2" que se encuentra deshabilitado, se propone acoplarle accesorios para que se desempeñe como un reactor más en la planta y suplante a uno de los reactores de productos no viscosos, que ha cumplido su vida útil.

Este es un recurso fijo de la empresa que se adquirió hace cierto tiempo, y no se lo está explotando, se lo ha evaluado con un técnico de reparación y se evidencia que se encuentra en condiciones para ser utilizado-no presenta fisuras- y ya que los requerimientos de producción han aumentado en la planta (éste tanque tiene mayor capacidad que el que será desmontado), se propone ponerlo en marcha bajo consideraciones de diseño de un reactor de mezclado por lotes; al mismo se le ha diseñado el eje mezclador con sus respectivas aspas, y dependiendo del requerimiento se dispondrá o no de un reductor de velocidad de agitación, la operación que se espera llevar a cabo en el mismo, es la producción de limpiadores, desinfectantes, ambientales para usos de distinta índole mismos que tienen una alta demanda sobre la totalidad de los productos comercializados por la empresa, a pesar de no tratarse de un solo producto, estos mantienen

propiedades físicas similares, y el rango de densidad está entre los 0.85-1.02 gr/cm^3 los cálculos subsiguientes se han basado teniendo en cuenta las propiedades que tienen en común, se presentan las características físicas del reservorio:

Tabla4.1 Características físicas del reservorio

Característica	Unidad	Valor
Material	-	Acero inoxidable ferrítico 430
Espesor lamina	Centímetros	2
Altura cilindro	Metros	1.94
Altura cono inferior	Metros	0.33
Diámetro interior	Metros	1.27

De La Cruz-Nemer, 2015

Según los requerimientos de la planta, el reactor operará en régimen discontinuo (por lotes o intermitente) ya que se trata de una producción a mediana escala, se presenta una tabla con algunos de los productos que se prevé realizar en el mismo:

Tabla4.2 Productos destinados a reactor #8

Código producto	Descripción	Densidad (gr/cm^3)
A009	Ambiental	0.99-1.00
D088	Ambiental	1.00-1.01
C039	Desinfectante	0.98-1.00
PRoC062	Desinfectante	0.99-1.02
D090	Desinfectante	0.99-1.01
N171	Sanitizante de baños	0.98-1.01
M167	Limpiador sanitizante	0.98-1.00
O180	Limpiador	0.95-1.02
R197	Desinfectante	0.85-0.90
S262	Limpiador	0.90-1.00

De La Cruz-Nemer, 2015

Se presentan cálculos para un solo producto, para tomarlo como referencia para el diseño del eje mezclador, se ha elegido el que tiene propiedades en el extremo superior del rango, como un factor de seguridad para la operación del reactor, éste corresponde al O180, se presenta a continuación las proporciones de materias primas, principio activo y propiedades físicas de cada una:

Tabla 4.3 Materias primas de producto O180

Materia Prima	Principio Activo	Fracción másica	Densidad (gr/cm^3)	Viscosidad (cP)
#1	SURFACTANTE	0.0335	1.02	1500
#2	EMULSIFICANTE	0.0680	1.02	300
#3	EMULSIFICANTE	0.0286	1.05	400
#4	DESENGRASANTE	0.1060	0.89	1.50
#5	BACTERICIDA	0.0057	0.99	1.20
#6	NEUTRALIZANTE	0.0570	1.10	1000
#7	LIMPIADOR	0.2000	0.84	1.30
#8	VEHÍCULO	0.5012	1.00	1.00

De La Cruz-Nemer, 2015

4.1.1.1 Cálculo de volumen efectivo en tanque

El volumen total del tanque reservorio, es de 2597 litros, basándose en las dimensiones totales, sin embargo, para efectos del cálculo del volumen efectivo de producción, se ha contemplado un 15% libre de la altura total del cilindro:

$$\text{Factor de seguridad} = 0.15 * 1.94$$

$$\text{Factor de seguridad} = 0.291 \text{ m}$$

$$\text{Altura efectiva de cilindro} = 1.94 - 0.291$$

$$\text{Altura efectiva de cilindro} = 1.649 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_{\text{efectivo}} = \text{Volumen}_{\text{cilindro}} + \text{Volumen}_{\text{cono}}$$

$$\text{Volumen}_{\text{efectivo}} = (\pi * r^2 * h) + \left(\frac{1}{3} * \pi * r^2 * h\right)$$

$$\text{Volumen}_{\text{efectivo}} = [(\pi) * (0.635)^2(1.649)] + \left[\left(\frac{1}{3}\right) * (\pi) * (0.635)^2 * (0.33)\right]$$

$$\text{Volumen}_{\text{total}} = 2.23\text{m}^3$$

$$2.23\text{m}^3 * \frac{1000 \text{ lt}}{1\text{m}^3} = 2230 \text{ litros}$$

4.1.2 Diseño del impulsor de mezclado

Según la literatura revisada, los criterios para el diseño del eje, están ligadas a la naturaleza de la mezcla a realizar, la reacción es una sola fase –líquida-, la viscosidad de la mezcla se ha calculado en 2.47 cp, con la que podría convenir tres tipos de mezcladores; agitador propulsor de 3 aspas, agitador de turbina, o agitador de paletas planas.

Para éste efecto se ha elegido un mezclador de turbina de disco con 4 aspas planas:

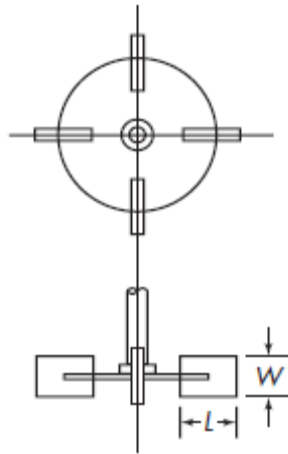


Fig 4.1 Turbina de disco de aspas planas; vista superior
Fuente: McCabe, séptima edición; Operaciones Unitarias en ingeniería química, 2007

Tanto el eje, como las aspas mezcladoras deben ser fabricadas de acero inoxidable, para prevenir el ataque químico y brindar una vida útil larga al equipo, además debe existir coherencia con el material del tanque reservorio, se debe garantizar que las partes del reactor no vayan a reaccionar con las sustancias contenidas en el mismo.

4.1.2.1 Cálculos de dimensionamiento

Las consideraciones de dimensionamiento contempladas en éste estudio, se detallan en el Anexo C, que son parte del texto McCabe, Operaciones Unitarias en Ingeniería Química; séptima edición.

4.1.2.1.1 Cálculo de diámetro total de turbina

$$\frac{D_{turbina}}{D_{cilindro}} = \frac{1}{3}$$

$$D_{turbina} = \frac{D_{cilindro}}{3}$$

$$D_{turbina} = \frac{1.27}{3}$$

$$D_{turbina} = 0.42 \text{ m}$$

4.1.2.1.2 Cálculo de altura de la pala

$$\frac{H_{pala}}{D_{turbina}} = \frac{1}{5}$$

$$H_{pala} = \frac{0.42}{5}$$

$$H_{pala} = 0.085 \text{ m}$$

4.1.2.1.3 Cálculo de ancho de la pala

$$\frac{W_{pala}}{D_{turbina}} = \frac{1}{4}$$

$$W_{pala} = \frac{0.42}{4}$$

$$W_{pala} = 0.10 \text{ m}$$

4.1.2.1.4 Cálculo de la altura de la elevación del impulsor

El siguiente cálculo se ha realizado contemplando una altura desde la base del cilindro.

$$\frac{H_{elevación}}{D_{cilindro}} = \frac{1}{3}$$

$$H_{elevación} = \frac{1.27}{3}$$

$$H_{elevación} = 0.42 \text{ m}$$

4.1.2.1.5 Cálculo del ancho de deflectores

Se ha considerado colocar 4 deflectores laterales en el tanque, para evitar excesiva turbulencia y formación de vórtices indeseables, que retardan el mezclado eficaz, ya que se tienen mezclas con baja viscosidad.

$$\frac{W_{deflector}}{D_{cilindro}} = 0.12$$

$$w_{deflector} = 0.12 * 1.27$$

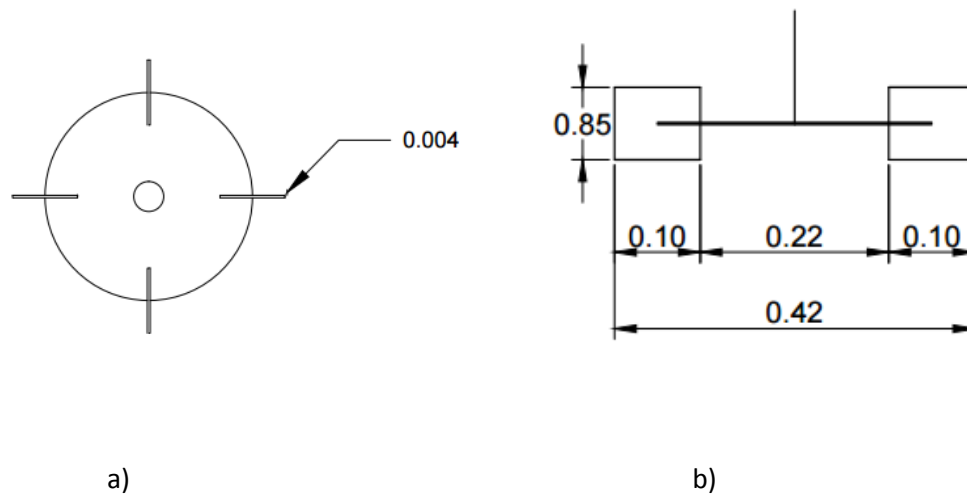
$$w_{deflector} = 0.15 \text{ m}$$

Se recomienda que los deflectores sean montables por medio de pernos 5-16 con anillos planos de presión fabricados en acero inoxidable del tipo 316.

4.1.3 Dimensionamiento gráfico de reactor

Se presentan a continuación las dimensiones totales con las que se prevé operará el reactor sujeto de estudio, y del eje mezclador.

4.1.3.1 Eje mezclador



**Fig. 4.2 Dimensionamiento de impulsor de mezclado para reactor;
a) Vista superior, b) Vista lateral
De La Cruz-Nemer, 2015**

4.1.3.2 Reactor de mezclado

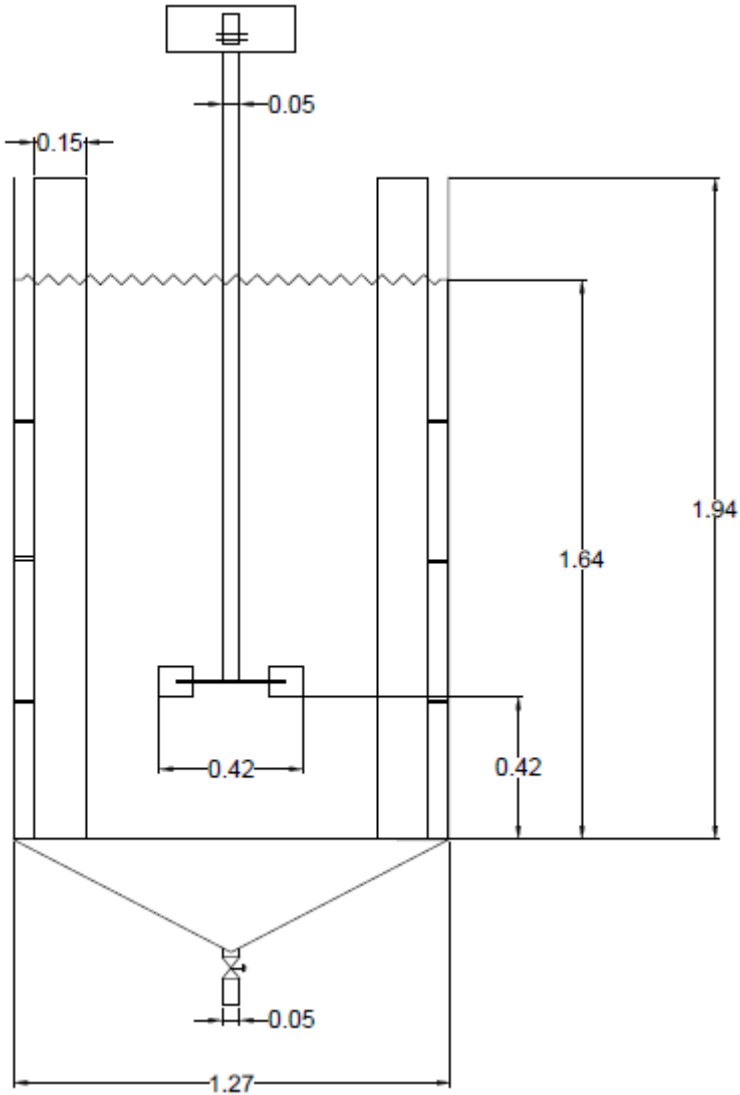


Fig. 4.3 Dimensionamiento de reactor #8
De La Cruz-Nemer, 2015

4.1.4 Sistema reductor de velocidad

El reactor que se desea poner en marcha sustituiría al reactor 3, el mismo, cuenta actualmente con un motor de 3 HP de potencia más no de un sistema de reducción de velocidad (velocidad de rotación de 1710 RPM). Los operarios evidencian problemas al maniobrar éste reactor en especial, ya que al girar con tanta rapidez el contenido del tanque tiende a salirse, y se forma un vórtice difícil de controlar, por lo que la operación debe ser interrumpida constantemente.

Se recomienda aprovechar el motor que ya se está utilizando, pues éste se encuentra en buenas condiciones y además brinda la potencia calculada más adelante; acoplarle un sistema de reducción de velocidad por transmisión, por medio de bandas que comunican dos poleas de diferente diámetro, con lo que se logra el fin, así:

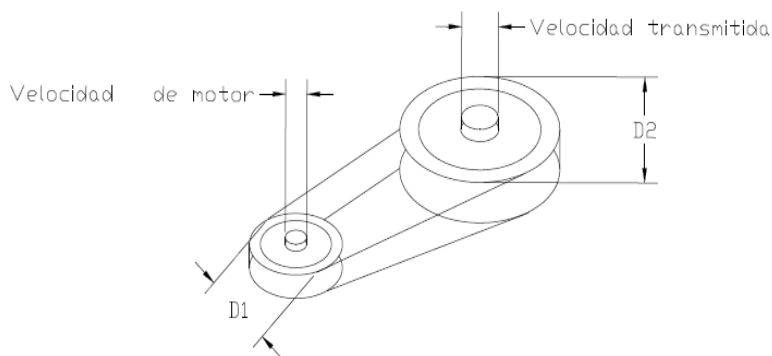


Fig. 4.4 Sistema reductor de velocidad
De La Cruz-Nemer, 2015

El diámetro de la polea trasmisora ha de ser 8 cm; mientras que la polea transmitida sería de 31 cm; la velocidad transmitida directamente al líquido, se calcula así:

$$D_1 * Vel_1 = D_2 * Vel_2$$

Donde:

D_1 = Diámetro polea trasmisora

Vel_1 = Velocidad de motor

D_2 = Diámetro polea transmitida

Vel_2 = Velocidad final de mezcla

$$Vel_2 = \frac{D_1 * Vel_1}{D_2}$$

$$Vel_2 = 301.9 \text{ RPM}$$

4.1.5 Selección de materiales de construcción de accesorios

Dada la naturaleza de la operación que se llevará a cabo, y las diferentes sustancias que albergará el reactor se recomienda, utilizar piezas y accesorios, tales como:

- Pernos
- Tornillos
- Eje mezclador
- Deflectores
- Impulsor de mezclado

Que deben ser construidos de acero inoxidable tipo 316, según Robert Perry (Manual del Ingeniero Químico, Sexta edición; Anexo D Cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo E, las aleaciones de acero inoxidable, esta es la que brinda mayor resistencia a la corrosión frente a ciertos elementos químicos; para éste caso nos interesan (ácido acético, ácido clorhídrico, ácido cítrico, ácido fórmico) que son materias primas constantes que están presentes en los productos que se comercializan.

4.1.6 Requerimientos de potencia del agitador

A nivel industrial, se debe considerar la adquisición de motores que brinden la potencia requerida para un fin en particular, ya que una potencia elegida al azar podría bien reflejar un consumo exagerado de energía eléctrica, desperdiciando recursos, o en su defecto no brindar la energía suficiente para su función.

El requerimiento de potencia del agitador, se basa en principios básicos de mecánica de fluidos en mezcla, se ha determinado como función del número de Reynolds cercano al vórtice, la gráfica que correlaciona el número de potencia con el número de Reynolds a diferentes diseños de impulsor (Anexo F) provee información para mezclas con un número de Reynolds hasta 10,000 donde se

evidencia una zona de transición entre flujo laminar y turbulento; para número de Reynolds superiores a 10,000 se cuenta con un flujo absolutamente turbulento.

4.1.6.1 Cálculo de la densidad de la mezcla

$$\rho_{mezcla} = \sum_{i=1}^{i=n} x_i * \rho_i$$

Donde:

$x_i =$ Fracción molar de la sustancia i

$\rho_i =$ Densidad de la sustancia i

$$\rho_{mezcla} = [(0.0335 * 1.02) + (0.068 * 1.02) + (0.0286 * 1.05) + (0.106 * 0.89) + (0.0057 * 0.99) + (0.057 * 1.10) + (0.20 * 0.84) + (0.5012 * 1)]$$

$$\rho_{mezcla} = 0.96544 \frac{gr}{cm^3}$$

$$0.96544 \frac{gr}{cm^3} * \frac{1 Kg}{1000 gr} * \frac{1000000 cm^3}{1 m^3} = 965.44 \frac{Kg}{m^3}$$

4.1.6.2 Cálculo de la viscosidad de la mezcla

$$\mu_{mezcla} = \sum_{i=1}^{i=n} x_i * \mu_i^{1/3}$$

Donde:

$x_i =$ Fracción molar de la sustancia i

$\mu_i =$ Viscosidad de la sustancia i

$$\begin{aligned} \mu_{mezcla} = & \left[0.0335 * (1500)^{\frac{1}{3}} \right] + \left[0.068 * (300)^{\frac{1}{3}} \right] + \left[0.0286 * (400)^{\frac{1}{3}} \right] \\ & + \left[0.1060 * (1.5)^{\frac{1}{3}} \right] + \left[0.0057 * (1.2)^{\frac{1}{3}} \right] + \left[0.057 * (1000)^{\frac{1}{3}} \right] \\ & + \left[0.20 * (1.3)^{\frac{1}{3}} \right] + \left[0.5012 * (1.0)^{\frac{1}{3}} \right] \end{aligned}$$

$$\mu_{mezcla} = 2.4663 \text{ cP}$$

4.1.6.3 Cálculo de número de Reynolds

$$N_{Re} = \frac{(N) * (\rho) * (D')^2}{\mu}$$

Siendo:

$$N = \text{Velocidad de rotación} \left(\frac{\text{Rev}}{\text{Seg}} \right)$$

$$\rho = \text{Densidad de la mezcla} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$D' = \text{Diámetro de la pala} \text{ (m)}$$

$$\mu = \text{Viscosidad de la mezcla} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{seg}} \right)$$

$$N_{Re} = \frac{(5) * (965.44) * (0.42)^2}{0.0024663}$$

$$N_{Re} = 345,261.35$$

Se tiene un flujo turbulento, con número de Reynolds mayor a 10,000 para los cuales las curvas de potencia no se definen, infiriendo que para éste caso el

requerimiento de potencia no depende de la viscosidad de la mezcla –muy baja– teniendo en cambio la constante K_t , que difiere dependiendo del diseño del impulsor (Anexo G) determinadas en base a experiencias y datos recogidos en el texto McCabe, Operaciones Unitarias de la Ingeniería Química; de donde se han recopilado todas las consideraciones de diseño para el presente capítulo.

4.1.6.4 Cálculo de potencia

$$\begin{aligned} \text{Potencia Requerida} &= (K_t) * (N)^3 * (D_{pala})^5 * (\rho) \\ \text{Potencia Requerida} &= (1.27) * (5)^3 * (0.42)^5 * (965.44) \end{aligned}$$

$$\text{Potencia Requerida} = 2,003.02 \text{ Watts} * \frac{1.34 \text{ HP}}{1000 \text{ Watts}} = 2.68 \text{ HP}$$

Se recomienda utilizar un motor de 3 HP de potencia como factor de seguridad.

4.2 Rediseño de impulsores de mezclado en reactores operativos

Mediante la observación in situ, y datos recopilados del proceso de producción en la planta; se ha identificado que, se puede realizar ciertas mejoras en equipos de proceso; por ejemplo, las características de los impulsores de mezclado en reactores (para productos líquido R:01,02,03,04,05) no responde a un diseño específico para el tipo de producto que se prepara en el mismo; teniendo que, estos 5 operan a condiciones aproximadamente iguales (diseño del eje, velocidad de rotación.)

Aunque la planta actualmente opera bajo estas condiciones, se entiende que muchos productos son sujetos de ajustes, dictados por el Departamento de Control de Calidad; se cree que una de las causas podría ser una mezcla inadecuada por aspectos de diseño del mezclador.

4.2.1 Reactores para productos viscosos

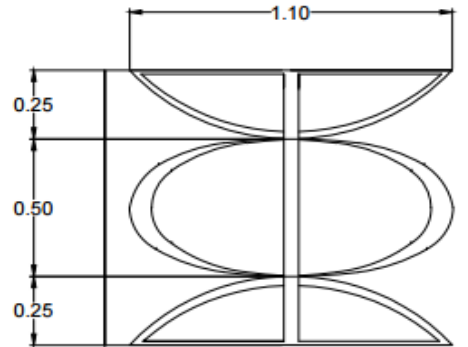
El porcentaje de productos a los que se mide viscosidad como parámetro de calidad es del 22% teniendo un rango de 100 a 400,000 cp.

Como se explica a detalle en el capítulo 3, del presente; los reactores R-01 y 02 operan prácticamente bajo las mismas condiciones, y se destinan indistintamente a los productos con el rango de viscosidad expuesto. Sin embargo como parte de la propuesta, se pretende destinar a cada uno, distintos productos dependiendo sus propiedades.

4.2.1.1 Reactor R-01

Para productos con una viscosidad mayor a 20.000 cp (cremas, gel, pastas) se propone un mezclador de cinta helicoidal, para éste tipo de mezclas se recomienda que las proporciones del agitador sean aproximadas a las del tanque

reservorio; es decir diámetro de impulsor del 80-90% del diámetro de tanque, con un eje mezclador de 2", el diseño de éste impulsor tomando en cuenta dimensiones existentes en el reactor #1, luciría así:



**Fig. 4.5 Diseño de impulsor de mezclador para reactor #1
De La Cruz-Nemer, 2015**

4.2.1.2 Reactor R-02

Dentro de la gama de los productos viscosos, se encuentra los del rango de 100 a 20.000 cp aproximadamente, productos como: jabones para manos, lavavajillas líquidos, desinfectantes viscosos para distintos usos, entre otros.

Las materias primas de estos productos, al reaccionar, generan gran cantidad de espuma, ayudadas por la velocidad de rotación, se propone mitigar la formación de la misma, mediante un mezclador de disco dentado, con agujeros que permitan

el paso del aire, por consiguiente una disminución de espuma al interior del tanque.

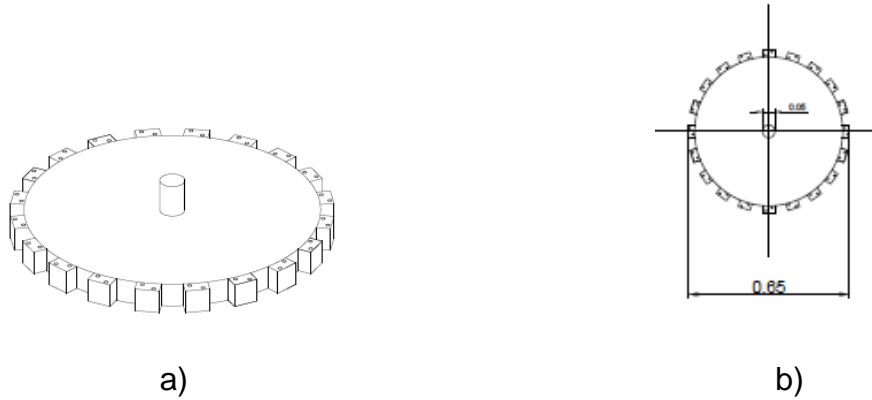


Fig. 4.6 Diseño del impulsor de mezclado para reactor #2; a) vista superior, b) vista frontal
De La Cruz-Nemer, 2015

4.2.2 Reactores para productos no viscosos

A éste grupo corresponden la mayor parte de la producción de la planta, es decir, representa el 71% de todos los productos que se elaboran, debido a esto, se destinan 3 reactores, de los cuales son desengrasantes, desinfectantes para pisos, sanitizantes para área alimenticia; limpiadores en general; cuya viscosidad es menor a 100 cp.

4.2.2.1 Reactor R-03

Tal como se explicó con anterioridad el tanque reservorio de éste reactor ha cumplido su vida útil, ya que es el único reactor que se encuentra operativo desde la época en la que la empresa se proyectaba a aumentar su producción (25 años

aproximadamente) habiendo pasado por múltiples reparaciones en los últimos años –soldadura, rectificación- al momento tiene ciertas fugas y puntos oxidados en el exterior del tanque, sin embargo de aparecer más fisuras en estos puntos, se podrían contaminar los productos.

El diseño y operación del reactor que sustituiría a éste, se detallan en el punto 4.1 del presente capítulo.

4.2.2.2 Reactor R-04

Para el mismo se ha realizado un diseño de una turbina de 6 aspas, el cual acogerá a productos de la gama de: desincrustantes, ambientales, dispersantes; que tienen una viscosidad moderada de hasta 100 cp. El diseño de una turbina de 6 aspas conviene contemplando una mayor resistencia a la turbulencia, con aspas de 4 mm de espesor, y un diámetro total del impulsor de 0.8 m que corresponde al 52% el diámetro total del tanque.

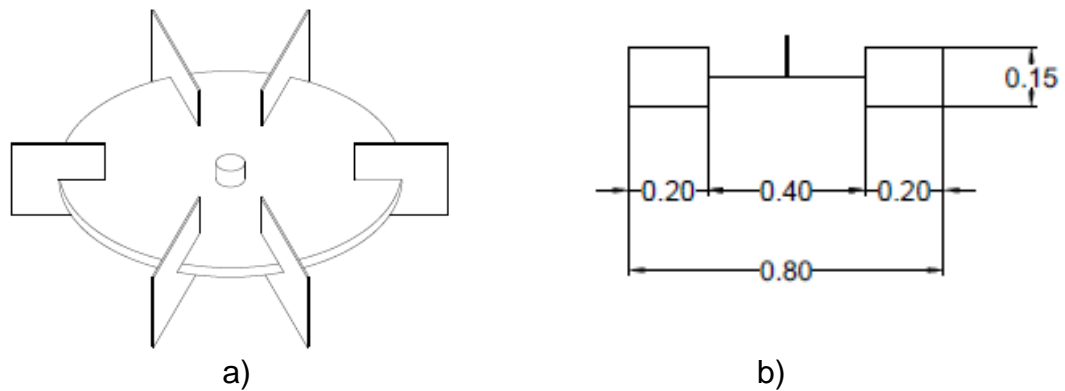


Fig. 4.7 Diseño del impulsor de mezclador de reactor #4; a) vista superior, b) vista frontal
De La Cruz-Nemer, 2015

4.2.2.3 Reactor R-05

Éste es el reactor de menor capacidad de la planta (1486,16 l) se recomienda asignarle productos que contengan solventes en su formulación, donde entrarían los desengrasantes de base acuosa, limpiadores de pinturas, desengrasantes para manos. La viscosidad de estos productos es muy baja – cercana a la del agua- y conviene utilizar un propulsor de 3 aspas, con 35 cm de separación entre sus aspas.

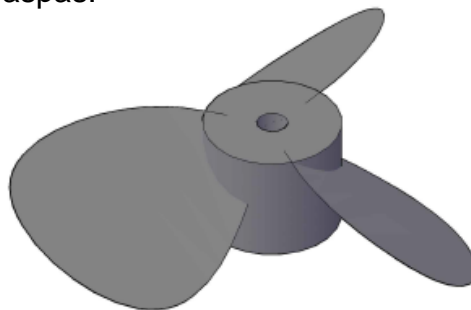


Fig. 4.8 Diseño de mezclador de reactor #5
De La Cruz-Nemer, 2015

4.2.3 Implementación de equipos de medición a reactores

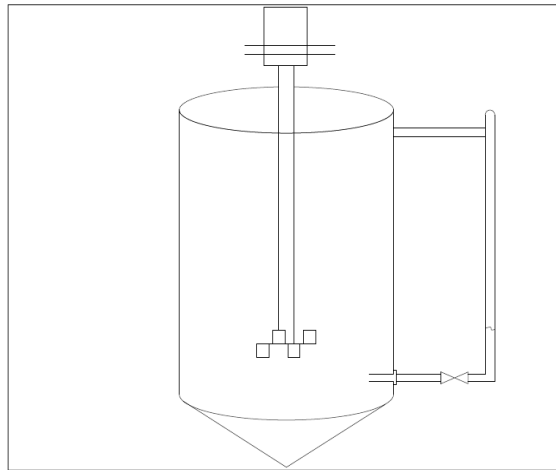
4.2.3.1 Niveles de volumen

Ya que un 35% y 28% de los ajustes de calidad a los productos corresponden a agregar material prima y agua respectivamente, se presume que la causa es que los operadores de los reactores colocan la materia prima en los reactores provenientes de fraccionamiento, y completan el nivel con agua, según su criterio y experiencia, ya que el reactor no cuenta con niveles de volumen visibles.

Para el caso de los reactores de productos no viscosos se desea ubicar adecuadamente los tanques, e implementar el Sistema de vasos comunicantes, que se rige por la Ley de Pascal, quien enuncia “La presión aplicada a un fluido encerrado se transmite sin disminución a todas las partes del fluido y las Paredes del recipiente por consiguiente el nivel dentro del tanque se reflejaría en el exterior, en una manguera acrílica transparente, con lo que se facilitaría la actividad al operador, y se tendría mayor exactitud al colocar el agua que es una materia prima más, se prevé realizar una abertura a unos 20 cm de la base del tanque y colocar una llave de 2” de acero inoxidable al carbón para el paso del material. En la fig.4.9 se ilustra el sistema.

En los reactores donde se preparan productos viscosos en cambio, se propone colocar niveles de volumen directamente en el eje de los mismos –ejes

desmontables- mediante una rotulación por caladura con cuchilla de acero en un torno; ya que aplicar el principio de vasos comunicantes dificultaría la labor, dada la viscosidad de los productos.



**Fig. 4.9 Tanque con Sistema de vasos comunicantes
De La Cruz-Nemer, 2015**

4.2.3.2 Tacómetros

Las determinaciones de las velocidades angulares descritas en el presente se han basado en cálculos teóricos a partir de dimensiones de poleas y en la especificación técnica del fabricante. Frente a esto y en pro de garantizar que la velocidad angular sea la correcta para la operación realizada, se recomienda implementar un tacómetro portátil sin contacto (no toca el eje rotatorio) por láser,

que serviría como instrumento para la medición de las revoluciones a las que giran los reactores; dicho instrumento debe ser calibrado cada seis meses, dado que ese es el tiempo estipulado por la empresa para sus instrumentos de uso frecuente. Se ha realizado la consulta a proveedores en el país sobre éste instrumento; remitiendo una ficha técnica (Anexo H)

4.2.3.3 Temporizadores sonoros

Dado que la planta es operada de manera manual por los asistentes de producción, se propone implementar equipos económicos donde se programe el tiempo que demora la operación de llenado o la de mezcla, en cada uno de los reactores, con el fin de que el operario parametrize sus tiempos de labor, y no se corra el riesgo de que el paso de agua por tubería de llenado exceda en nivel de cada producción; además cada reacción necesita su tiempo de residencia que al momento es decidido según el criterio del operario, y no es medido con exactitud. Se anexa información de un *timer* comercializado en el país (Anexo I)

4.3 Planificación de Producción-Ahorro en Suministro de Agua

Se evidencia un gasto elevado de agua en labores de lavado de reactores, misma que podría ser recuperada para producciones posteriores, mediante una planificación de producción enfocada a recuperarlas.

De acuerdo a la evaluación realizada en el capítulo III del presente, en el cual se ha realizado el análisis de Pareto, corresponden a 82 los productos más demandados, con estos datos y demás proporcionados por la empresa se sabe que un gran porcentaje de los mismos son pedidos enviados a la ciudad de Quito –se produce, y se embarca para ser transportado- cuya demanda no varía en el tiempo. Así mismo estos son demandados por las demás ciudades, es decir que el flujo de salida de estos productos es constante.

Se desea aprovechar esa demanda constante, realizando una producción en cadena de estos productos; es decir si en el año 2014 se evidenció que del producto “A016” se realizaron de 3 a 4 producciones aisladas en el mes, se desea que las mismas se produzcan seguidamente, para ahorrar el agua de lavado y utilizarla mediante la afinidad química de las materias primas utilizadas en dos o 3 productos distintos.

De acuerdo a datos tomados en la limpieza de reactores la cantidad de agua que utilizan para lavar reactores luego de la elaboración de productos viscosos (ejemplo: Y301, S220, B024, A016) es de 92 a 100 litros de agua. Y para el caso de productos líquidos no viscosos (S274, O178, M167) es de 35 a 40 litros de agua; debido a que los reactores producen de acuerdo a la disponibilidad de los mismos según la orden de producción del día.

4.3.1 Clasificación de productos.

Para poder realizar la planificación, se ha realizado un análisis a las materias primas afines entre productos, análisis apoyado con conocimientos de personal de Departamento de Control de Calidad y de Producción, a continuación se resume éste análisis en 2 grupos (viscosos y no viscosos) que a su vez se subdividen en 10 grupos, y se enlistan las propiedades de las materias primas que tienen en común.

Tabla 4.4 Productos Viscosos

Tipo de productos	Nombre de producto	Propiedad	Materias primas en común
Viscosidad	G123	DETERGENTE LÍQUIDO	Estos productos son utilizados para la desinfección de utensilios de cocina a nivel industrial. Tienen en común el uso de soda cáustica en su composición para brindar saponificación y la utilización de ácido sulfónico como tensoactivo. Difieren en sus proporciones y en que el G123 se realiza con color amarillo, lo que no afecta al color del D106 que es verde.
	D106	DETERGENTE LÍQUIDO	
	G122	DETERGENTE LÍQUIDO	Para éste caso, ambos productos son alcalinos, y se realizan con ácido sulfónico como tensoactivo, las aguas de G122 se pueden reutilizar para el S220 ya que ambos productos son de color verde
	S220	DETERGENTE LÍQUIDO	

	G126	LIMPIADOR	Ambos productos son utilizados para la limpieza de superficies brillantes (industria automovilística) se fabrican con soda cáustica como principio activo, y contienen lauryl eter sulfato de sodio como surfactante, a más de un antiespumante en igual proporción.
	C039	LIMPIADOR	
	Y301	LIMPIADOR EN CREMA	Estos productos contienen alrededor de 12 materias primas, cuyos agentes saponificantes son el tripolifisfato de sodio y la soda cáustica en perlas, ambos la única diferencia es que el Y300 contiene D-limonene en su composición, y el primero utiliza una fragancia lavanda, que puede ser enmascarada por el D-limonene, y así utilizar sus aguas de lavado.
	Y300	LIMPIADOR EN CREMA	
	S249	JABON LÍQUIDO	Productos para el aseo de manos en industrias alimenticias cuyos olores son penetrantes (camaroneras, atuneras) en su composición se utiliza metasilicato de sodio para brindar la capacidad de limpieza y ácido sulfónico como surfactante, difieren en fragancia y color únicamente
	S248	JABÓN LÍQUIDO	
	B024	JABÓN LÍQUIDO	Jabones con soda cáustica como agente saponificante, y lauril eter sulfato de sodio en distintas proporciones, como agente surfactante difieren en color y aroma, entendiéndose que los del B024 no es dominante sobre el S246.
	S246	JABÓN LÍQUIDO	

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.5 Productos no Viscosos

Tipo de productos	Clasificación	Propiedad	Materias primas en común
líquidos	B030	DESENGRASANTE	Desengrasantes de base acuosa que tiene solventes en su composición, estos difieren en su proporción, y ya que el B030 no contiene fragancia, se puede reutilizar sus aguas para la producción de S205 que lleva fragancias leves.
	S205	DESENGRASANTE	
	O178	DESENGRASANTE	Limpiadores para área de limpieza de piezas mecánicas, difieren el fragancia y color, el 0179 contiene D-limonene, mientras el O178 fragancia pino, que puede ser enmascarada por la primera
	O179	DESENGRASANTE	
	H133	DESENGRASANTE	Limpiadores con principio activo de hidróxido de potasio, aunque son destinados para distintos usos, contienen las mismas materias primas en distinta proporción.
	R195	REMOVEDOR DE CERAS	
	S201	DESENFECTANTE	Desinfectantes, que incluyen amonios cuaternarios en su composición como agentes microbianos, el S201 contiene agua como vehículo, pudiendo utilizar sus aguas como base para la preparación del M167 que contiene metasilicato de sodio, a más de las materias primas del anterior
	M167	DESINFECTANTE	

De La Cruz-Nemer, 2015

4.3.2 Análisis de Productos tipo “viscoso”

4.3.2.1 Proyección de producción para el año 2015

De acuerdo a la cantidad de veces de producción en el año 2014, que no tuvo variaciones considerables, se prevé para la nueva planificación realizar una producción extra, y para la cantidad de volumen total de producción presentamos un análisis estadísticos que nos muestra la mediana, moda, media, mínimo y máximo los cuales nos sirven como base para verificar el volumen máximo de producción que se realizó durante el año 2014, como se muestra tabla 4.6:

Tabla 4.6 Análisis Estadístico del volumen de producción para D106 y G123

Estadísticos	D106	G123
Media	1840,0	1802,9
Mediana	1840,0	1760,0
Moda	1840,0	1760,0
Desv. típ.	,0	274,9
Varianza	,0	75551,2
Mínimo	1840,0	1760,0
Máximo	1840,0	3520,0

De La Cruz-Nemer, 2015

Con la respectiva evaluación de los reactores como se describe en capítulo III, se determinó que no se está aprovechando el volumen efectivo de reactores (1965.89 litros, para reactores R-01 y 02) por lo que la proyección se ha realizado contemplando que se utilice la capacidad efectiva.

Tabla 4.7 Estimado de producción de los productos D106 y G123

MES	G123				D106			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	4	7040	5	9829,45	4	7360	5	9829
Febrero	3	5280	4	7863,56	4	7360	5	9829
Marzo	3	5280	4	7863,56	3	5520	4	7864
Abril	4	7040	5	9829,45	4	7360	5	9829
Mayo	4	7040	5	9829,45	4	7360	5	9829
junio	3	5280	4	7863,56	4	7360	5	9829
Julio	3	5280	4	7863,56	4	7360	5	9829
Agosto	3	5280	4	7863,56	4	7360	5	9829
Septiembre	4	7040	5	9829,45	5	9200	6	11795
Octubre	5	8800	6	11795,34	2	3680	3	5898
Noviembre	3	5280	4	7863,56	4	7360	5	9829
Diciembre	2	5280	3	5897,67	4	7360	5	9829
Total	41	73920	53	104192,17	46	84640	58	114022
% cantidad de veces de producción	47%				53%			

De La Cruz-Nemer, 2015

Se realiza la proyección para cada uno de los 6 grupos de productos afines; presentándolas a continuación, para calcular el aumento en la productividad de la planta para el año 2015:

Tabla 4.8 Análisis Estadístico del volumen de producción de G122 y S220

Estadísticos	G122	S220
Media	1080,0	1701,2
Mediana	880,0	1760,0
Moda	880,0	1760,0
Desv. típ.	344,8	430,9
Varianza	118902,3	185685,0
Mínimo	440,0	220,0
Máximo	1760,0	3520,0

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.9 Estimado de producción de G122 y S220

MES	G122				S220			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	4	5720	5	9829,45	6	7480	7	13761
Febrero	3	3080	4	7863,56	3	5289	4	7864
Marzo	2	2640	3	5897,67	4	7040	5	9829
Abril	5	4840	6	11795,34	5	7260	6	11795
Mayo	5	4400	6	11795,34	5	8360	6	11795
junio	4	3960	5	9829,45	4	7040	5	9829
julio	4	4400	5	9829,45	6	10560	7	13761
agosto	4	4400	5	9829,45	3	5280	4	7864
septiembre	3	3300	4	7863,56	5	8800	6	11795
octubre	3	4180	4	7863,56	6	10560	7	13761
noviembre	3	2640	4	7863,56	4	7040	5	9829
diciembre	4	3960	5	9829,45	5	10560	6	11795
Totales	44	47520	56	110090	56	95269	68	133681
% cantidad de veces de producción	44%				56%			

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.10 Análisis estadístico del volumen de producción G126 y C039

Estadísticos	C039	G126
Media	403,42	784,35
Mediana	440,00	880,00
Moda	440	880
Desv. típ.	191,203	418,611
Varianza	36558,428	175234,783
Mínimo	220	0
Máximo	882	1760

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.11 Estimado de producción de G126 y C039

MES	G126				C039			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	3	1980	3	5897,67	4	1540	3	5898
Febrero	2	2200	2	3931,78	1	440	2	3932
Marzo	0	0	0	0	1	880	0	0
Abril	2	1760	3	5897,67	3	880	3	5898
Mayo	1	220	0	0	1	440	0	0
junio	3	2640	4	7863,56	3	1320	4	7864
julio	1	1760	0	0	1	882	0	0
agosto	3	1540	3	5897,67	1	440	3	5898
septiembre	3	2200	4	7863,56	3	1100	3	5898
octubre	4	2420	0	0	5	1100	0	0
noviembre	1	1320	4	7863,56	0	0	4	7864
diciembre	0	0	0	0	1	660	0	0
Totales	23	18040	23	45215	24	9682	22	43250
% cantidad de veces de producción	49%				51%			

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.12 Análisis Estadístico del volumen de producción de Y301 y Y300

Estadísticos	Y301	Y300
Media	1100,00	1100,00
Mediana	1100,00	1100,00
Moda	1100	1100
Desv. típ.	,000	,000
Varianza	,000	,000
Mínimo	1100	1100
Máximo	1100	1100

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.13 Estimado de producción Y301 y Y300

MES	Y301				Y300			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	4	4400	4	7863,56	0	0	0	0
Febrero	2	2200	2	3931,78	1	1100	2	1966
Marzo	2	2200	2	3931,78	0	0	0	0
Abril	3	3300	3	5897,67	2	2200	2	3932
Mayo	3	3300	3	5897,67	0	0	0	0
Junio	4	4400	4	7863,56	1	1100	3	1966
Julio	3	3300	3	5897,67	2	2200	0	3932
Agosto	3	3300	3	5897,67	0	0	0	0
Septiembre	3	3300	3	5897,67	1	1100	1	1966
Octubre	4	4400	4	7863,56	0	0	0	0
Noviembre	2	2200	2	3931,78	1	1100	2	1966
Diciembre	3	3300	3	5897,67	0	0	0	0
Total	36	39600	36	70772,04	8	8800	10	15727
% cantidad de veces de producción	81%				19%			

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.14 Análisis estadístico del volumen de producción de S249 y S248

Estadísticos	S249	S248
Media	1169,47	1340,00
Mediana	1100,00	1100,00
Moda	1100	1100
Desv. típ.	208,099	332,986
Varianza	43305,263	110880,000
Mínimo	1100	1100
Máximo	1760	1760

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.15 Estimado de producción de S249 y S248

MES	S249				S248			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	2	2200	3	5897,67	1	1760	2	3932
Febrero	1	1100	1	1965,89	1	1100	0	0
Marzo	2	2200	2	3931,78	0	0	0	0
Abril	1	1100	2	3931,78	2	2200	2	3932
Mayo	3	3300	3	5897,67	0	0	0	0
Junio	1	1100	2	3931,78	2	2200	2	3932
Julio	2	2200	2	3931,78	1	1760	1	1966
Agosto	1	1100	1	1965,89	0	0	1	1966
Septiembre	1	1100	1	1965,89	2	2860	1	1966
Octubre	2	2200	2	3931,78	1	1100	2	3932
Noviembre	2	2860	2	3931,78	0	0	0	0
Diciembre	1	1760	1	1965,89	1	1760	0	0
Total	19	22220	22	43250	11	14740	11	21625
% cantidad de veces de producción	63%				37%			

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.16 Análisis Estadístico de volumen de producción de B024 y S246

Estadísticos	B024	S246
Media	1760,0000	1662,2222
Mediana	1760,0000	1320,0000
Moda	1760,00	1320,00
Desv. típ.	,00000	576,71039
Varianza	,000	332594,872
Mínimo	1760,00	1320,00
Máximo	1760,00	3520,00

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.17 Estimado de producción de B024 y S246

MES	B024				S246			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	6	10560	6	11795,34	2	3520	4	7864
Febrero	4	7040	5	9829,45	2	3080	3	5898
Marzo	1	1760	2	3931,78	1	1760	2	3932
Abril	5	8800	5	9829,45	1	1320	3	5898
Mayo	5	8800	5	9829,45	2	3080	3	5898
Junio	2	3520	3	5897,67	1	1320	2	3932
Julio	4	7040	5	9829,45	3	4840	4	7864
Agosto	3	5280	4	7863,56	2	2640	3	5898
Septiembre	4	7040	5	9829,45	1	1320	2	3932
Octubre	4	7040	5	9829,45	4	5280	5	9829
Noviembre	1	1760	4	7863,56	7	14960	4	7864
Diciembre	1	1760	2	3931,78	1	1760	2	3932
Total	40	70400	51	100260	27	44880	37	74704
% cantidad de veces de producción	60%				40%			

De La Cruz-Nemer, 2015

4.3.3 Análisis de productos “no viscosos”

Tomando en cuenta el análisis estadístico realizado para el volumen de producción, y la capacidad efectiva de reactores para productos no viscosos (1763.3 litros R03 y 04) que debe realizarse para nuevas producciones, se procede a realizar las proyecciones de producción para el año 2015.

4.3.3.1 Proyección de producción para el año 2015

Tabla 4.18 Análisis estadístico de volumen de producción de B030 y S205

Estadísticos	B030	S205
Media	1760,00	1715,76
Mediana	1760,00	1760,00
Moda	1760	1760
Mínimo	1760	300
Máximo	1760	1760

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.19 Estimado de producción B030 y S205

MES	B030				S205			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	4	7040	5	8836,5	3	5280	4	7069
Febrero	2	3520	3	5301,9	2	3520	3	5302
Marzo	3	5280	4	7069,2	2	3520	3	5302
Abril	2	3520	3	5301,9	3	5280	4	7069
Mayo	2	3520	3	5301,9	4	5580	5	8837
Junio	3	5280	4	7069,2	3	5280	4	7069
Julio	3	5280	4	7069,2	1	1760	2	3535
Agosto	3	5280	4	7069,2	3	5280	4	7069
Septiembre	3	5280	4	7069,2	4	7040	5	8837
Octubre	3	5280	4	7069,2	1	1760	2	3535
Noviembre	0	0	1	1767,3	3	5280	4	7069
Diciembre	2	3520	3	5301,9	4	7040	5	8837
Total	30	52800	42	74227	33	56620	45	79529
% cantidad de veces de producción	48%				52%			

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.20 Análisis Estadístico de producción de H133 y R195

Estadístico	H133	R195
Media	1160,00	1430,00
Mediana	1100,00	1430,00
Moda	1100	1100
Mínimo	1100	1100
Máximo	1760	1760

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.21 Estimación de producción de H133 y R195

MES	H133				R195			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	1	1100	2	3534,6	0	0	1	1767
Febrero	1	1100	2	3534,6	2	2860	3	5302
Marzo	1	1100	2	3534,6	0	0	1	1767
Abril	1	1100	2	3534,6	2	2860	3	5302
Mayo	0	0	1	1767,3	1	1100	2	3535
Junio	1	1100	2	3534,6	2	2200	3	5302
Julio	1	1100	2	3534,6	2	2860	3	5302
Agosto	1	1100	2	3534,6	1	1760	2	3535
Septiembre	2	2860	3	5301,9	1	1760	2	3535
Octubre	0	0	1	1767,3	1	1100	2	3535
Noviembre	1	1100	2	3534,6	1	1760	2	3535
Diciembre	1	1100	2	3534,6	1	1760	2	3535
Total	11	12760	23	40648	14	20020	26	45950
% cantidad de veces de producción	44%				56%			

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.22 Análisis estadístico del volumen de producción de O178 y O179

Estadísticos	O178	O179
Media	1825,19	1760,00
Mediana	1760,00	1760,00
Moda	1760	1760
Desv. típ.	338,712	,000
Varianza	114725,926	,000
Mínimo	1760	1760
Máximo	3520	1760

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.23 Estimado de producción de O178 y O179

<i>MES</i>	O178				O179			
	2014		2015		2014		2015	
	<i>Cantidad de producciones</i>	<i>Producción real (kg)</i>	<i>Cantidad de producciones</i>	<i>Estimación</i>	<i>Cantidad de producciones</i>	<i>Producción real (kg)</i>	<i>Cantidad de producciones</i>	<i>Estimación (kg)</i>
Enero	2	3520	3	5201	1	1760	2	3468
Febrero	1	1760	2	3468	1	1760	2	3468
Marzo	4	7040	5	8669	1	1760	2	3468
Abril	1	1760	2	3468		0	1	1734
Mayo	3	5280	4	6935	1	1760	2	3468
Junio	1	1760	2	3468	1	1760	2	3468
Julio	3	5280	4	6935	1	1760	2	3468
Agosto	2	3520	3	5201	1	1760	2	3468
Septiembre	2	3520	3	5201	1	1760	2	3468
octubre	3	5280	4	6935	1	1760	2	3468
noviembre	3	5280	4	6935		0	1	1734
diciembre	2	5280	3	5201	1	1760	2	3468
Total	27	49280	39	67617	10	17600	22	38143
% cantidad de veces de producción	73%				27%			

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.24 Análisis Estadístico de volumen de producción S201 y M167

Estadísticos	Nombre	
	S201	M167
Media	1725,26	1530,00
Mediana	1760,00	1760,00
Moda	1760	1760
Mínimo	1100	660
Máximo	1760	3520

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.25 Estimación de producción S201 y M167

MES	S201				M167			
	2014		2015		2014		2015	
	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación	Cantidad de producciones	Producción real (kg)	Cantidad de producciones	Estimación (kg)
Enero	1	1760	2	3532,6	1	1100	2	3533
Febrero	1	1100	2	3532,6	3	3520	4	7065
Marzo	2	3520	3	5298,9	3	3960	4	7065
Abril	1	1760	2	3532,6	1	1760	2	3533
Mayo	2	3520	3	5298,9	2	2860	3	5299
Junio	1	1760	2	3532,6	1	1760	2	3533
Julio	2	3520	3	5298,9	2	2420	3	5299
Agosto	2	3520	3	5298,9	2	2860	3	5299
Septiembre	1	1760	2	3532,6	2	3520	3	5299
Octubre	2	3520	3	5298,9	2	2860	3	5299
Noviembre	1	1760	2	3532,6	1	1760	2	3533
Diciembre	3	5280	4	7065,2	2	5280	3	5299
Total	19	32780	31	54755	22	33660	34	60054
% cantidad de veces de producción	46%				54%			

De La Cruz-Nemer, 2015

4.3.4 Cálculo de productividad estimada para 2015

Al realizar la planificación con ciertos productos de la mayor demanda se observa que aumenta el volumen de producción mes a mes, en relación al año 2014, éste excedente se obtiene de la cantidad de producción estimada menos la cantidad de producción del año pasado de cada producto, en la tabla 4.26 da un ejemplo para los productos G123 y D106

Tabla 4.26 Cantidad de volumen excedente para el año 2015

MES	G123			D106		
	2014	2015	Cant. Estimada-cant. Real	2014	2015	Cant. Estimada-cant. Real
	Producción real (kg)	Estimación (kg)		Producción real (kg)	Estimación (kg)	
Enero	7040	9829,45	2789	7360	9829	2469
Febrero	5280	7863,56	2584	7360	9829	2469
Marzo	5280	7863,56	2584	5520	7864	2344
Abril	7040	9829,45	2789	7360	9829	2469
Mayo	7040	9829,45	2789	7360	9829	2469
Junio	5280	7863,56	2584	7360	9829	2469
Julio	5280	7863,56	2584	7360	9829	2469
Agosto	5280	7863,56	2584	7360	9829	2469
Septiembre	7040	9829,45	2789	9200	11795	2595
Octubre	8800	11795,34	2995	3680	5898	2218
Noviembre	5280	7863,56	2584	7360	9829	2469
Diciembre	5280	5897,67	618	7360	9829	2469

De La Cruz-Nemer, 2015

Este análisis se realiza para cada uno de los productos “viscosos” y “no viscosos”, a continuación en la tabla 4.27 se muestra el resultado final de excedente de producción para cada mes con relación al año 2014 de todos los productos contemplados en la planificación de producción:

Tabla 4.27 Cantidad de volumen excedente para el año 2015

Mes	Kg
Enero	54218,43
Febrero	44538,51
Marzo	34774,78
Abril	55839,13
Mayo	41952,7
Junio	55436,63
Julio	42224,48
Agosto	49546,24
Septiembre	47878,1
Octubre	42809,88
Noviembre	51945,85
Diciembre	28638,25

De La Cruz-Nemer, 2015

El dato del volumen de producción excedente sirve para verificar si la productividad de la empresa aumenta con la planificación propuesta, se muestra a continuación la proyección de productividad en el año 2015 como se observa en la tabla 4.28

Tabla 4.28 Proyección de productividad de la planta para 2015

Meses	Kilogramos producidos	Productividad (Kg/h-hombre) 2015
Enero	270988,71	192,463572
Febrero	206632,42	146,75598
Marzo	226018,32	160,524375
Abril	257201,72	182,671676
Mayo	244514,13	173,660604
Junio	252248,43	179,153714
Julio	264999,83	188,210107
Agosto	250187,24	177,689801
Septiembre	275559,1	195,709588
Octubre	256565,63	182,219908
Noviembre	246768,85	175,261967
Diciembre	231121,79	164,148999
Promedio	248567,181	176,539191

De La Cruz-Nemer, 2015

Para verificar que existe un aumento en la productividad se realiza una comparación con la productividad del año pasado del cual se obtiene un porcentaje del 14%, como se muestra

Tabla 4.29 Porcentaje Índice de productividad

Productividad 2014 (kg/h-hombre)	154,973532
Productividad 2015 (kg/h-hombre)	176,539191
%Porcentaje	14%

De La Cruz-Nemer, 2015

4.3.5 Disminución en el consumo del agua

Al realizar una relación de propiedades de los productos “viscosos” y “no viscosos” como se detalla anteriormente, tiene como fin no gastar agua en labores de limpieza, sino cargar con materia prima los reactores para una producción subsiguiente de su similar, en la tabla 4.30 se indica la cantidad de agua que se ahorraría en el mes de junio para la proyección de producción en la nueva planificación realizada de los productos “viscosos”, y en la tabla 4.31 se muestra para los productos “no viscosos”, ya que mediante observaciones *in situ* se determinó que en promedio la cantidad de agua para lavar un reactor donde se ha producido una sustancia viscosa, es de 100 Kg, mientras que para no viscosos, es de 40 Kg.

Tabla 4.30 Cantidad agua ahorrada; Junio 2015; productos viscosos

Junio		
Productos	Cantidad de producciones	Cantidad de Agua ahorrada (kg)
G123	4	400
D106	5	
G122	5	500
S220	5	
G126	4	400
C039	4	
Y301	4	400
Y300	3	
S249	2	200
S248	2	
B024	3	300
S246	2	
Total		2200

De La Cruz-Nemer, 2015

Tabla 4.31 Cantidad de agua ahorrada; Junio 2015; productos no viscosos

Junio		
Productos	Cantidad de producciones	Cantidad de agua ahorrada (kg)
B030	4	160
S205	4	
H133	2	80
R195	3	
O178	2	80
O179	2	
S201	2	80
M167	2	
Total		400

De La Cruz-Nemer, 2015

Como puede observarse la cantidad proyectada de agua ahorrada en junio de 2015, resulta 2200kg y 400kg, en productos viscosos y no viscosos respectivamente; con un total de 2600 kg, es decir 2.6 m³ que corresponde al 6,5% de ahorro de agua residual de proceso productivo, en relación al promedio del 2014.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Se ha caracterizado el estado actual de la planta (cualitativa y cuantitativamente) desde su estructura Departamental, enfocándose en el proceso productivo. La eficiencia de la planta se calculó mediante el criterio de estandarizar un tiempo por actividades de todo el proceso, obteniendo una velocidad óptima de producción de 2894,661 *kg/h* en base a la cual se obtuvo una capacidad instalada por mes, y contrastando con la capacidad real de cada mes del año 2014; se obtuvo una Eficiencia de 52%.

Este es un valor por debajo del 65% de donde se evidencia que hay un desaprovechamiento de recursos, crítico.

El cuello de botella se concentra en la aprobación de productos terminados en Departamento de Control de Calidad, obteniendo que entre el 30 al 55% (dependiendo de la viscosidad) del tiempo total de producción corresponde a esta fase del proceso, la razón principal son los ajustes por calidad –la planta cuenta con Certificación ISO 9001- que implican recursos excesivos con el fin de corregirlos. En promedio de la totalidad de la producción del 2014, el 30% de los productos fueron sujetos de ajuste.

Del análisis, se concluye que los ajustes de calidad no se deben a errores en lecturas de balanzas, ya que estas son calibradas cada seis meses, tampoco se deben a que la materia prima no cumple con las especificaciones, pues ésta es analizada de acuerdo a parámetros con rangos muy estrechos que van acorde a la formulación de los productos terminados, por lo tanto la razón principal de ajustes caería en la operación de mezclado, ya que los impulsores de mezclado no responden a un diseño exclusivo, sino que fueron construidos de manera estándar.

La falta de equipos de medición en la operación, se traducen a incertidumbres al momento de indagar, la razón exacta de por qué un producto no llega a sus especificaciones, por eso es crítica la implementación de los mismos.

La proyección de la planificación propuesta para el año 2015, evidencia un aumento del 14% en la productividad de la planta.

El consumo de agua de la planta es aproximadamente 640 m^3 al mes, de los cuales en promedio 40 m^3 corresponde al agua residual del proceso productivo, mediante la planificación de producción y una proyección para el año 2015, se ha tomado como muestra el mes de junio y calculado que se ahorrarían 2.6 m^3 de agua lo que representa el 6,5% del agua residual total.

5.2 Recomendaciones

- El área de producción evidencia ciertas falencias, que se creen aportan en gran parte a una baja eficiencia de 52% por lo que se recomienda contratar un supervisor de producción, ya que los operarios trabajan bajo las órdenes directas de Gerencia.
- A pesar de existir personas encargadas de labores de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional en la planta, una de ellas tiene otras funciones en la empresa, por lo que propone que exista un Departamento individual de Seguridad y salud Ocupacional.
- El control actual de los riesgos a los que están sometidos los trabajadores en la planta, se lleva cada 6 meses mediante la evaluación de tareas; se recomienda que el control sea más seguido, cada 2 meses, para tener un mayor control, no sólo del uso de EPP en el personal, sino de los riesgos inherentes al espacio físico en la planta.
- Una vez que la planta de tratamiento de aguas esté operativa, se recomienda hacer un análisis exhaustivo en un laboratorio Acreditado, al agua tratada para contrastar con La norma Ambiental TULSMA y verificar qué uso se le puede dar, con el fin de que la cantidad sea significativa.

- Mediante éste estudio se ha concluido que son 82 los productos más demandados en la planta, su rotación es constante. Se recomienda que Gerencia se reúna con Departamento de Ventas que se encuentra en el edificio administrativo (Anexo K) para estudiar la posibilidad de promover a los mismos en el Mercado y que se abran camino en provincias a las que aún no se ha llegado, ya que se comprueba con el análisis, que estos cumplen las expectativas del consumidor, porque la venta permanece constante en el tiempo.
- En base a los productos más demandados, se recomienda también hacer un estudio de los demás productos, para, de ser el caso, de que su rotación o venta sea despreciable, eliminarlo de la lista y concentrarse en los demás, o la incursión de nuevos productos que vayan acorde a la línea de la empresa, que en la actualidad sean parte de importaciones, para así contribuir con el cambio de la matriz productiva en el Ecuador.
- Se recomienda implementar el rediseño de los propulsores de mezclado en reactores, y conjuntamente hacer un estudio planificado y paulatino de la cinética de las reacciones para cada producto, para así establecer tiempos de mezclado óptimos.
- Se recomienda que un operario lleve control diario de las velocidades angulares en los motores, por medio del tacómetro propuesto (Anexo H) a

fin de interpretar las variaciones y poder hacerle revisiones a los motores en caso de necesitarlos, así mismo que de ser implementados los tacómetros sean calibrados cada 6 meses, dado que es la frecuencia con la que la empresa calibra sus equipos de uso constante.

- Crear un Departamento de mantenimiento en la planta.
- Entrenar periódicamente al personal de Departamento de producción, para que lleven a cabo procedimiento que impliquen buenas prácticas de manufactura.
- Hacer producciones que impliquen la capacidad efectiva en volumen de los reactores, con el fin de utilizar la capacidad instalada de la planta.

ANEXOS

ANEXO A

CALIBRACIÓN DE BALANZAS



LABORATORIO SUPRAINDUS S.A.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE



LABORATORIO DE METROLOGIA SUPRAINDUS S.A.
Laboratory

NÚMERO: ILM 15 - CC No. 6039
Página 1 de 2

1. DATOS EL CLIENTE - Customer Data

SOLICITANTE - Client: SPARTAN DEL ECUADOR PRODUCTOS QUIMICOS S.A
DIRECCIÓN - Address: km 3.5 VIA DURAN - TAMBO (DURAN)
SOLICITUD DE SERVICIO - Service Request: SS 3007
FECHA DE CALIBRACIÓN - Date Calibrated: 2015-02-27

2. DATOS DEL INSTRUMENTO - Instrument Data

INSTRUMENTO - Instrument: INSTRUMENTO PARA PESAR NO AUTOMÁTICO DIGITAL
FABRICANTE - Manufacturer: TARA SYSTEMS
MODELO | TIPO - Part Number | Type: TR-1-NK
NÚMERO DE SERIE - Serial Number: C1104115
CAPACIDAD MÁXIMA - Maximum Capacity: 2000 kg
RANGO DE MEDICIÓN - Measurement Range: 50 kg - 1500 kg
RESOLUCIÓN - Resolution: 0.5 kg
DESVIACIÓN LINEAL - Linearity Deviation: NO IDENTIFICADO
DESVIACIÓN ESTÁNDAR - Standard Deviation: NO IDENTIFICADO
LUGAR DE CALIBRACIÓN - Calibration Place: PLANTA
UBICACIÓN - Location: PRODUCCION
INVENTARIO | CÓDIGO - Inventory | Code: NO IDENTIFICADO

3. TRABAJO REALIZADO

Para llevar a cabo la calibración del instrumento de pesaje, se realizan las pruebas para determinar la repetitividad de las indicaciones, Los errores de las indicaciones y el efecto en la indicación de la aplicación excéntrica de una carga. La calibración consiste en la aplicación de cargas de prueba al instrumento para pesar bajo condiciones especificadas, determinar el error o variación de la indicación, y estimar la incertidumbre de la medición a ser atribuida a los resultados según la SIM MWG7 / cg-01/V.00.

3.1 METODO Y PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Mediante el método de SUSTITUCIÓN con las pesas patrón se practicaron las pruebas metrologías. Según procedimiento interno ILM - P028, basado en la norma SIM MWG7 / cg-01/V.00.

3.2 TRAZABILIDAD

El Laboratorio de Metrología SUPRAINDUS S.A., asegura que el programa de calibraciones de los patrones e instrumentos de medición propios, se prepara y se aplica de manera que las calibraciones son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los vincula a los pertinentes patrones primarios de las unidades de medida.

3.3 PATRONES UTILIZADOS

Para la operación de calibración se utilizaron pesas patrón clase M1 No. de certificado(s) ILM14-CC5100 calibrado(s) por el Laboratorio Supraindus S.A. (Acreditado por el OAE No. LC C08-009).

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de aprobación otorgadas por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización escrita del laboratorio que lo emite, los resultados consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones, el laboratorio no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado.

This certificate is based in accordance with the conditions of accreditation granted by Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the issuing laboratory; the result of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made, the laboratory does not take responsibility from the improper use of the calibrated objects or this certificate.

PEL-001 V05/06/2 (03/12/04)

FIRMA AUTORIZADA
Authorized signatory

Ing. ANDREY CORTES A.
Director Laboratorio Metrología
Aprobado por - Approved by

FECHA DE EXPEDICIÓN: 2015-03-02
Issue Date



GUAYAQUIL: Saucos II Manzana 113 F Villa 1, Telf.: (04) 2242245 – 2647926 – 0987210361
E-mail: jmprotec-ec@mail.com / labsupraindus@hotmail.com / www.supraindus.com
LABORATORIO DE METROLOGIA ACREDITADO MASA Y BALANZAS NTE INEN ISO / IEC 17025

4. CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales refieren al sitio y momento de la calibración.

TEMPERATURA DEL AIRE:	27,4 °C - 28,1 °C
-----------------------	-------------------

HUMEDAD RELATIVA:	54,8 % - 55,1 %
-------------------	-----------------

5. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre combinada que se reporta es una función del valor a pesar según documento SIM MWG/cg-01/v.00:2009 y para ello se ha tenido en cuenta factores como la desviación estándar, coeficiente por excentricidad, división de escala, división por redondeo en cero, la incertidumbre de los patrones utilizados, deriva, convección y desviación de la densidad en el aire. La incertidumbre expandida reportada de la medición se establece como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k, de tal manera que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente 95%.

6. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Los resultados de la calibración son expresados en las siguientes tablas:

CARGA PREVIA EN kg	
CARGA PREVIA	1000
INDICACIÓN	999,5

VALOR AJUSTE EN kg	
CARGA:	-
INDICACIÓN:	-

EXCENTRICIDAD DE CARGA EN kg	
CARGA= 1/3 (CARGA MÁXIMA)	600
	ΔI_{ecc}
1	600,0
2	600,0
3	600,0
4	600,0
5	599,5
6	600,0

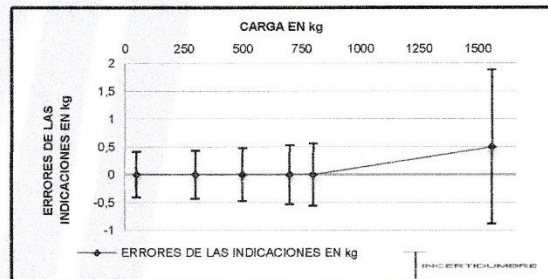
REPETIBILIDAD
DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN kg

Smax= 0

6.1 ERRORES DE LAS INDICACIONES

UNIDAD UTILIZADA: kg

CARGA	INDICACIÓN	ERROR	INCERTIDUMBRE
50	50,0	0,0	0,41
300	300,0	0,0	0,43
500	500,0	0,0	0,47
700	700,0	0,0	0,53
800	800,0	0,0	0,56
1560	1560,5	0,5	1,4



APROXIMACIÓN DE LA LÍNEA RECTA QUE SE CRUZA EN CERO E(R)	INCERTIDUMBRES DE LOS ERRORES APROXIMADOS U(E(R)) k=2
$E(R) \text{ kg} = -0,04 + 0,00013 R$	$U(E(R)) \text{ kg} = 0,41 + 0,00063 R$

La incertidumbre estándar del error de cualquier lectura R, obtenida después de la calibración, se incrementa por la adición de la incertidumbre de la lectura $u^2(R)$.

Incertidumbre de cualquier lectura

$$u^2(R) = \frac{d^2}{6} + S^2(R)$$

Incertidumbre expandida de una pesada

$$U(W^*) = 2\sqrt{u^2(E(R)) + u^2(R)}$$

Errores considerados en la corrección

$$W^* = R - E(R) \pm U(W^*)$$

Donde $u^2(R)$ es la incertidumbre estándar de una lectura, d = división de escala del instrumento S = desviación estándar del usuario, $U(W^*)$ es la incertidumbre expandida de un resultado de pesada y (W^*) es la fórmula completa para un resultado de pesada, la cual es igual a la lectura corregida para el error determinado por calibración.

7. OBSERVACIONES

- El certificado sin las firmas autorizadas no tiene validez.
- Calibrado por: DAVID GOMEZ CH. Asistente Técnico Laboratorio Metrología
- El símbolo de acreditación del OAE, es de uso exclusivo del Laboratorio Supraindus S.A., por lo tanto cualquier uso NO autorizado del símbolo de acreditación, el Laboratorio se reserva el derecho a tomar las acciones legales que considere apropiadas.
- Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.
- Para efectos de una próxima recalibración, se debe solicitar de manera anticipada el servicio al laboratorio.
- El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos a intervalos apropiados.

-Fin del Certificado-



LABORATORIO SUPRAININDUS S.A.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE



LABORATORIO DE METROLOGIA SUPRAININDUS S.A.
Laboratory

NÚMERO: ILM 15 - CC - No. 6038
Página 1 de 2

1. DATOS EL CLIENTE - Customer Data

SOLICITANTE - Client: SPARTAN DEL ECUADOR PRODUCTOS QUIMICOS S.A.
DIRECCIÓN - Address: km 3,5 VÍA DURAN - TAMBO (DURAN)
SOLICITUD DE SERVICIO - Service Request: SS 3007
FECHA DE CALIBRACIÓN - Date Calibrated: 2015-02-27

2. DATOS DEL INSTRUMENTO - Instrument Data

INSTRUMENTO - Instrument: INSTRUMENTO PARA PESAR NO AUTOMÁTICO DIGITAL
FABRICANTE - Manufacturer: METTLER TOLEDO
MODELO | TIPO - Part Number | Type: WILDCAT
NÚMERO DE SERIE - Serial Number: 00035718CK
CAPACIDAD MÁXIMA - Maximum Capacity: 300 kg
RANGO DE MEDICIÓN - Measurement Range: 10 kg - 300 kg
RESOLUCIÓN - Resolution: 0,1 kg
DESVIACIÓN LINEAL - Linearity Deviation: NO IDENTIFICADO
DESVIACIÓN ESTÁNDAR - Standard Deviation: NO IDENTIFICADO
LUGAR DE CALIBRACIÓN - Calibration Place: PLANTA
UBICACIÓN - Location: PRODUCCIÓN
INVENTARIO | CÓDIGO - Inventory | Code: NO IDENTIFICADO

3. TRABAJO REALIZADO

Para llevar a cabo la calibración del instrumento de pesaje, se realizan las pruebas para determinar la repetibilidad de las indicaciones. Los errores de las indicaciones y el efecto en la indicación de la aplicación excéntrica de una carga. La calibración consiste en la aplicación de cargas de prueba al instrumento para pesar bajo condiciones especificadas, determinar el error o variación de la indicación, y estimar la incertidumbre de la medición a ser atribuida a los resultados según la SIM MWG7 / cg-01/V.00.

3.1 METODO Y PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

Mediante el método de COMPARACIÓN con las pesas patrón se practicaron las pruebas metrológicas. Según procedimiento interno ILM - P028, basado en la norma SIM MWG7 / cg-01/V.00.

3.2 TRAZABILIDAD

El Laboratorio de Metrología SUPRAININDUS S.A., asegura que el programa de calibraciones de los patrones e instrumentos de medición propios, se prepara y se aplica de manera que las calibraciones son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los vincula a los pertinentes patrones primarios de las unidades de medida.

3.3 PATRONES UTILIZADOS

Para la operación de calibración se utilizaron pesas patrón clase M1 No. de certificado(s) ILM14-CC5100 calibrado(s) por el Laboratorio Supraindus S.A. (Acreditado por el OAE No. LC 008-009).

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by the Organismo de Acreditación Ecuadoriana (OAE). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the issuing laboratory; the result of this certificate is for the object of calibration; of the conditions in which the measurements were made; the laboratory does not take responsibility for the inadequate use of the calibrated objects or this certificate.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by Organismo de Acreditación Ecuadoriana (OAE). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the issuing laboratory; the result of this certificate is for the object of calibration; of the conditions in which the measurements were made; the laboratory does not take responsibility for the inadequate use of the calibrated objects or this certificate.

Nota del estándar (página 2 de 2)

FIRMA AUTORIZADA.
Authorized signatory

Ing. ANDREY CORTES A.

Director Laboratorio Metrología

Aprobado por - Approved by

FECHA DE EXPEDICIÓN: 2015-03-02
Issue Date



GUAYAQUIL: Sauces II Manzana 113 F Villa 1, Telf.: (04) 2242245 – 2647926 – 0987210361
E-mail: improtec-ec@mail.com / labsupraindus@hotmail.com / www.supraindus.com
LABORATORIO DE METROLOGIA ACREDITADO MASA Y BALANZAS NTE INEN ISO / IEC 17025

4. CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales refieren al sitio y momento de la calibración.

TEMPERATURA DEL AIRE:	25,2 °C - 26,9 °C	HUMEDAD RELATIVA:	53,9 % - 54,1 %
-----------------------	-------------------	-------------------	-----------------

5. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre combinada que se reporta es una función del valor a pesar según documento SIM MWG/09-01/N.00.2009 y para ello se ha tenido en cuenta factores como la desviación estándar, coeficiente por excentricidad, división de escala, división por redondeo en cero, la incertidumbre de los patrones utilizados, deriva, convección y desviación de la densidad en el aire. La incertidumbre expandida reportada de la medición se establece como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k, de tal manera que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente 95%.

6. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Los resultados de la calibración son expresados en las siguientes tablas:

CARGA PREVIA EN kg	
CARGA PREVIA	200
INDICACIÓN	200,0
VALOR AJUSTE EN kg	
CARGA	-
INDICACIÓN	-

EXCENTRICIDAD DE CARGA EN kg	
CARGA 100 (CARGA MÁXIMA)	100
1	100,0
2	100,0
3	100,0
4	100,0
5	100,1
6	100,0

REPETIBILIDAD DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN kg	
S _{max}	0,05

6.1 ERRORES DE LAS INDICACIONES

UNIDAD UTILIZADA: kg

CARGA	INDICACIÓN	ERROR	INCERTIDUMBRE
10	10,0	0,0	0,14
50	50,0	0,0	0,14
100	100,0	0,0	0,15
150	150,0	0,0	0,16
200	200,0	0,0	0,16
300	300,0	0,0	0,22



APROXIMACIÓN DE LA LÍNEA RECTA QUE SE CRUZA EN CERO EN	INCERTIDUMBRES DE LOS ERRORES APROXIMADOS (ENIG) A=2
$E(R) \text{ kg} = 0 + 0 R$	$U(E(R)) \text{ kg} = 0,002 + 0,00046 R$

La incertidumbre estándar del error de cualquier lectura R, obtenida después de la calibración, se incrementa por la adición de la incertidumbre de la lectura $u^2(R)$.

Incertidumbre de cualquier lectura

$$u^2(R) = \frac{d^2}{6} + S^2(R)$$

Incertidumbre expandida de una pesada

$$U(W') = 2 \sqrt{u^2(E(R)) + u^2(R)}$$

Errores considerados en la corrección

$$W' = R - E(R) \pm U(W')$$

Donde $u^2(R)$ es la incertidumbre estándar de una lectura, d = división de escala del instrumento, S = desviación estándar del usuario, $U(W')$ es la incertidumbre expandida de un resultado de pesada y (W') es la fórmula completa para un resultado de pesada, la cual es igual a la lectura corregida para el error determinado por calibración.

7. OBSERVACIONES

- 7.1. El certificado sin las firmas autorizadas no tiene validez
- 7.2. Calibrado por: DAVID GOMEZ CH, Asistente Técnico Laboratorio Metrología
- 7.3. El símbolo de acreditación del OAE, es de uso exclusivo del Laboratorio Supraindus S.A., por lo tanto cualquier uso NO autorizado del símbolo de acreditación, el Laboratorio se reserva el derecho a tomar las acciones legales que considere apropiadas.
- 7.4. Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.
- 7.5. Para efectos de una próxima recalibración, se debe solicitar de manera anticipada el servicio al laboratorio.
- 7.6. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos a intervalos apropiados.

-Fin del Certificado-



LABORATORIO SUPRAINDUS S.A.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE



LABORATORIO DE METROLOGÍA SUPRAINDUS S.A.
 Laboratory

NÚMERO: ILM 15 - CC No. 6121
 Página 1 de 2

1. DATOS DEL CLIENTE - Customer Data

SOLICITANTE - Client: SPARTAN DEL ECUADOR PRODUCTOS QUÍMICOS S.A.
 DIRECCIÓN - Address: km 3,5 VÍA DURAN - TAMBO (DURAN)
 SOLICITUD DE SERVICIO - Service Request: SS 3007
 FECHA DE CALIBRACIÓN - Date Calibrated: 2015-03-11

2. DATOS DEL INSTRUMENTO - Instrument Data

INSTRUMENTO - Instrument: INSTRUMENTO PARA PESAR NO AUTOMÁTICO DIGITAL
 FABRICANTE - Manufacturer: TARA
 MODELO | TIPO - Part Number | Type: TR-1NX
 NÚMERO DE SERIE - Serial Number: C1104111
 CAPACIDAD MÁXIMA - Maximum Capacity: 2000 kg
 RANGO DE MEDICIÓN - Measurement Range: 0 kg - 1430,5 kg
 RESOLUCIÓN - Resolution: 0,5 kg
 DESVIACIÓN LINEAL - Linearity Deviation: NO IDENTIFICADO
 DESVIACIÓN ESTÁNDAR - Standard Deviation: NO IDENTIFICADO
 LUGAR DE CALIBRACIÓN - Calibration Place: PLANTA
 UBICACIÓN - Location: PRODUCCIÓN
 INVENTARIO | CÓDIGO - Inventory | Code: NO IDENTIFICADO

3. TRABAJO REALIZADO

Para llevar a cabo la calibración del instrumento de pesaje, se realizan las pruebas para determinar la repetibilidad de las indicaciones, los errores de las indicaciones y el efecto en la indicación de la aplicación excéntrica de una carga. La calibración consiste en la aplicación de cargas de prueba al instrumento para pesar bajo condiciones especificadas, determinar el error o variación de la indicación, y estimar la incertidumbre de la medición a ser atribuida a los resultados según la SIM MWG7 / cg-01/V.00.

3.1 MÉTODO Y PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Mediante el método de SUSTITUCIÓN con las pesas patrón se practicaron las pruebas metrológicas. Según procedimiento interno ILM - P028, basado en la norma SIM MWG7 / cg-01/V.00.

3.2 TRAZABILIDAD

El Laboratorio de Metrología SUPRAINDUS S.A., asegura que el programa de calibraciones de los patrones e instrumentos de medición propios, se prepara y se aplica de manera que las calibraciones son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los vincula a los pertinentes patrones primarios de las unidades de medida.

3.3 PATRONES UTILIZADOS

Para la operación de calibración se utilizaron pesas patrón clase M1 No. de certificado(s) ILM14-CC5100 calibrado(s) por el Laboratorio Supraindus S.A. (Acreditado por el OAE No. LC C08-008).

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de aprobación otorgada por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización escrita del laboratorio que lo emite. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones, el laboratorio no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the issuing laboratory; the result of this certificate is for the object of calibration, of the conditions in which the measurements were made, the laboratory does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate.

P02-001 10/00/07 2/014 12-06

FIRMA AUTORIZADA.
Authorized signatory

Ing. ANDREY CORTES A.
 Director Laboratorio Metrología
 Aprobado por - Approved by

FECHA DE EXPEDICIÓN: 2015-03-18
 Issue Date



GUAYAQUIL: Saucos II Manzana 113 F Villa 1, Telf.: (04) 2242245 – 2647926 – 0987210361
E-mail: improtec-ec@mail.com / labsupraindus@hotmail.com / www.supraindus.com
LABORATORIO DE METROLOGÍA ACREDITADO MASÁ Y BALANZAS NTE INEN ISO / IEC 17025

4. CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales refieren al sitio y momento de la calibración.

TEMPERATURA DEL AIRE: 27,8 °C - 28,9 °C	HUMEDAD RELATIVA: 54,1 % - 54,9 %
---	-----------------------------------

5. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre combinada que se reporta es una función del valor a pesar según documento SIM/MNG/kg-01/v.00.2009 y para ello se ha tenido en cuenta factores como la desviación estándar, coeficiente por excentricidad, división de escala, división por redondeo en cero, la incertidumbre de los patrones utilizados, deriva, corrección y desviación de la densidad en el aire. La incertidumbre expandida reportada de la medición se establece como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k, de tal manera que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente 95%.

6. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Los resultados de la calibración son expresados en las siguientes tablas:

CARGA PREVIA EN kg	
CARGA PREVIA	700
INDICACIÓN	700,0
VALOR AJUSTE EN kg	
CARGA	-
INDICACIÓN	-

EXCENTRICIDAD DE CARGA EN kg	
CARGA (T)	500
CARGA (MÁS/ME)	5 kg
500,0	0,0
500,0	0,0
500,0	0,0
500,0	0,0
500,0	0,5
500,0	0,0
500,0	0,0

REPETIBILIDAD DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN kg	
S _{max}	0

6.1 ERRORES DE LAS INDICACIONES

UNIDAD UTILIZADA: kg

CARGA	INDICACIÓN	ERROR	INCERTIDUMBRE
0	0,0	0,0	0,41
100	100,0	0,0	0,41
300	300,0	0,0	0,44
500	500,0	0,0	0,50
720	720,0	0,0	0,58
1439,5	1439,0	-0,5	1,4



APROXIMACIÓN DE LA LÍNEA RECTA CON SU CROMA MÁXIMO EN kg	INCERTIDUMBRES DE LAS LECTURAS APROXIMADAS EN kg
$E(R) \text{ kg} = 0,03 - 0,00014 R$	$U(E(R)) \text{ kg} = 0,41 + 0,00071 R$

La incertidumbre estándar del error de cualquier lectura R , obtenida después de la calibración, se incrementa por la adición de la incertidumbre de la lectura $u^2(R)$.

Incertidumbre de cualquier lectura

$$u^2(R) = \frac{d^2}{6} + S^2(R)$$

Incertidumbre expandida de una pesada

$$U(W) = 2\sqrt{u^2(E(R)) + u^2(R)}$$

Errores considerados en la corrección

$$W' = R - E(R) \pm U(W')$$

Donde $u^2(R)$ es la incertidumbre estándar de una lectura, d división de escala del instrumento S = desviación estándar del usuario. $U(W)$ es la incertidumbre expandida de un resultado de pesada y (W') es la fórmula completa para un resultado de pesada, la cual es igual a la lectura corregida para el error determinado por calibración.

7. OBSERVACIONES

- El certificado sin las firmas autorizadas no tiene validez.
- Calibrado por: DAVID GOMEZ CH, Asistente Técnico Laboratorio Metrología
- El símbolo de acreditación del OAE, es de uso exclusivo del Laboratorio Suprainus S.A., por lo tanto cualquier uso NO autorizado del símbolo de acreditación, el Laboratorio se reserva el derecho a tomar las acciones legales que considere apropiadas.
- Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.
- Para efectos de una próxima recalibración, se debe solicitar de manera anticipada el servicio al laboratorio.
- El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos a intervalos apropiados.

-Fin del Certificado-

ANEXO B

FICHA TÉCNICA ACERO INOXIDABLE TIPO 430

Ulbrinox

FICHA TÉCNICA
ACERO INOXIDABLE 430

ESTANDARES APLICABLES: ASTM A-240, UNS S43000, AMS5503

EQUIVALENTES: DIN: 1.4016, X8Cr17
JIS: SUS430

430	COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)					
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Otros
	0.12 max	1.0 max	1.0 max	16.0-18.0	0.75 max	P 0.040 max, S 0.030 max

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS

PROPIEDAD						
DENSIDAD 7.90 g/cm ³ (0.285 lb/plg ³)						

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS

TEMPER	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	RESISTENCIA DE CEDENCIA AL CARGA	ELONGACIÓN (T) % L	DUREZA TÍPICA		
ANNEALED	85 KSI min (450 MPa min)	30 KSI min (205 MPa min)	22 min	80 Rb max		

NOTA: La dureza es únicamente una guía, la RT y RC son las propiedades mandatorias

CARACTERÍSTICAS

El tipo 430 es un acero inoxidable ferrítico con moderada resistencia a la corrosión y al calor, el 430 no es endurecible por tratamiento térmico, es magnético y tiene una buena ductilidad; puede ser formado fácilmente.

APLICACIONES

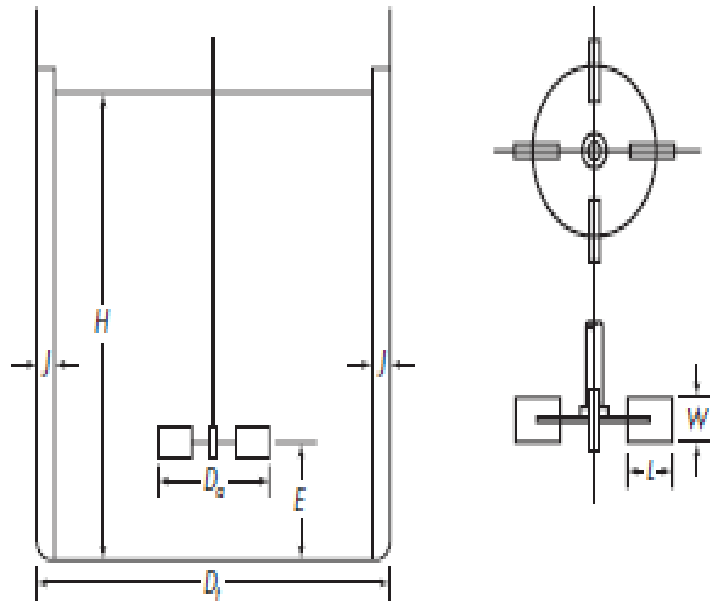
Aplicaciones arquitectónicas, partes automotrices, monedas, utensilios de cocina, pernos y tornillos, equipo para procesamiento de alimentos, partes para quemadores, partes electrónicas y aplicaciones en general que requieran una moderada resistencia a la corrosión y oxidación.

www.ulbrinox.com

ANEXO C

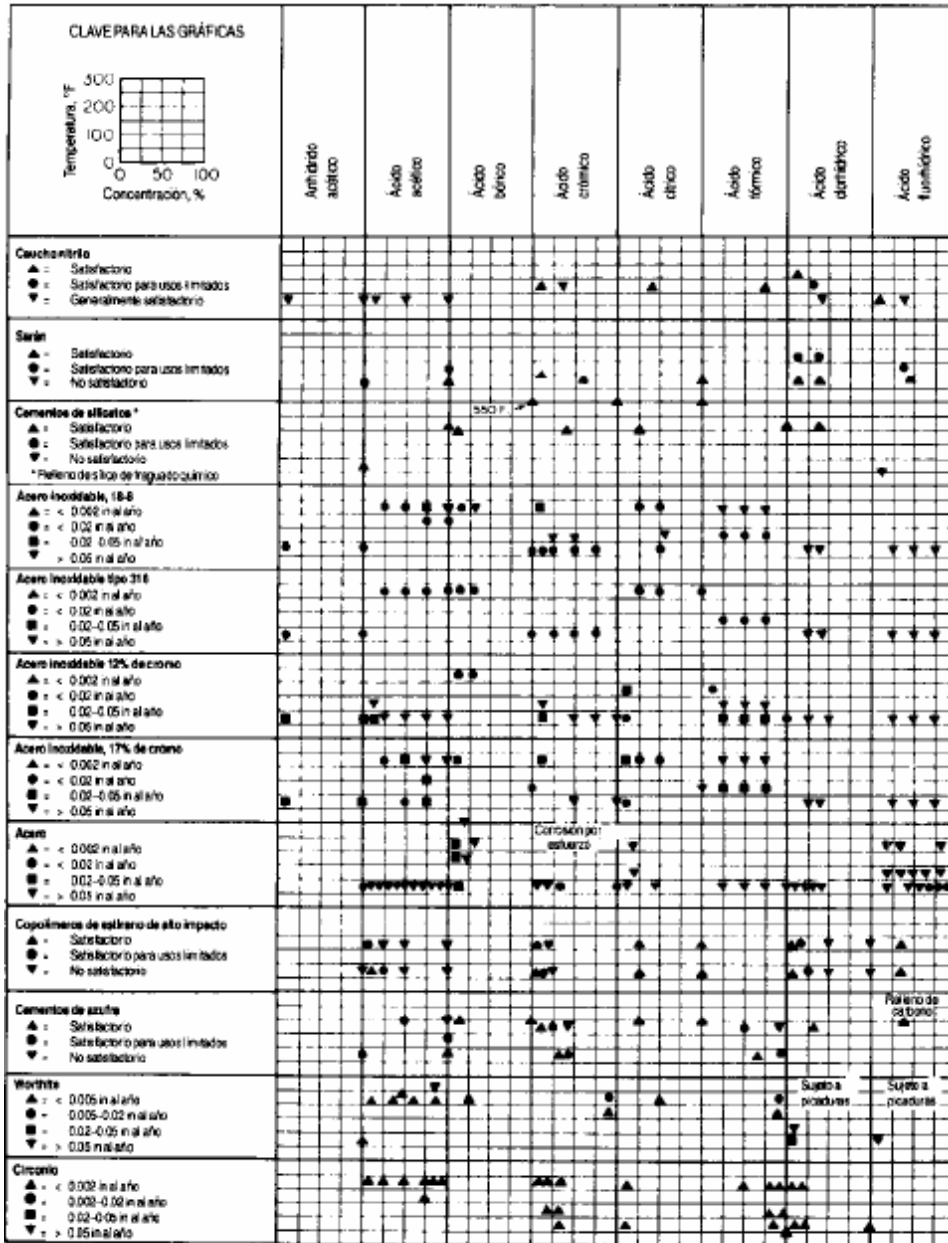
CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE TURBINAS

$$\frac{D_s}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad \frac{j}{D_t} = \frac{1}{12}$$
$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{W}{D_s} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{D_s} = \frac{1}{4}$$



ANEXO D


DETALLE PARA LA SELCCIÓN DE MATERIALES



*Para convertir pulgadas en milímetros, multiplíquese por 25.4.

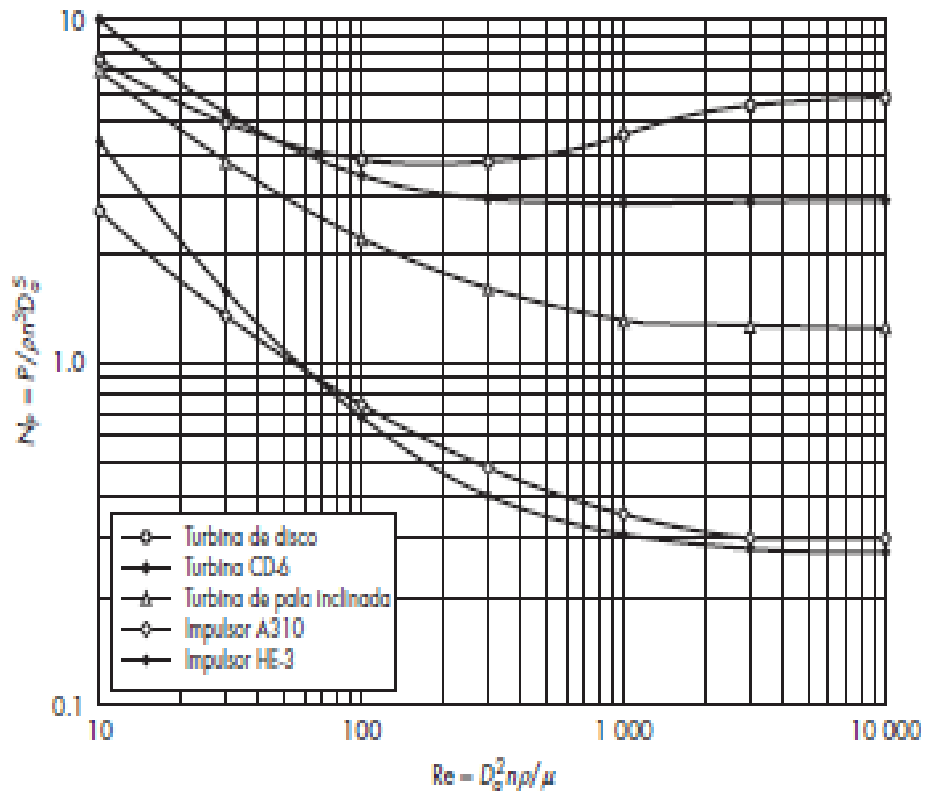
ANEXO E

FICHA TÉCNICA ACERO INOXIDABLE TIPO 316

		FICHA TÉCNICA ACERO INOXIDABLE 316-L					
		ESTÁNDARES APLICABLES: ASTM A-240, ASTM A-666, UNS S31603, AMS5507					
		EQUIVALENTES: DIN: 1.4404, X2CrNiMo18-10 JIS: SUS316L					
316-L	COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Otros
	0.03 max	2.0 max	0.75 max	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	P 0.045 max, S 0.030 max, N 0.10 max
PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS							
DENSIDAD							
8.02 g/cm ³ (0.290 lb/in ³)							
PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS							
TEMPER.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	RESISTENCIA DE CISELADA (0.2%)	ELONGACIÓN (%)	DUREZA TÍPICA			
ANNEALED	70 KSI mín (485 MPa mín)	25 KSI mín (170 MPa mín)	40 mín	95 Rb max			
1/16 H	85 KSI mín (585 MPa mín)	45 KSI mín (310 MPa mín)	35 mín				
1/8 H	100 KSI mín (690 MPa mín)	55 KSI mín (380 MPa mín)	25 mín				
1/4 H	125 KSI mín (860 MPa mín)	75 KSI mín (515 MPa mín)	8% mín				
1/2 H	150 KSI mín (1035 MPa mín)	110 KSI mín (760 MPa mín)	5% < 0.015" 8% ≥ 0.015"				
<small>NOTA: La dureza es únicamente una guía, la RT y RC son las propiedades mandatorias</small>							
CARACTERÍSTICAS							
El tipo 316L es un acero inoxidable al Cr-Ni con similar resistencia a la corrosión que el tipo 316 pero con resistencia a la corrosión intergranular para aplicaciones de soldadura.							
APLICACIONES							
Aplicaciones para equipos de procesos químicos, tanques de almacenaje y transportación, tubos para procesos químicos, procesamiento de alimentos, refinación de aceites, procesamiento de papel, equipos de industria farmacéutica, partes para la industria textil, aplicaciones marítimas, mangueras flexibles.							
www.ulbrinox.com							

ANEXO F

GRÁFICA DE CORRELACIÓN DE POTENCIA



ANEXO G

FÓRMULAS DISEÑO DE IMPULSOR

Para números de Reynolds bajos, las líneas de N_p contra Re coinciden para un tanque con o sin placas deflectoras, y la pendiente de la línea en coordenadas logarítmicas es -1 . Por lo tanto,

$$N_p = \frac{K_L}{Re}$$

Efecto de la anchura y la holgura sobre el consumo de potencia de turbinas de seis palas de 45° ^{18,42}

$W/D_0, S_4$	Holgura (espacio libre entre las palas), S_2	K_T
0.3	0.33	2.0
0.2	0.33	1.63
0.2	0.25	1.74
0.2	0.17	1.91

ANEXO H

FICHA TÉCNICA DE TACOMETRO



Ficha técnica del tacómetro por láser PCE-DT 65

Rango de medición láser-óptico	2 ... 99999 r.p.m.
Rango de medición mecánico	2 ... 20000 r.p.m
Resolución	0,1 r.p.m. en el rango 2,0 ... 9999,9 r.p.m 1 r.p.m. en el rango 10000 ... 99999 r.p.m.
Precisión	± 0,05 % del valor de medición de revoluciones ± 1 dígito
Distancia de medición	50 ... 500 mm
Memoria	10 valores de medición
Alimentación	1 x batería de 9 V / alimentación externa 6 V
Temperatura operativa	0 ... 50 °C
Carcasa	plástico ABS
Pantalla	LCD, 5 dígitos, 22 mm de altura
Dimensiones	160 x 60 x 42 mm
Peso	200 g

Imágenes de uso del tacómetro por láser PCE-DT 65



El tacómetro por láser en una medición sin contacto



El tacómetro por láser en una medición con contacto



El tacómetro por láser en una medición con contacto en una cinta transportadora.



El tacómetro por láser en una medición sin contacto en una taladradora.

PCE Ibérica S.L. | Mayor 53 - Bajo | 02500 Tobarra (Albacete)
Tel: +34 987 543 548 | Fax: +34 987 543 542 | Email: info@pce-iberica.es
<http://www.pce-iberica.es/>

ANEXO I

FICHA TÉCNICA DEL CRONÓMETRO



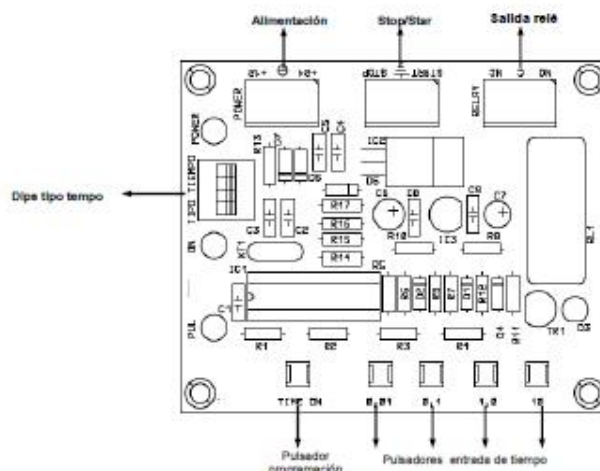
TEMPORIZADOR DIGITAL 1 TIEMPO PROGRAMABLE CON PULSADORES I-301

CARACTERISTICAS TECNICAS

Alimentación.....	12/24V CC
Consumo Máximo.....	65 mA
Salida relé/Carga máxima.....	230V/3A máx.
Tiempo mínimo.....	0,1 segundo
Tiempo máximo.....	11.930 horas (497 días)
Fuente recomendada.....	FE-103
Medidas.....	57 x 72 x 26 mm.
Peso.....	59 gr.
Carri Din, opcional.....	C-7566

CARACTERISTICAS GENERALES

Dispone de 14 modos de funcionamiento
 Dispone escala tiempo ajustable de 0,1 seg a 11930 horas
 Led POWER encendido cuando el temporizador esta alimentado
 Led D3 encendido cuando el relé esta activado
 Led PUL se enciende al pulsar las teclas de tiempo al programar
 Led ON se enciende durante la programación del tiempo
 Dips TIPO TIEMPO para seleccionar el modelo temporizador que desea
 Pulsador TIME ON para entrar / salir modo programación tiempo
 Pulsadores 0,1 / 1 / 10 / 100 segundos para entrar el tiempo de trabajo
 Entrada Pulsador STAR permite el arranque del temporizador (según modelos)
 Entrada Pulsador RESET permite parar el temporizador en cualquier momento
 Salida RELAY con contactos Abierto/cerrado libres de tensión



ANEXO J

TOMA DE DATOS *IN SITU*

Reactor 1													
Actividad	Productos										Tiempo total	Tiempo Promedio	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Búsqueda y fraccionamiento de materia prima	60	50	50	100	60	80	50	55	110	100	715	71,5	20%
Espera Montacarga y transporte de material	50	30	30	30	25	25	25	35	30	40	320	32	9%
Carga y/o Mezcla del reactor	50	100	60	45	90	60	45	120	100	65	735	73,5	21%
Aprobación de producto en proceso	175	230	180	120	240	240	80	125	200	180	1770	177	50%
TOTAL												354	

Reactor 2													
Actividad	Productos										Tiempo total	Tiempo Promedio	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Búsqueda y fraccionamiento de la materia prima	70	60	110	120	45	90	60	100	65	40	760	76	21%
Espera Montacarga y transporte de material	20	25	25	25	25	20	30	25	45	20	260	26	7%
Carga y/o Mezcla del reactor	60	45	100	80	90	30	40	50	100	30	625	62,5	17%
Aprobación de producto en proceso	480	240	120	60	380	120	180	60	90	240	1970	197	54%
TOTAL												361,5	

Reactor 3													
Actividad	Productos										Tiempo total	Tiempo Promedio	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Búsqueda y fraccionamiento de materia prima	55	40	30	25	50	60	35	40	60	65	460	46	20%
Espera Montacarga y transporte de material	30	20	30	25	25	20	25	25	20	25	245	24,5	10%
Carga y/o Mezcla del reactor	50	100	60	50	30	42	70	25	100	80	607	60,7	26%
Aprobación de producto en proceso	120	80	60	280	60	30	80	80	180	65	1035	103,5	44%
TOTAL												234,7	

Reactor 4													
Actividad	Productos										Tiempo total	Tiempo Promedio	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Búsqueda y fraccionamiento la materia prima	40	60	50	35	100	65	70	42	30	55	547	54,7	22%
Espera Montacarga y transporte de material	30	30	15	20	25	30	13	15	20	30	228	22,8	9%
Carga y/o Mezcla del reactor	100	45	65	80	30	25	78	65	80	37	605	60,5	25%
Aprobación de producto en proceso	120	60	80	75	210	120	83	80	60	180	1068	106,8	44%
TOTAL												244,8	

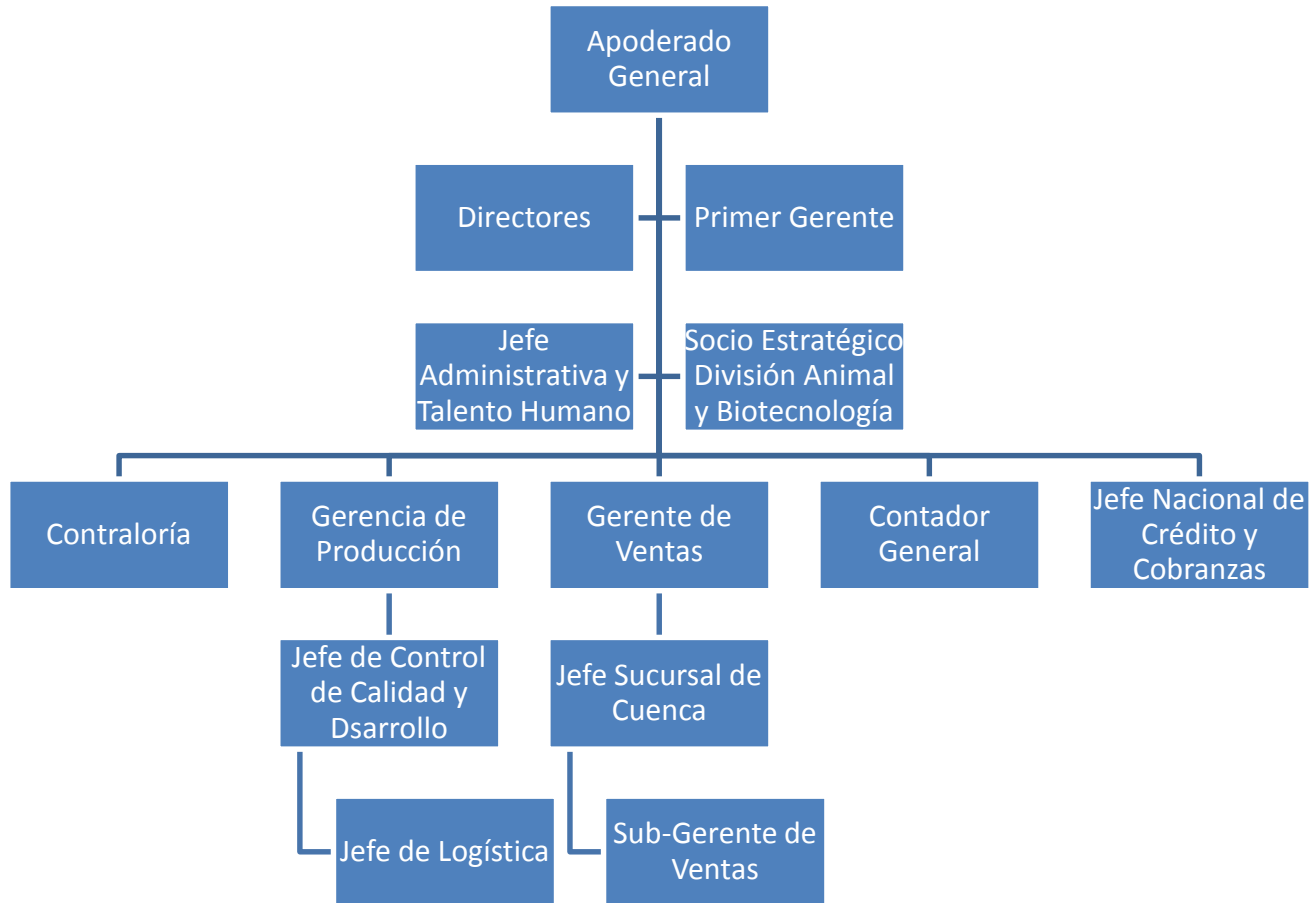
Reactor 5													
Actividad	Productos										Tiempo total	Tiempo Promedio	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Búsqueda y fraccionamiento de materia prima	58	80	100	35	90	40	25	40	60	55	583	58,3	24%
Espera Montacarga y transporte de material	30	25	30	20	30	25	30	20	35	20	265	26,5	11%
Carga y/o Mezcla del reactor	50	65	40	25	37	100	90	35	68	43	553	55,3	23%
Aprobación de producto en proceso	60	110	60	140	120	90	60	140	180	80	1040	104	43%
TOTAL												244,1	

Reactor 6													
Actividad	Productos										Tiempo total	Tiempo Promedio	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Búsqueda y fraccionamiento de materia prima	35	40	25	60	35	20	48	63	45	70	441	44,1	22%
Espera Montacarga y transporte de material	15	10	13	22	10	25	30	18	9	28	180	18	9%
Carga y/o Mezcla del reactor	20	30	15	38	28	18	15	25	35	20	244	24,4	12%
Aprobación de producto en proceso	105	155	150	80	120	100	160	65	90	105	1130	113	57%
TOTAL												199,5	

Reactor 7													
Actividad	Productos										Tiempo total	Tiempo Promedio	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Búsqueda y fraccionamiento de materia prima	35	15	40	20	36	45	25	50	60	25	351	35,1	26%
Espera Montacarga y transporte de material	20	22	22	15	20	24	20	21	20	22	206	20,6	15%
Carga y/o Mezcla del reactor	30	45	30	20	40	20	30	30	20	38	303	30,3	23%
Aprobación de producto en proceso	50	40	50	50	50	40	50	55	50	48	483	48,3	36%
TOTAL												134,3	

ANEXO K

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



ANEXO L

COSTOS DE REINGENIERIA

1. Elaboración de cubeto		
Construcción de:	1 muro de concreto enlucido de 3.20 metros de largo por 40 cm de alto	VALORES \$400 ⁰⁰
	2 muros de concreto enlucido de 2.30 metros de largo por 40 cm de alto, cada uno	
2. Elaboración de Pilaretes		
Construcción de:	4 pilaretes de cemento armado con varillas de 10 mm. de espesor. Cada pilarete tiene las siguientes medidas; 40 cm de alto * 30 cm de largo * 30 cm de ancho	\$200 ⁰⁰
3. Instalación de columnas de hierro		
Montaje de:	4 columnas de hierro de 2 metros de alto * 10 cm. de largo * 10 cm de ancho; con un espesor de 4mm; cada una. Soldadas sobre una zapata metálica de 28 cm. de ancho*28 cm. de largo, y un espesor de 4 mm. Esta zapata será asegurada con 4 pernos de media pulgada sobre el suelo (en ésta base se fundirán los 4 pilaretes antes mencionados)	\$400 ⁰⁰
4. Cerco de seguridad		
Consistente en	Cerco de seguridad alrededor de la plataforma de 1 metro de altura, construido con tubo galvanizado de 2 pulgadas de diámetro. Consta de 2 barandas soldadas, 1 a 50 cms de altura, y la otra a 1 metro de altura. Contará con una puerta movable de 1 metro de ancho para el abastecimiento de materia prima con el montacarga	\$150 ⁰⁰
5. Adaptación de tanque de acero inoxidable		
Trabajos de:	Eliminación y corte de capa exterior	\$2500 ⁰⁰
	Reforzamiento de superficie exterior inferior con láminas de acero inoxidable de 5mm de espesor en donde se implantarán mediante soldadura de acero 4 soportes a manera de patas, las mismas que serán empernadas sobre la plataforma para mayor seguridad. Montaje general de reactor.	
6. Montaje de reactor		

Elaboración:	Estructura metálica con vigas de 4 y 5 mm. de espesor a manera de brazos con orejas para empernar el motor.	\$700 ^{oo}
	2 columnas de 10 cms de ancho * 10 cm de largo con una altura de 1.90 metros, cada una, donde se soldarán los brazos antes mencionados.	
7. Trabajo de pintura		
Pintada	En general con pintura anticorrosiva de todo el material metálico (hierro) a excepción del piso de la plataforma (malla no deslizante), reactor y partes de acero inoxidable	\$200 ^{oo}
8. Fabricación del eje mezclador/Discos con aspas		
Elaboración y montaje:	1 polea de 50 cms de diámetro que será empernada al eje	\$540 ^{oo}
	Instalación de bandas y chumaceras para el correcto movimiento del eje mezclador	
	Fabricación de 2 discos con 4 aspas batidoras de acero inoxidable empernados al eje mezclador, separadas entre sí a lo largo del eje	
9. Controles de nivel de volumen en reactores		
Instalación de:	Mecanismo a base de mangueras transparentes, tuberías y partes de PVC. En la parte exterior del reactor, con llave de paso inoxidable para drenar el producto represado en el sistema de control X5	\$800 ^{oo}
10. Fabricación de mezcladores		
Fabricación:	1. Hélice Helicoidal: bandas de acero ferrético másiso de 1.10 m de diámetro y espesor de 4 mm	\$700
	2. Planta dentado de 65 cm de diámetro	\$600
	3. Disco con 6 paletas de 80 cm de diámetro total	\$700
	4. Hélice tipo marina con aspas de acero masiso de 6mm de espesor	\$400
11. Tuberías de agua		
Instalación:	Tubería y partes de PVC con llave de paso inoxidable para abastecimiento de agua del reactor en mención X5	\$400
12. Tacómetros		

Entrega	Controladores de velocidad de mezcladores, marca PCE ,rango de medición 2-200.000 RPM X5, con baterías incluidas, estuche de espuma individual	\$125
	13.Timer	
Entrega	Cronómetros sonoros marca Cebek, tiempo programable con pulsadores, incluye pilas X5	\$90

TOTAL: \$8275

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Ministerio de Industrias y Productividad, (2015). *Ecuador en Cifras*. (http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Empresas_2013/Presentacion_Resultados_Principales_DIEE-2013.pdf)
- (2) Mayer, D. L. (1975). *Métodos de la Industria Química I*. España: Reverté.
- (3) Austin, G. T. (1992). *Manual de Procesos Químicos*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- (4) Microbiología, D. d. (2015). *UNICEM*. (http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Departamentos/Samp/Microbiologia/Limpieza_desinfeccion_y_est)
- (5) Quesada, V. F. (2002). *Departamento de Salud, México*. (<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/>)
- (6) Besterfield, D. H. (2009). *Control de Calidad*. México: Pearson, Educación.
- (7) Warren L. McCabe, J. C. (2007). *Operaciones Unitarias*. México: McGraw-Hill.
- (8) Warren L. McCabe, J. C. (2007). *Operaciones Unitarias*. México: McGraw Hill.
- (9) Levenspiel, O. (2004). *Ingeniería de las Reacciones Químicas*. México: Limusa.
- (10) Jay Heizer, B. H. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. México: Pearson.
- (11) Richard B. Chase, F. J. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*. México: McGraw Hill.

- (12) Robert B. Chase, F. R. (2009). Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros. México : McGraw Hill.
- (13) Jay Hezer, B. R. (2009). Principio de Administración de Operaciones. México: Pearson.
- (14) Spartan del Ecuador. (2014). Manual de Calidad. Durán-Guayas