



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE *MEZZANINE*, TANQUES Y
TUBERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE
INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN EN INFYMSA**

Jaime Giovanni Alvarado Hernández

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE *MEZZANINE*, TANQUES Y
TUBERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE
INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN EN INFYMSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JAIME GIOVANNI ALVARADO HERNÁNDEZ
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE *MEZZANINE*, TANQUES Y TUBERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN EN INFYMSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 22 de agosto de 2012.



Jaime Giovanni Alvarado Hernández



Guatemala, 07 de agosto de 2014
REF.EPS.DOC.838.08.2014.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Jaime Giovanni Alvarado Hernández** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 198511834, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE MEZZANINE, TANQUES Y TUBERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN EN INFYMSA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chicojaj Coloma
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





Guatemala, 07 de agosto de 2014
REF.EPS.D.422.08.2014

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE MEZZANINE, TANQUES Y TUBERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN EN INFYMSA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Jaime Giovanni Alvarado Hernández** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.El.Mecánica 288.2014
Guatemala 4 de noviembre de 2014

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniera Rodríguez:

Por este medio le informo que el tema del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE MEZZANINE, TANQUES Y TUBERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN EN INFYMSA, presentado por el estudiante **Jaime Giovanni Alvarado Hernández**, carné No. 198511834 previo a optar al título de ingeniero Mecánico, ha sido autorizado por esta Dirección

Sin otro particular.

"Id y Enseñad a Todos"

MA. Ing. Julio César Campos
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica



c.c: Archivo

JC/mjm



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE MEZZANINE, TANQUES Y TUBERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE INGREDIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN EN INFYMSA**, presentado por el estudiante universitario: **Jaime Giovanni Alvarado Hernández** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en Funciones



Guatemala, noviembre de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme llegar al término de uno de los proyectos más importantes en mi vida.
- Mis padres (q.e.p.d.)** Rosa Elena Hernández Leonardo y Jaime Daniel Alvarado de León, por su apoyo incondicional.
- Mi esposa** Gloria del Carmen Palomino Lobos. Por el amor, apoyo moral, comprensión en todo momento.
- Mis hijos** Jackeline Surama, María Alejandra y Eddy Giovanni Alvarado Palomino. Por su cariño y motivación, y que este triunfo les sirva de ejemplo de vida.
- Mis hermanas** Mélida Jeanneth y Rosa Maribel Alvarado Hernández, por su cariño y apoyo brindado incondicionalmente en todas las fases de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por permitir mi realización académica, y la oportunidad de ser un profesional ejemplar, digno de esta casa de estudios.

Infyma

Por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), brindándome su colaboración y apoyo en todo momento.

Mi asesor

Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma, por su asesoría, consejos y guía profesional en todos los pasos de la práctica supervisada.

**Mis compañeros de
trabajo**

Por el empeño y colaboración para concluir con esfuerzo y dedicación este proyecto exitoso.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
Hipótesis.....	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.2. Misión	1
1.3. Visión.....	2
1.4. Organigrama.....	2
1.5. Minimización del tiempo en la preparación del producto	3
1.6. Ahorro de energía en la minimización de reproceso	3
1.7. Ahorro de costos	4
1.8. Descripción del problema	5
1.9. Descripciones básicas.....	6
1.10. Descripciones de los procesos de construcción.....	7
1.10.1. Normas de seguridad industrial	8
1.11. Fabricación de zapatas y pedestales	9
1.12. Excavación de cimentación	11
1.13. Costo de materiales.....	12
1.14. Preparación de materiales.....	15
1.14.1. Unión de los materiales por medio de soldadura....	17
1.14.2. Descripción de uniones y banderas.....	22

1.15.	Instalación de uniones y banderas	23
1.16.	Instalación de columnas y vigas.....	24
1.17.	Diseño y fabricación de tanques	25
1.18.	Fabricación e instalación de tuberías	26
1.19.	Instalación de equipos.....	28
1.20.	Descripción del sistema de automatización	29
1.21.	Diseño y fabricación de tanques de acero inoxidable para la distribución de perfumes	30
1.22.	Pruebas de funcionamiento.....	36
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	37
2.1.	Características técnicas, función y montaje de los equipos y de más componentes utilizados en el proyecto.....	37
2.1.1.	Equipo mecánico.....	37
2.1.1.1.	Tolvas de distribución.....	38
2.1.1.2.	Colectores de polvo.....	39
2.1.1.3.	Tornillos transportadores.....	40
2.1.1.4.	Silos de almacenamiento	41
2.1.1.5.	Transportadores de fase densa.....	42
2.1.1.6.	Tuberías de distribución	43
2.1.2.	Equipos eléctricos	44
2.1.2.1.	Electroválvulas	45
2.1.2.2.	Medidores de flujo	46
2.1.2.3.	Indicadores de nivel	52
2.1.2.4.	Motores eléctricos y moto reductores...	53
2.1.2.5.	Variadores.....	53
2.1.2.6.	Micros de emergencia	54
2.1.2.7.	Contactores.....	54
2.2.	Instalación de tolvas de distribución de polvos	54

2.2.1.	Instalación del cuerpo de la tolva.....	55
2.2.2.	Instalación del tornillo transportador	55
2.3.	Instalación de tanques.....	56
2.3.1.	Posicionamiento de los tanques	56
2.3.2.	Instalación de sensores de niveles	57
2.4.	Instalación de tuberías para la distribución de polvos	58
2.5.	Fabricación e instalación de tuberías de distribución de líquidos	58
2.5.1.	Tubería soldable	60
2.6.	Automatización de los procesos	63
2.6.1.	Instalación de tableros de control	64
2.6.2.	Instalación de indicadores de control.....	64
3.	FASE DE DOCENCIA	67
3.1.	Importancia de la certificación del procedimiento de soldadura.....	67
3.2.	Importancia de los procedimientos de construcción	68
3.3.	Importancia de la automatización en los procesos	70
3.4.	Presentación de mejoras y avances	72
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES.....	79
	BIBLIOGRAFÍA.....	81
	ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama	2
2.	Dibujo de zapata	10
3.	Estructura de zapata	10
4.	Zapata y pedestal fundida	11
5.	Dibujo de unión de pedestal y columna.....	15
6.	Dibujos de medidas de alma y patín de vigas	16
7.	Fabricación de columnas	16
8.	Fabricación de columnas	17
9.	Ensamble de columna.....	20
10.	Proceso de soldadura	21
11.	Dibujo de columna, bandera y uniones	22
12.	Columnas y banderas	23
13.	Instalación de vigas.....	24
14.	Instalación de vigas (b)	25
15.	Instalación de tuberías de polvos	28
16.	Instalación de tolvas.....	29
17.	Tanque de perfume	34
18.	Dibujo de elaboración de tanque.....	35
19.	Tolvas de distribución.....	39
20.	Tornillos transportadores.....	40
21.	Silos de almacenamiento	42
22.	Transportador de fase densa	43
23.	Cargadores de tubería	44

24.	Acople de tornillo transportador y mezcladores	45
25.	Dibujo de instalación de medidores de flujo.....	50
26.	Medidor de flujo Coriolis	51
27.	Medidor de flujo magnético.....	51
28.	Sensores de nivel	53
29.	Estructura de tanques y perfumes	57
30.	Dibujo de tuberías de distribución de líquidos	59
31.	Dibujo de procedimiento de soldadura a tuberías.....	61
32.	Dibujo de procedimiento de soldadura a tuberías.....	62
33.	Polvos de materia prima	74
34.	Adición de materias primas manual.....	74
35.	<i>Syndet</i> de jabones automatizado.....	75

TABLAS

I.	Estimación de costos del proyecto.....	13
II.	Propiedades y condiciones de flujo.....	47
III.	Tuberías y distribución de líquidos.....	60

GLOSARIO

Abastecer	Proporcionar o poner al alcance de una persona lo que necesita para su mantenimiento o funcionamiento.
Acoplar	Unir piezas o elementos de manera que ajusten perfectamente, normalmente haciendo que parte de uno entre en otro.
Aforar	Medir la cantidad de un líquido por unidad de tiempo repetitivamente para determinar el caudal o cantidad del mismo.
Apuntalamiento	Reforzamiento de una cosa con puntales.
Biselar	Hacer biseles, moldura, retirar material por medio de pulidora para crear un ángulo para la aplicación y penetración de soldadura.
Caudal	Cantidad de agua que lleva una corriente o tubería en un lapso determinado de tiempo.
Colector	Recoge el polvo excesivo generado dentro de la tolva por medio de filtros.

Dosificar	Graduar la cantidad o proporción de una sustancia.
Ergonomía	Estudio de las condiciones de adaptación de un lugar de trabajo, una máquina, un vehículo, entre otros, a las características físicas y psicológicas del trabajador o el usuario.
Filtro bacteriológico	Impide el paso de bacterias hacia los tanques o recipientes para los que fueron diseñados.
Fluctuaciones	Oscilación a una variación.
Helicoidal	Que tiene forma de hélice.
Izar	Subir una cosa tirando de la cuerda de que está colgada.
Lapso	Porción de tiempo que transcurre entre dos hechos o dos cosas, generalmente de la misma naturaleza.
Licitación	Sistema por el que se adjudica la realización de una obra o un servicio, generalmente de carácter público, a la persona o la empresa que ofrece las mejores condiciones.
Mezzanine	Entrepiso, plataforma construida entre dos niveles.
Mopas (Rueda flap)	Es una herramienta compuesta por una serie de lijas para pulir superficies.

Optimizar	Conseguir que algo de los mejores resultados posibles.
Polipasto	Conjunto de poleas fijas y móviles allanadas y recorridas por la misma cuerda. Se utiliza para disminuir la fuerza necesaria para elevar pesos ya que esta es igual al peso dividido por el número total de poleas.
Succionar	Extraer una cosa, generalmente un líquido, aspirándolo o absorbiéndolo con un instrumento.
Syndet	Área en donde se encuentran los mezcladores utilizados para fabricar jabón.
Taz	Tivador o plancha de metal que se usa para recibir el golpe del martillo para moldear las deformaciones en la lámina debido al calor de la soldadura.
Winch	Cabestrante, torno para elevar pesos.

RESUMEN

El presente proyecto consiste básicamente en la construcción de un *mezzanine* para la sustentación de un sistema de automatización de la adición de materia prima a los mezcladores para la fabricación de jabón. Se instalan veintiocho tolvas y tres silos para la distribución de los ingredientes en polvo, así también una red de tubería de hierro al carbón de seis pulgadas.

El sistema incluye celdas de carga y dispositivos electrónicos para pesar y distribuir los ingredientes sólidos: soda ash, carbonato de sodio y bentonita. Se construye un sistema de cargadores para la instalación de una red de tuberías, medidores de flujo y electroválvulas para la distribución de ingredientes líquidos: ácido sulfónico, silicato, agua y óxido de amina.

Se fabrican cuatro tanques de acero inoxidable para la distribución de los distintos perfumes que se le agregan a la mezcla de jabón, también se fabrican sus respectivas tuberías y sistemas de distribución.

OBJETIVOS

General

Realizar un trabajo de alta calidad apegado a las normas de seguridad y calidad industrial, creando un ambiente agradable y cómodo para los empleados de la empresa contratista con una producción limpia, rápida y competitiva.

Específicos

1. Construir un sistema de automatización de última generación para la elaboración de jabones.
2. Reducir los tiempos de producción aumentando el rendimiento y efectividad, reduciendo considerablemente el gasto en turnos extras para el cumplimiento de la demanda actual.
3. Mantener un ambiente limpio, seguro y libre de contaminación.
4. Adquirir la experiencia necesaria en la preparación y ejecución de un proyecto de ingeniería de esta magnitud.

Hipótesis

Se obtiene un sistema automatizado óptimo que mejora el proceso de distribución, dosificación y facilita la producción ayudando a eliminar los índices de error en las mezclas, como también reducir la mano de obra de los trabajadores.

INTRODUCCIÓN

El constante cambio en el mercado, la competencia, los programas de producción y la preocupación por la higiene y seguridad industrial en las empresas vanguardistas, obligan a invertir en programas de mejoramiento en los procesos básicos de producción, siendo la automatización y constante renovación de equipos, algunas de las políticas por medio de las cuales, algunas empresas brindan a sus empleados un mejor ambiente de trabajo, al mismo tiempo que aceleran la producción reduciendo costos y aumentando volumen de productos, manteniéndose así en niveles altos del mercado nacional e internacional.

Es por eso que Infymisa decidió participar en la licitación del proyecto “Fabricación e instalación de *mezzanines*, tanques y tuberías para la automatización del suministro de ingredientes para la fabricación de jabón”, habiendo sido, debido a las buenas prácticas de fabricación y apego a las normas de higiene industrial, la ganadora de dicho proyecto. A continuación se presenta el informe del proceso del proyecto, el cual consiste en la construcción de un *mezzanine* de estructura de hierro negro, de 6,12 metros de ancho por 28 metros de largo, con un área total de 171,36 m², y una altura de 6 metros. Así como la construcción de 3 tanques de acero inoxidable para distribución de perfumes y la tubería requerida para distribuir los ingredientes necesarios para la fabricación de jabón.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la empresa

Ingeniería, Fabricación y Montaje, Sociedad Anónima Infyma es una empresa dedicada a la fabricación y montaje de estructuras metálicas, tanques, tuberías de hierro negro y acero inoxidable, así como también al mantenimiento de equipo industrial de empresas de alto prestigio, tales como: Colgate Palmolive, Nestlé, Procter & Gamble, Kern's, Cervecería Nacional y otras. Por su apego a las normas de fabricación, buenas prácticas y a la seguridad industrial, se ha ganado un lugar privilegiado en cuanto a la preferencia en la realización de proyectos de pequeña y gran magnitud.

1.2. Misión

Infyma es una empresa de montajes y servicios industriales en Guatemala y Centro América. Se satisface al cliente, brindando las mejores soluciones en la fabricación, comercialización y montaje de todo tipo de transportadores y tanques para la industria de alimentos y bebidas, instalación de maquinaria industrial con todos los servicios de tuberías y líneas de abasto para las mismas, garantizando excelente calidad, manteniendo un eficiente servicio, solucionando sus respuestas e inquietudes hasta lograr ser los primeros en diseño y calidad, en atención al cliente.

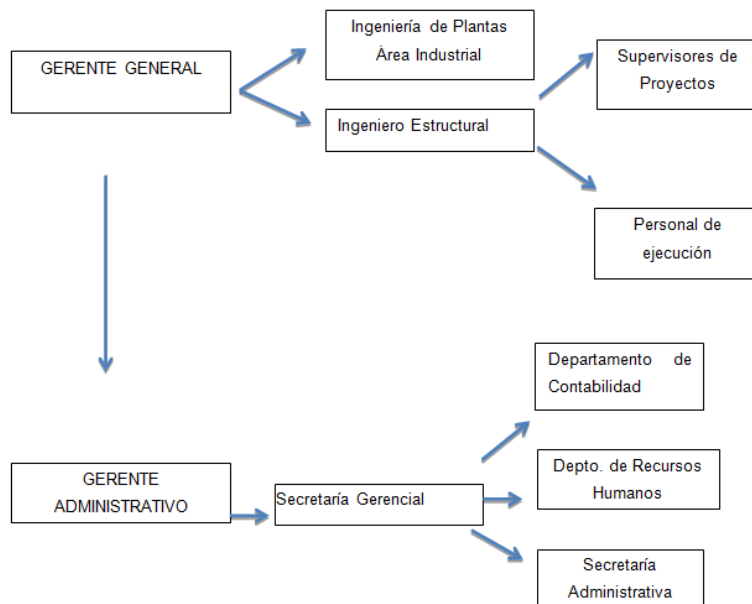
1.3. Visión

“Lograr en corto tiempo cubrir el mercado centroamericano hasta Panamá, estando a la vanguardia de innovaciones técnicas y mecánicas para mejor solución de montajes e instalaciones industriales. Cumpliendo con los estándares de calidad internacionales, mejorando el medio ambiente en el uso adecuado de los recursos utilizados. Capacitando a nuestro personal con la mejor tecnología, manteniendo una actitud de crecimiento tanto a nivel personal como empresarial”.

1.4. Organigrama

A continuación se presenta el organigrama de Infyma.

Figura 1. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

1.5. Minimización del tiempo en la preparación del producto

Al inicio del proyecto, la preparación de jabón en la línea de producción requería de la interacción humana para el almacenamiento, transporte y suministro de materia prima. Al complementar la línea de producción con la instalación del *mezzanine* y los silos de almacenamiento y distribución, se logró:

- Disminución del tiempo de producción; esto permitió reducir los procedimientos en los que intervenía el recurso humano, tales como el transporte de la materia prima desde el nivel principal hacia el nivel donde se agregaban los polvos y líquidos.
- La minimización de agregado del producto para su mezcla a las tolvas de almacenamiento y distribución, tienen una capacidad de 800 kg. Aproximadamente, los cuales son alimentados por silos principales, cuyas capacidades son de 8 toneladas cada uno, lo que permite una mayor continuidad en el proceso de producción y optimización en el abastecimiento de la materia prima.

1.6. Ahorro de energía en la minimización de reproceso

La reducción en el uso de recurso humano, permite un proceso más automatizado en la producción del jabón. Al haber una mayor exactitud en el proceso de adición de materia prima en el mezclado principal, se obtiene un producto final más exacto a la fórmula original del jabón. Esto se logra debido a que el proceso mejorado agrega cantidades exactas, con base en el peso del material y al volumen de líquidos.

Como resultado, se reduce la cantidad de producto erróneo a reprocesar, se ahorran recursos y se evitan desperdicios de materias primas; logrando un mayor control sobre el producto final y así asegurar que cada lote de producto sea igual al anterior y al siguiente. Adicionalmente, facilita el control de calidad que se aplica al proceso, permitiendo enfocarse en otros procedimientos.

1.7. Ahorro de costos

La automatización del proceso de dosificación permite sustituir ciertas actividades, lo que contribuye a una reducción de costos. El traslado de materia prima por lotes de producción generaba retrasos, además de que el ritmo no era constante, pues dependía del recurso humano, provocando fluctuaciones en la producción. Con la implementación del *mezzanine* y de los silos de distribución, se logró disminuir la cantidad de mano de obra en el proceso, lo que sugiere menor cantidad de horas hombre en el mismo, primero porque ya no se necesita del traslado de materia prima, y además, un solo operario controla hasta cuatro distintos mezcladores al mismo tiempo, reduciendo de manera significativa la cantidad de personal, anteriormente se requería de cuatro operarios por mezcladora, además de los operarios que distribuían el material.

El traslado de materia prima desde el silo principal de almacenamiento hacia los silos de distribución, se logra por medio de tuberías de aire comprimido, lo que minimiza el tiempo de traslado de toda la materia prima. Además, no se requiere de detener la producción para recargar los mezcladores, ya que están en constante carga por el silo de distribución que provee de la cantidad exacta de materia prima necesaria.

La automatización del proceso de adición de materia prima genera un ahorro a gran escala, permite agregar la cantidad exacta de material, lo que a largo plazo reduce la pérdida de materia prima y disminuye la necesidad de reproducción por no haber agregado las cantidades correctas.

Previamente, al trasladar los sacos que contenían los polvos se perdía mucho producto, debido a que no eran herméticos, generando también contaminación del área de trabajo. Todo esto fue corregido con la instalación de los nuevos *mezzanines* y del nuevo sistema de distribución y almacenamiento de materia prima.

Las correcciones logradas generan un ahorro significativo durante todo el proceso, se puede optimizar el control de calidad del producto, puesto que se sabe que este proceso es automatizado y el resultado no varía significativamente.

1.8. Descripción del problema

Aproximadamente el 60 % de los ingredientes sólidos y líquidos eran agregados a los mezcladores de jabón de forma manual, esto ocasionaba problemas, desde la contaminación derivada de la manipulación de las materias primas, hasta la mala dosificación del producto, haciendo que la producción fuera lenta y variada. Además, cuando el producto presentaba cambios en su estructura, el Departamento de Control de Calidad, rechazaba el lote completo, obligando a un reproceso o a desechar el producto si los cambios eran demasiado drásticos. Un reproceso, que significa, que el producto volvía a la etapa inicial de su producción, a fin de obtener la dosificación correcta.

El nuevo sistema ofrece una automatización del proceso, lo cual permite que a través de medidores confiables, se agregue a las mezclas la cantidad exacta de cada ingrediente para ofrecer un producto de óptima calidad.

1.9. Descripciones básicas

El presente proyecto consiste en la fabricación de un *mezzanine* para sustentar un sistema de distribución de polvos y tuberías de productos líquidos, para la adición de materias primas a los siete mezcladores que producen distintos tipos de jabón.

- El *mezzanine* principal fue construido dentro de la planta, en medio de las líneas de producción, lo cual hacía que la instalación del mismo se complicara debido a que el personal de producción siempre estuvo presente dentro del área de construcción.
- Se realizaron varios análisis de riesgo, mediante los cuales se establecieron normas que permitieron realizar la actividad sin ningún percance que detuviera la producción o causara algún accidente.
- Al principio se realizó la excavación de los cimientos donde se fundieron las zapatas, para lo cual se encapsularon las áreas a fin de no contaminar con el polvo producido, algún producto en el proceso de producción. También se delimitaron las áreas con cinta de precaución que impedían el paso de personal no autorizado en el área.
- Con la fundición de las zapatas inició el proceso de izado de columnas, el que se realizó en horarios en donde no hubiera personal de producción dentro del área, retrasando el cronograma de instalación.

- Posteriormente, se procedió a la instalación de todas las vigas que conformaban plenamente el área superior del *mezzanine*, procedimiento durante el cual se obligó a todo el personal a utilizar el casco de seguridad y se prohibió el paso en áreas críticas de construcción.
- Para la instalación de tuberías, se construyó un sistema de cargadores que actualmente las sustenta, siendo estas para ácido sulfónico, silicato, glicerina, óxido de amina y agua, los cuales alimentan los mezcladores dotados de medidores de flujo y electroválvulas que realizan la dosificación de cada material.
- La instalación de los tanques de perfumes se realizó sobre el *mezzanine* para una mejor distribución, funcionando únicamente por gravedad; aprovechando la diferencia de altura obteniendo un ahorro de energía considerable.

1.10. Descripciones de los procesos de construcción

Inicialmente se procedió a la excavación y fabricación de las estructuras que conformarían las zapatas y los cimientos del *mezzanine*.

Paralelamente, en el taller de Infymisa se fabricaron todas las columnas, vigas, uniones y banderas, tanques de acero inoxidable y tuberías que posteriormente fueron trasladados al lugar del proyecto para su instalación. Las columnas se instalaron con la ayuda de polipastos de dos toneladas, debido a que el peso calculado era de 1 000 kilogramos por columna, donde se soldaron las banderas y platinas de unión por medio de las cuales se ensamblaron las vigas de W21"x57" (veintiuno por cincuenta y siete pulgadas), que formaron la corona principal, donde posteriormente se fue atornillando el resto de la

estructura. Se construyó una estructura más sobre el *mezzanine* para instalar los tanques de perfumes y aprovechar la altura para la distribución por medio de gravedad.

También se construyó una serie de cargadores sobre el pasillo principal del *syndet* de jabones, para sustentar la tubería de distribución de polvos de cuatro pulgadas de diámetro, así como las tuberías de líquidos de las materias primas que alimentan los mezcladores.

1.10.1. Normas de seguridad industrial

Para la excavación de cimientos fue requerido lo siguiente:

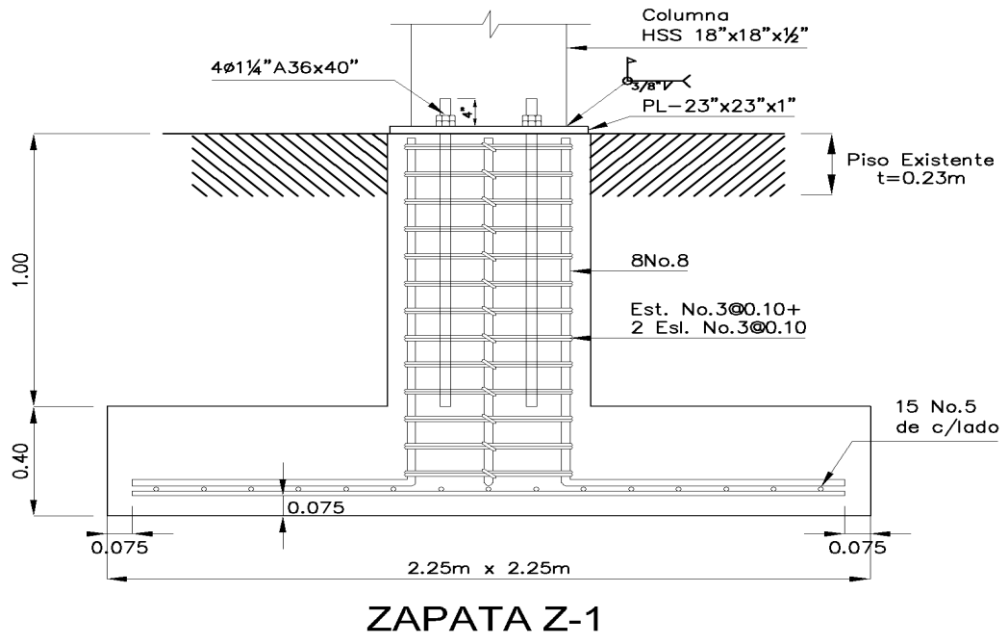
- Solicitar permiso de trabajo seguro al Departamento de Seguridad Industrial.
- Dado que la excavación excedía la profundidad de 1.20 mts (uno punto veinte metros), según la norma de seguridad industrial, se debió cumplir el procedimiento para un espacio confinado, en el cual la persona que permanece en el interior debe contar con un arnés de seguridad de 3 puntos, una línea de vida y un respirador 8210 de 3M para la protección contra el polvo. Así también de ubicar un vigilante fuera de la excavación, quien debía estar atento a cualquier percance dentro del agujero como fuera de el.
- Toda el área debía de estar encapsulada con lonas que no permitieran que el polvo generado por la excavación pasara al área de producción.
- Se debía colocar cinta de seguridad en un perímetro de 3 metros para evitar la caída de alguna persona a la excavación.

- El trabajador debía excavar por periodos de 20 minutos y salir a tomar aire fresco al exterior, lo cual generó hacer turnos que permitieran hacer un trabajo constante.
- Para el proceso de izado de columnas, se requirió:
 - Uso de arnés para las personas que trabajaban en altura, instalando o maniobrando el polipasto.
 - Uso de casco, lentes y protectores auditivos para todo el personal presente en el área.
 - Uso de respirador 8515 de 3M para los soldadores, así como careta de soldar, guantes, gabacha y mangas de cuero.
 - Evacuación del área mientras se levantaron las columnas, permaneciendo personal de Infymisa encargado de la actividad.
 - Para el montaje del resto de la estructura fue necesario lo siguiente:
 - Uso de equipo de protección personal: botas con punta de acero, protectores auditivos y lentes de seguridad.
 - Arnés de seguridad de 3 puntos para todo el personal que trabajara a 1,20 metros de altura.
 - Casco a todo el personal que permaneciera en el área.

1.11. Fabricación de zapatas y pedestales

Para comenzar con la construcción del *mezzanine* que soportara la maquinaria, fue necesario diseñar y establecer las zapatas que requeriría la estructura. Este proceso fue delegado a un ingeniero civil estructural. Como la carga se colocó de manera concéntrica en cada zapata, se diseñó un elemento típico. Las especificaciones y dimensiones se detallan en la siguiente imagen. (Ver figura 2, 3 y 4).

Figura 2. Dibujo de zapata



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Figura 3. Estructura de zapata



Fuente: Infyma.

Figura 4. Zapata y pedestal fundida



Fuente: Infyma.

1.12. Excavación de cimentación

Se realizó de forma manual, requiriendo cuatro trabajadores para excavar y dos trabajadores para supervisión, debido a que se efectuó dentro de las instalaciones donde se procesa el jabón, sin detener o alterar el proceso de producción. Por lo cual también se requirió un encapsulado del área de trabajo, evitando así la propagación de polvo producido por la excavación, y la contaminación del área de trabajo donde se produce el jabón. La profundidad de cada zanja era de 1,40 m. en un área de 2,25 x 2,25 m.

1.13. Costo de materiales

Uno de los objetivos al presentar la licitación era ofrecer los mejores precios en materiales para obtener una ventaja significativa sobre las demás empresas que competían por el proyecto, por lo que se cotizó con diversos proveedores, a fin de seleccionar los mejores precios, manteniendo la calidad requerida, la mano de obra calificada ofrece una ventaja debido a los antecedentes de la empresa en el desarrollo de proyectos anteriores.

A continuación se detalla una tabla que fue la base de la cotización con la cual se ganó el proyecto, se detalla los materiales insumos y mano de obra utilizadas por actividad, además todas las cotizaciones se realizaron suponiendo que el área de trabajo iba a estar libre, las líneas de producción iban a estar detenidas, y toda el área se iba a encontrar libre de operarios.

Esto únicamente con el fin de que todas las empresas cotizaran sobre una misma base, aunque todo el tiempo adicional debido a que en la realidad, todo estuvo funcionando normalmente, se calculó y pagó como trabajos extras, esto incluía turnos nocturnos, horas extras en los turnos diurnos, horas extras de sábado y domingo, y apuntalamiento de los equipos que se encontraban cerca de las excavaciones así como el traslado de otros por encontrarse en el área específica de construcción. (Ver tabla I).

Tabla I. Estimación de costos del proyecto

1.00 Trabajos preparatorios						
1.01	Limpeza general, preparación, cerramiento con plástico y trazo (290.0 m ²).	1	global	Q	9,262.50	Q 9,262.50
1.02	Topografía.	1	global	Q	2,340.00	Q 2,340.00
Subtotal Trabajos preparatorios					Q	11,602.50
2.00 Movimiento de tierras						
2.01	Excavación. Corte de suelo para la construcción de zapatas, profundidad 1.40 m, suponiendo que el suelo soporte es adecuado (se desconocen las características del suelo y la cota de desplante se obtuvo de la escasa información disponible en planos existentes de la antigua Industrias Químicas, S.A.). Incluir la carga, acarreo y disposición adecuada fuera de las instalaciones de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	69.50	m ³	Q	175.50	Q 12,197.25
2.02	Corte de suelo para la exploración de cimientos existentes en columnas marcos Eje E, estimando una profundidad de 1.40 m (área estimada de 2.0 x 2.0 m/columna).	11.80	m ³	Q	175.50	Q 2,070.90
2.03	Corte de suelo para la construcción de soleras de amarre, profundidad estimada de 0.53 m. Incluir la carga, acarreo y disposición adecuada fuera de las instalaciones de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	7.00	m ²	Q	175.50	Q 1,228.50
2.04	Relleno estructural. Relleno estructural en área de zapatas, construido en capas no mayores de 0.20 m de espesor, compactadas al 95% del Proctor Modificado utilizando materiales selectos que deberán tener un CBR no menor de 40, a un grado de compactación de 95% según el Método AASHTO T-180 (AASHTO MODIFICADO). Se incluye el área del inciso 2.02.	62.50	m ³	Q	165.75	Q 10,359.38
Subtotal Movimiento de tierras					Q	25,856.03
3.00 Demoliciones/Desmontajes						
3.01	Demolición de piso de concreto existente, cuyo espesor es de 0.23 m promedio. Incluir el costo de carga, acarreo y desalojo de las instalaciones de Colgate Palmolive (C.A.), S.A. (15.50 m ² aproximadamente)	69.75	m ²	Q244	Q	17,001.56
3.02	Demolición de pedestal existente de 0.45 x 0.55 (altura total asumida h = 1.65 m) en Ejes B+1.	0.41	m ³	1189.02	Q	487.50
3.03	Desmontaje de la estructura metálica de mezzanine existente en área de axión, en base a visita al sitio y plano existente.	1.00	global	13481.62	Q	13,481.62
3.04	Desmontaje de dos tanques de 1.5 ton aproximados y traslado a área que indique el Ingeniero de Proyectos de Colgate-Palmolive.	1.00	global	6702.58	Q	6,702.58
Subtotal Demoliciones/Desmontajes					Q	37,673.26
4.00 Cimentación						
4.01	Suministro e instalación de pernos de anclaje ø1 1/4" A36 para bases de columnas metálicas (longitud total aproximada de cada perno = 60").	32.00	unidad	Q	483.68	Q 15,477.76
4.02	Construcción de pedestales de 0.60 x 0.60 m, h = 1.30 m, con 8#8 Grado 60 + Estribo #3 Grado 40 @0.10 m + 2 Elabones #3 Grado 40 @0.10 m.	8.00	unidad	Q	6,811.19	Q 54,489.52
4.03	Construcción de zapatas Z-1, de 2.25 x 2.25 x 0.40 m, con cama inferior 15 #5 Grado 60 en ambos lados. Concreto f'c = 4 ksi.	4	unidad	Q	6,625.97	Q 26,503.88
4.04	Construcción de zapatas Z-2, de 2.60 x 2.60 x 0.40 m, con cama inferior 18 #5 Grado 60 en ambos lados. Concreto f'c = 4 ksi.	4	unidad	Q	8,269.95	Q 33,079.80
4.05	Construcción de solera de amarre de 0.30 x 0.30 m, con 8#5 Grado 60 corridos + Estribos #3 Grado 40 @0.15 m. Concreto f'c = 4 ksi.	72.70	ml	Q	474.41	Q 34,489.61
Subtotal Cimentación					Q	164,040.57
5.00 Estructura metálica (a todos los elementos de la estructura metálica se les deberá aplicar dos manos de pintura anticorrosiva (una inicial de color gris, y una final de color rojo), y dos manos de pintura de aceite del color blanco.)						
5.01	Suministro, transporte y montaje de 172.014 ml (564.207 pies) de viguetas C 5x6.7, ASTM A36 Grado 36 (no se incluye la totalidad del desperdicio).	1.718	ton	Q	3,1428.01	Q 53,993.32
5.02	Suministro, transporte y montaje de 6.12 ml (20.078 pies) de viguetas C 6x8 2, ASTM A36 Grado 36 (no se incluye la totalidad del desperdicio).	0.075	ton	Q	2,7824.81	Q 2,086.86
5.03	Suministro, transporte y montaje de 172.149 ml (564.647 pies) de vigas W 8x24, ASTM A36 Grado 36 (no se incluye la totalidad del desperdicio).	6.160	ton	Q	22,189.11	Q 136,684.92
5.04	Suministro, transporte y montaje de 16.593 ml (54.424 pies) de vigas W 14x30, ASTM A36 Grado 36 (no se incluye la totalidad del desperdicio).	0.742	ton	Q	21,103.88	Q 15,659.08
5.05	Suministro, transporte y montaje de 6.120 ml (20.078 pies) de viga W 16x36, ASTM A36 Grado 36 (no se incluye la totalidad del desperdicio).	0.329	ton	Q	17,779.05	Q 5,849.31
5.06	Suministro, transporte y montaje de 47.292 ml (155.118 pies) de vigas W 21x44, ASTM A36 Grado 36 (no se incluye la totalidad del desperdicio).	3.102	ton	Q	24,242.96	Q 75,201.66
5.07	Suministro, transporte y montaje de 72.917 ml (239.167 pies) de vigas W 21x62, ASTM A36 Grado 36 (no se incluye la totalidad del desperdicio).	6.740	ton	Q	21,123.32	Q 142,371.18
5.08	Suministro, transporte y montaje de 07 columnas C-1 (HSS 18" x 18" x 1/2", ASTM A500 Grado C - Fy = 50 ksi) de altura h = 6.00 m.	7.217	ton	Q	36,551.16	Q 263,789.72
5.09	Suministro, transporte y montaje de 01 columna C-1 (HSS 18" x 18" x 1/2", ASTM A500 Grado C - Fy = 50 ksi) de altura h = 9.40 m, en Ejes B+1.	1.503	ton	Q	36,551.16	Q 54,936.39
5.10	Suministro y montaje de platinas de base columnas C-1, 23"x23"x1" ASTM A36 Grado 36	8	unidad	Q	1,271.93	Q 10,175.44

Continuación de la tabla I.

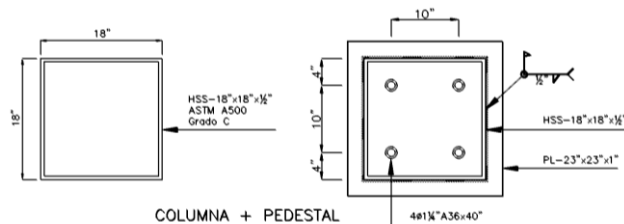
	Para los renglones 5.11 a 5.28, todas las platinas de uniones y/o angulares son ASTM A36 Grado 36, pemos A325 y soldadura E70. En este cuadro base, se considera un lado del alma de la viga, como una unidad de unión, a excepción de la unión con angulares del renglón 5.28.					
5.11	Suministro y montaje de unión tipo A, C 5x6.7 a W 8x24	283	unidad	Q	79.95	Q 22,625.85
5.12	Suministro y montaje de unión tipo B, C 5x6.7 a C 6x8.2	10	unidad	Q	79.95	Q 799.50
5.13	Suministro y montaje de unión tipo C, C 5x6.7 a W 16x36	7	unidad	Q	79.95	Q 559.65
5.14	Suministro y montaje de unión tipo D, C 5x6.7 a W 21x62	44	unidad	Q	79.95	Q 3,517.80
5.15	Suministro y montaje de unión tipo E, W 8x24 a W 8x24	26	unidad	Q	154.51	Q 4,017.26
5.16	Suministro y montaje de unión tipo F, W 8x24 a W 14x30	16	unidad	Q	154.51	Q 2,472.16
5.17	Suministro y montaje de unión tipo G, W 8x24 a W 16x36	1	unidad	Q	154.51	Q 154.51
5.18	Suministro y montaje de unión tipo H, W 8x24 a W 21x44	82	unidad	Q	154.51	Q 12,669.82
5.19	Suministro y montaje de unión tipo I, W 8x24 a W 21x62	53	unidad	Q	154.51	Q 8,189.03
5.20	Suministro y montaje de unión tipo J, W 14x30 a W 16x36	4	unidad	Q	343.79	Q 1,375.16
5.21	Suministro y montaje de unión tipo K, W 14x30 a W 21x62	4	unidad	Q	343.79	Q 1,375.16
5.22	Suministro y montaje de unión tipo L, W 21x44 a W 21x62	12	unidad	Q	493.63	Q 5,923.56
5.23	Suministro y montaje de unión tipo M, W 21x62 a W 21x62	1	unidad	Q	493.63	Q 493.63
5.24	Suministro y montaje de unión columna HSS 18"x18"x1/2" ASTM A500 Grado C + vigas W 21x62 en Ejes B+1, B+2, C+1 y C+2 (la longitud de 1.0 m en banderas de W 21x 62 está considerada en el tonelaje del inciso 5.07)	12	unidad	Q	1,447.50	Q 17,370.00
5.25	Suministro y montaje de unión columna HSS 18"x18"x1/2" ASTM A500 Grado C + vigas W 21x62 en Ejes D+1 y D+2 (la longitud de 1.0 m en banderas de W 21x 62 está considerada en el tonelaje del inciso 5.07)	4	unidad	Q	1,447.50	Q 5,790.00
5.26	Suministro y montaje de unión columna HSS 18"x18"x1/2" ASTM A500 Grado C + vigas W 21x62 y W 8x24 en Ejes A+2 (la longitud de 1.0 m en banderas de W 21x 62 está considerada en el tonelaje del inciso 5.07, y de la misma manera, la W 8x24 soldada a la columna, cuyo tonelaje se incluyó en el inciso 5.03)	2	Unidad	Q	1,447.50	Q 2,895.00
5.27	Suministro y montaje de unión columna HSS 18"x18"x1/2" ASTM A500 Grado C + vigas W 21x62 en Ejes A+1' (la longitud de 1.0 m en banderas de W 21x 62 está considerada en el tonelaje del inciso 5.07)	1	Unidad	Q	1,447.50	Q 1,447.50
5.28	Suministro y montaje de unión de viga W16x36 a columna de marco en Eje E	2	Unidad	Q	682.50	Q 1,365.00
5.29	Suministro, montaje e instalación de piso de lámina antiderrapante cerrada, de espesor t = 1/4" (ASTM A36 Grado 36). No se incluye el área de tanques (10), por desconocer las características de los mismos y el área real a cubrir luego de ser instalados.	163.85	m ²	Q	1,006.17	Q 164,860.95
5.30	Refuerzo con rigidizantes de t = 1/4" x 3.5" ASTM A36 Grado 36 en ambos lados de vigas y columnas de los dos marcos existentes.	0.35	ton	Q	23,314.70	Q 8,160.15
5.31	Refuerzo con encamisado planchas t = 3/8" ASTM A36 Grado 36 de ambas caras de las dos columnas en marcos Eje E.	0.75	ton	Q	37,252.21	Q 27,939.16
				Subtotal Estructura metálica principal	Q	1,054,748.73
6.00 Reposición de Piso						
Piso de concreto						
6.01	Reposición de piso de concreto de espesor t = 0.23 m, con concreto de f _c = 4 ksi (281 kg/cm ²), en áreas sobre zapatas y soleras de amarre (16.5 m ² aprox.).	69.75	m ²		346.125	Q 24,142.22
				Subtotal Reposición de Piso	Q	24,142.22
7.00 Otros						
7.01	Dos juegos de andamios para soporte temporal de viga central en Eje B, altura aproximada de 9.50 m.	1	global		2925	Q 2,925.00
				Subtotal Otros	Q	2,925.00
8.00 FIANZAS						
8.01	Fianza de Anticipo (50% del valor total de la cotización).	1	unidad		10468.53	Q 10,468.53
8.02	Fianza de Cumplimiento (20% del valor total de la obra).	1	unidad	Q	7,080.65	Q 7,080.65
8.03	Fianza de Garantía de Conservación de Obra (15% del valor total de la obra, 18 meses de vigencia contados a partir de la fecha de recepción de la obra).	1	unidad	Q	4,756.15	Q 4,756.15
8.04	Fianza de Responsabilidad Civil Extracontractual por Q 500,000.00 (de quetzales avartae).	1	unidad	Q	23,104.00	Q 23,104.00
				Subtotal FIANZAS	Q	45,409.33
9.00 TIEMPO DE ENTREGA:						
9.01	Tiempo estimado de entrega del trabajo	3 a 4 meses				
9.02	Forma de pago solicitada	50% anticipo y 50% contra entrega				
10.00 ENTREGA DE PLANOS FINALES:						
10.01	Entrega de dos copias de los planos finales o "as built" en formato A1 con el logotipo de su empresa y una copia digital en AutoCAD.					
				TOTAL en Q (IVA incluido)	Q	1,366,397.63
				TOTAL en Q (s in IVA)	Q	1,219,997.88
				TOTAL en US\$ (IVA incluido)	\$	179,789.16
				TOTAL en US\$ (s in IVA)	\$	160,526.04

Fuente: elaboración propia.

1.14. Preparación de materiales

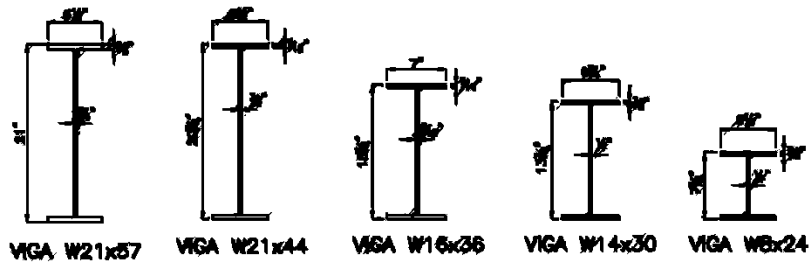
Debido a especificaciones técnicas previas, se requería trabajar las columnas con acero ASTM A500. Estas columnas debían ser cuadradas de 18" x 18" (dieciocho por dieciocho pulgadas) y con espesor de 1/2" (media pulgada). A no existir en el mercado local columnas con el material especificado, se compraron láminas lisas de hierro negro, las cuales se doblaron y soldaron hasta obtener la forma especificada. Debido a esto, se requirió trabajar una soldadura normada, para lo cual se contrató a la empresa SIE Ltda. (Servicios Industriales Especializados, Ltda.) La cual se encargó de certificar los procedimientos de fabricación. En cuanto a la fabricación del resto de las vigas de la estructura, fueron modificadas en tamaño y perforación de acuerdo a los diseños previamente establecidos. Todas las columnas y vigas de la estructura se prepararon y fabricaron en los talleres de Infyma. (Ver figura 5, 6, 7 y 8).

Figura 5. Dibujo de unión de pedestal y columna



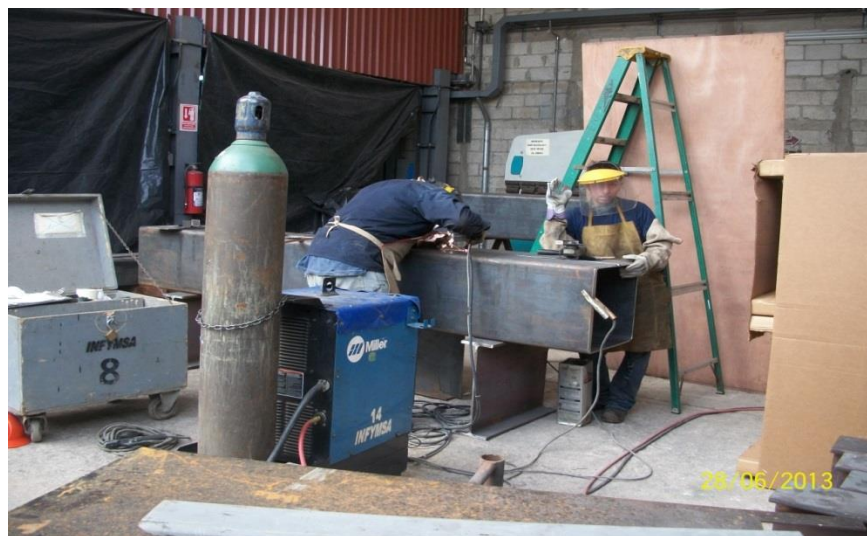
Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

Figura 6. **Dibujos de medidas de alma y patín de vigas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Fabricación de columnas**



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

Figura 8. **Fabricación de columnas**



Fuente: Infyma.

1.14.1. Unión de los materiales por medio de soldadura

Para los procesos que involucran soldadura, se utilizó soldadura tipo arco con electrodos E7018 de 1/8" y 3/16", según el grosor de los materiales en cada caso, únicamente se requirió certificación en la soldadura de las columnas.

Se requería certificar la soldadura específicamente en la construcción de las columnas principales Hss-18" x 18" x 1/2" ASTM A500 grado C, para lo cual se contrató a la empresa de Servicios Industriales Especializados (SIE), quien además de la certificación recomendó los procedimientos para obtener una

soldadura de una mejor calidad, siendo satisfactorias todas las pruebas. En algunas ocasiones se utilizó soldadura Tungsteno Inerte Gas (TIG).

Una de las alternativas en cuanto a soldadura se refiere, fue la utilización de soldadura TIG debido a que la generación de chispa es mínima o nula, era muy conveniente su utilización en este proyecto por seguridad y confiabilidad, algunas veces se autorizó el permiso de trabajo para realizar la actividad únicamente si se realizaba con este tipo de soldadura.

La soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, aleado a veces con torio o zirconio en porcentajes no superiores a un 2 %. Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno se funde hasta materiales a una temperatura de 3410 C, acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. El gas que se utiliza es argón y nitrógeno en la parte interior.

La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión. Además, dicho gas simplifica notablemente el soldeo de metales ferrosos y no ferrosos, por no requerir el empleo de desoxidantes, con las deformaciones o inclusiones de escoria que pueden implicar.

Otra ventaja de la soldadura por arco en atmósfera inerte es la que permite obtener soldaduras limpias y uniformes, debido a la escasez de humos y proyecciones; la movilidad del gas que rodea al arco transparente permite al soldador ver claramente lo que está haciendo en todo momento, logrando una

soldadura con calidad. El cordón que se obtiene es de un buen acabado superficial, que puede mejorarse con sencillas operaciones, lo que incide favorablemente en los costos de producción. Además, la deformación que se produce en las inmediaciones del cordón de soldadura es menor.

Hoy en día se está generalizando el uso de la soldadura TIG, sobre todo en aceros inoxidable y especiales, a pesar de su alto costo, se obtiene un buen acabado, cubre las exigencias tecnológicas en cuanto a calidad y confiabilidad de las uniones soldadas, obligan a adoptar nuevos sistemas, destacándose entre ellos la soldadura al Arco con Electrodo de Tungsteno y Protección Gaseosa (TIG).

El sistema TIG es un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte. Se utiliza gas de protección cuyo objetivo es desplazar el aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno en el caso de la tubería se utiliza nitrógeno para camarear y evitar carbonización en la parte interior.

La característica más importante que ofrece este sistema es entregar una soldadura de alta calidad en todos los metales, incluyendo aquellos difíciles de soldar, como también para soldar metales de espesores delgados y para depositar cordones de raíz en unión de cañerías.

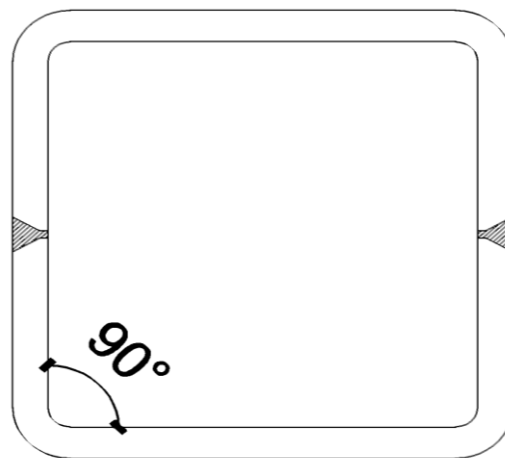
Las soldaduras hechas con sistema TIG son más fuertes, resistentes a la corrosión y más dúctiles que las realizadas con electrodos convencionales. Cuando se necesita alta calidad y mayores requerimientos de terminación, es

necesario utilizar el sistema TIG para lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

A continuación se detallan los procedimientos que se siguieron para este proceso:

- Se cortaron láminas de 36" x 6m ASTM 500C°
- Se doblaron en forma de U.
- Estas cajuelas se unieron para formar una columna cuadrada de 18" * 18". Se procedió a unir 2 cajuelas por medio de soldadura donde se dejó una separación entre materiales de 1/8" como se ilustra a continuación. (Ver figura 9).

Figura 9. **Ensamble de columna**

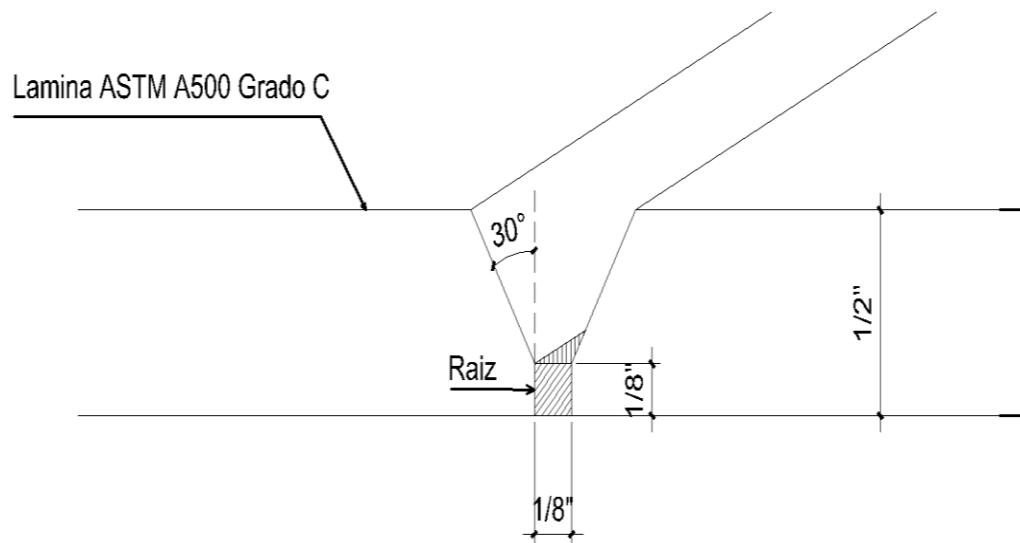


COLUMNA FORMADA 18" X 18"

Fuente: elaboración propia, con Microsoft Paint.

- Se realizó un bisel de 30 grados después de una altura de 1/8", esto es para la penetración de la soldadura.
- Con el material preparado se aplicó la raíz, la cual se realizó de argón con un proceso TIG, donde se aplica material de aporte de varilla cobrizada de 3/32". El resto de la soldadura se efectuó con electrodo E7018 de 1/8", para cubrir el relleno y una superficie de 1" aproximadamente. (Ver figura 10).

Figura 10. **Proceso de soldadura**



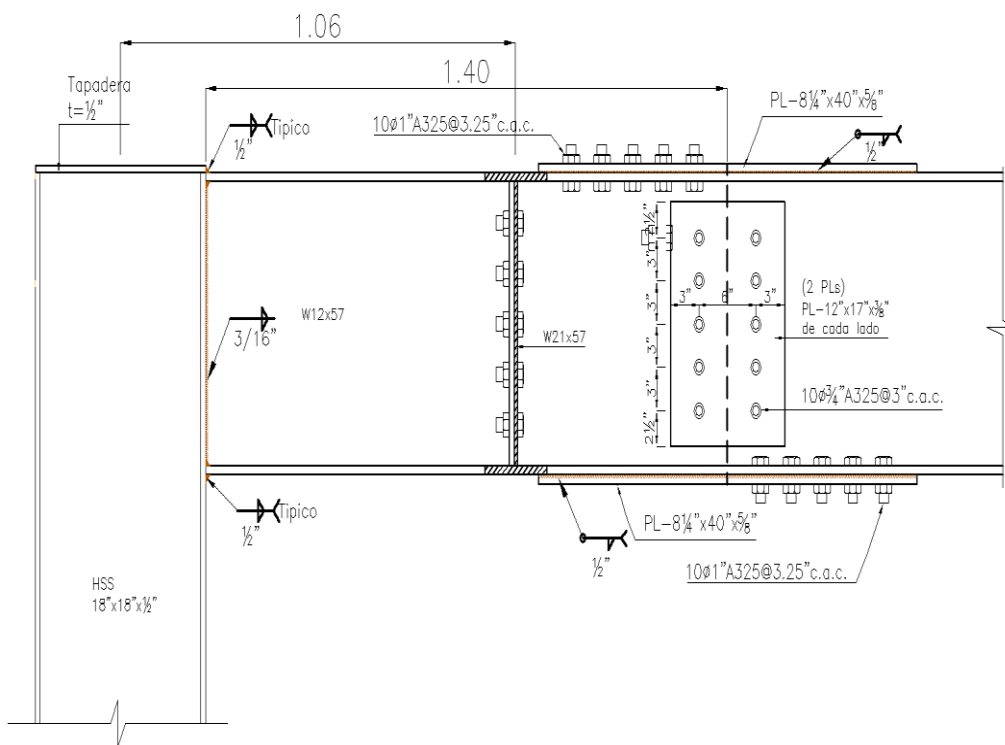
Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Para los distintos materiales únicamente se especifica en los planos el ancho de la soldadura que debía llevar en cada caso, como se puede observar en las especificaciones de uniones de banderas y vigas.

1.14.2. Descripción de uniones y banderas

Las uniones y banderas son las partes de la estructura por medio de las cuales se ensamblan las vigas con las columnas, utilizando para esto tornillos de $\text{Ø}1''$ A325 para las uniones y de $\text{Ø}\frac{3}{4}''$ A325 para las banderas. La fabricación de las mismas se realizó con base en el diseño previamente establecido, lo cual se ilustra en la siguiente imagen. (Ver figura 11).

Figura 11. Dibujo de columna, bandera y uniones

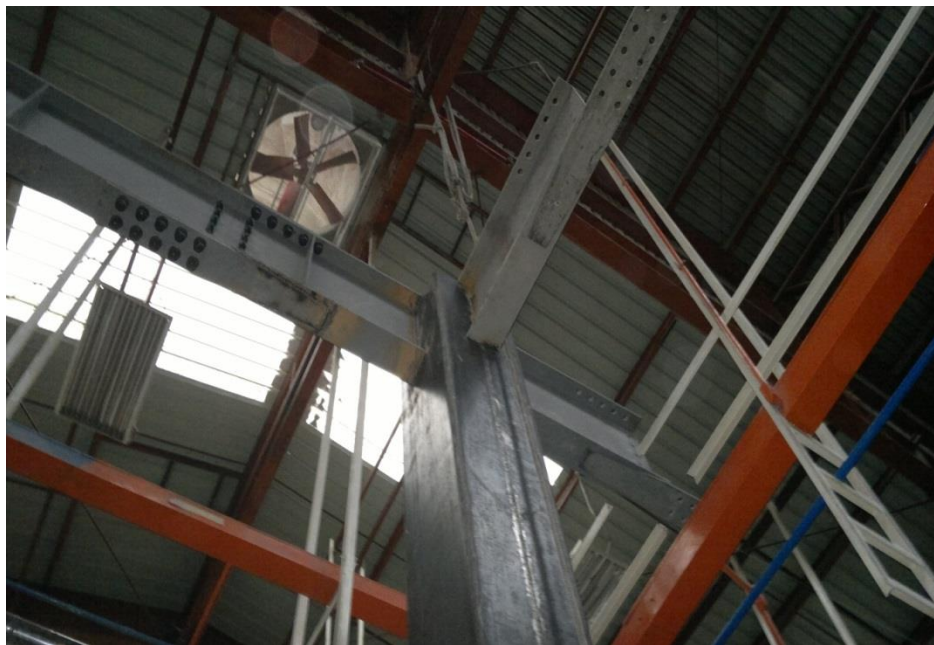


Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

1.15. Instalación de uniones y banderas

Para la instalación de las uniones y banderas era requerido tener las columnas ya instaladas, debido a que en estas se soldaron las banderas, en las cuales posteriormente se ensamblaron en las vigas W21x57 ASTM A36; estas dos se ensamblan a través de dos platinas de unión. Este proceso se utilizó para todas las columnas de la estructura. (Ver figura 12).

Figura 12. Columnas y banderas



Fuente: Infyma.

1.16. Instalación de columnas y vigas

Las columnas y vigas son trasladadas de los talleres de Infyma hasta la ubicación del proyecto por medio de plataformas al punto de ensamble por medio de montacargas, posteriormente son izadas con la ayuda de polipastos. Cada columna es soldada sobre una platina que está previamente atornillada a cada zapata. Las vigas en su caso, son levantadas por medio de un polipasto hasta su posición final, donde son fijadas utilizando las banderas y uniones de cada una. (Ver figura 13 y 14).

Figura 13. Instalación de vigas



Fuente: Infyma.

Figura 14. **Instalación de vigas (b)**



Fuente: Infyma.

1.17. Diseño y fabricación de tanques

Dentro de los requerimientos se solicitó la fabricación de cuatro tanques de acero inoxidable, para la distribución de perfumes, los cuales son ingredientes específicos de cada tipo de jabón producido. Para la fabricación de estos tanques se utilizó una lámina de acero inoxidable de 3/16 L, y se soldó por medio de soldadura TIG.

1.18. Fabricación e instalación de tuberías

Para la realización de este proyecto era necesaria la fabricación de tuberías que permiten el transporte de los ingredientes líquidos que requiere el proceso, el material de las mismas se determinó con base en el líquido que se transportaría en ellas. Todas las instalaciones de tuberías se realizaron del mismo diámetro que las ya existentes, debido a que serían una continuación de estas. Se instalaron medidores de flujo de acuerdo al contenido que pasaría en cada una de ellas. La cuales se detallan a continuación. (Ver figura 15).

- Ácido Sulfónico: tiene una viscosidad a 25 °C de 1060 cp. Se instalaron 32 metros de tuberías de 3 pulgadas de hierro al carbón, 22 metros de 2 pulgadas de hierro negro y 15 metros de 1 pulgada de hierro negro, identificándola con el color magenta.

El medidor de flujo es de ½ pulgada de diámetro marca Endress-Hauser y trabaja simultáneamente con una electroválvula situada en la entrada del mezclador para la dosificación del producto. Este dosificador trabaja a una presión nominal de 40 bar/ 600 psi a una temperatura máxima de 200grados C/ 392 F. Todas las electroválvulas instaladas en la entrada de los mezcladores son marca Burkert, las que trabajan a una presión nominal de 10 bar/, y son de procedencia alemana.

- Agua: para el suministro de agua se utilizó una tubería principal con 39 metros de longitud y un diámetro de 1 ½ pulgadas de hierro galvanizado, 65 metros de 1 pulgada y 42 metros de ½ pulgada, identificándola con el color verde. El medidor de flujo instalado para esta tubería es Endress-Hauser, trabaja a una presión nominal de 20 bares, y a una temperatura de entre 20 °C y 50 °F.

- Oxido de amina: es un ingrediente nuevo en utilizar, se implementó en pequeñas proporciones en todas las fórmulas sustituyendo al óxido de aluminio. Se instalaron 23 metros lineales de tubo de acero inoxidable cédula 40 y se utilizó un medidor de flujo de coriolís.
- Silicato: se instaló una tubería principal de 2 pulgadas de diámetro con 43 metros de longitud y únicamente las bajadas se realizaron con tubería de 1 pulgada de diámetro, debido a la viscosidad del producto. Se utilizó un medidor de flujo marca Endress-Hauser y trabajó a una presión nominal de 1 a 4 bares. La tubería es de hierro negro, identificándola con el color verde menta. La electroválvula de marca Burkert también está conectada al sistema central y dosifican trabajando simultáneamente, midiendo el caudal del líquido depositado en el mezclador según los requerimientos.
- Aire: para el suministro de aire comprimido se instaló una tubería principal de hierro galvanizado de 2 pulgadas de diámetro y ramales de 1 pulgada de diámetro. Identificándola con el color azul.

Figura 15. Instalación de tuberías de polvos



Fuente: Infyma.

1.19. Instalación de equipos

Todos los equipos necesarios para la distribución de polvos fueron obtenidos de la empresa OGA SISTEMVAC S.A.S. de Colombia, siendo los principales (ver figura 16):

- Tubería de distribución de $\varnothing 4''$
- Tolvas de distribución
- Tornillos helicoidales transportadores
- Silos de almacenamiento y distribución
- Fluidificadores

Figura 16. **Instalación de tolvas**



Fuente: Infymasa.

1.20. Descripción del sistema de automatización

La automatización permite la menor interacción del trabajador en el proceso, esto se logró utilizando un sistema que distribuye la cantidad necesaria de materia prima en cada mezclador. Inicialmente, la materia prima es almacenada en tres silos de capacidad de 8 toneladas métricas, conteniendo estos, soda hash, carbonato de calcio y bentonita. Posteriormente son trasladados a través de una tubería de 4" de diámetro y por medio de aire comprimido y fluidificadores hasta las tolvas de distribución, ubicadas tres sobre el *mezzanine* en cada mezclador. Estas tolvas poseen celdas de carga, que por un diferencial de peso logra enviar la cantidad exacta requerida para cada

mezcla, a través de tornillos helicoidales, los cuales transportan la materia prima hacia las mezcladoras.

La automatización de la dosificación de líquidos se efectuó por medio de una electroválvula gobernada por un sistema central que obedece a la señal de un medidor de flujo el cual indica la cantidad del mismo que se desplaza a través de la tubería y se dosifica según el requerimiento de la fórmula.

Todo el sistema de automatización fue instalado y programado por la empresa OGA de Colombia, logrando así que el proceso de distribución sea totalmente automático, de acuerdo a los requerimientos de cada mezcla. En ellos el operador únicamente debe elegir el tipo de jabón a fabricar, seleccionar el mezclador a utilizar y el momento en el que se requiere la materia prima.

1.21. Diseño y fabricación de tanques de acero inoxidable para la distribución de perfumes

Para la realización de estos tanques se efectuó una nueva licitación donde se especificaban algunos requerimientos, basados en los cuales se envió un diseño y costo de la fabricación de 4 tanques para la distribución de perfumes en 10 mezcladores del *syndet* de jabones. Por razones de espacio, se tenía la restricción de que el diámetro del tanque no debía exceder de 0,90 m y contener un volumen de 900 lt., fabricados con lámina de acero inoxidable SA-240 TP 316L y un espesor de 1/8". Para la parte inferior del tanque se diseñó un cono, que permitiera enviar el flujo hacia el centro donde se ensambla con la tubería de salida.

La altura del cono es de 0,34 mts. por lo cual el volumen en el cono es de:

v= volumen
r= radio
h=altura

$$V = \frac{\pi\left(\frac{90}{2}\right)^2(0.34)}{3}$$

$$V = \pi r^2 h$$

Ecuación 1

$$V = 72 \text{ lts}$$

Para determinar la altura del cilindro utilizamos la siguiente:

$$V_{\text{cil}} = V_{\text{total}} - V_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{cil}} = 900 - 72$$

$$V_{\text{cil}} = 828 \text{ lts.}$$

$$V_{\text{cil}} = \pi r^2 h$$

$$h = V_{\text{cil}} / \pi r^2$$

$$h = \frac{828}{\pi r^2} = 1,30$$

$$h = 1,30$$

Ecuación 2

Con las medidas establecidas y aprobado el proyecto se inició la fabricación de los tanques, cuyo procedimiento de elaboración se describe a continuación:

- Se calculó la dimensión del perímetro en la parte interior del cilindro, para cortar la lámina SA-240 TP 316L de 1/8" de espesor que conformaría el cuerpo central del tanque:

$$P = \pi D$$

$$P = \pi 0,90 \text{ m.}$$

$$P = 2,83 \text{ m.}$$

Ecuación 3

P=perímetro
D=diámetro

- Se localizó en el mercado una lámina que sobrepasara estas dimensiones, se procedió al trazo y corte de 1,30 m x 2,83 m, para el cono, con el mismo tipo de lámina que formaría el fondo del tanque y se enviaron ambas partes a la empresa ALFASA para el rolado correspondiente.
- Una vez roladas ambas partes se unieron por medio de puntos de soldadura espaciando a cada 1" aproximadamente por el lado exterior, formando así el cuerpo y la parte inferior del tanque.
- Se asentaron con tas y martillo todas las uniones para alinear y proceder a soldar.
- En el interior del tanque se hizo la preparación para la soldadura dejando una vena de 60° de apertura aproximadamente.
- Se soldó por el interior siguiendo el procedimiento calificado aplicable, se utilizó material de aporte de varilla 316L de 1/16".
- Una vez soldado todo el interior, se procedió a la preparación para soldadura dejando una vena de 60° aproximadamente.
- Se realizó una prueba con líquidos penetrantes, revelando poros y defectos, los cuales se repararon inmediatamente aplicando soldadura

nuevamente, y luego se repitió la prueba de líquidos penetrantes hasta que la superficie quedó limpia de imperfecciones.

- Se limpió perfectamente la superficie e inició la aplicación de soldadura en la parte exterior.
- Se borró con esmeril la soldadura casi a ras del cuerpo en la parte interior y exterior.
- Con tas y martillo se asentaron nuevamente las uniones, ya que debido al calor de la soldadura el material se deformó y así se logró una superficie uniforme.
- Se trazaron a 1 ½", líneas paralelas adyacentes a la soldadura y se colocó un fleje para delimitar el franjeado.
- Se esmeriló la soldadura con discos de lija o discos laminados hasta borrarla completamente.
- Se pulió la zona de soldadura con rueda flap por ambos lados; después, con lija de agua hasta donde termina el fleje.
- Se instalaron las bases en la parte inferior para soportar el tanque con la estructura de su ubicación final.
- Paralelamente a esto se cortó un círculo con un diámetro de 1.00 m, de lámina SA-240 TP 316L de 1/8" de espesor y se envió a Talleres Wittig donde moldearon la pieza hasta formar la tapa esférica.

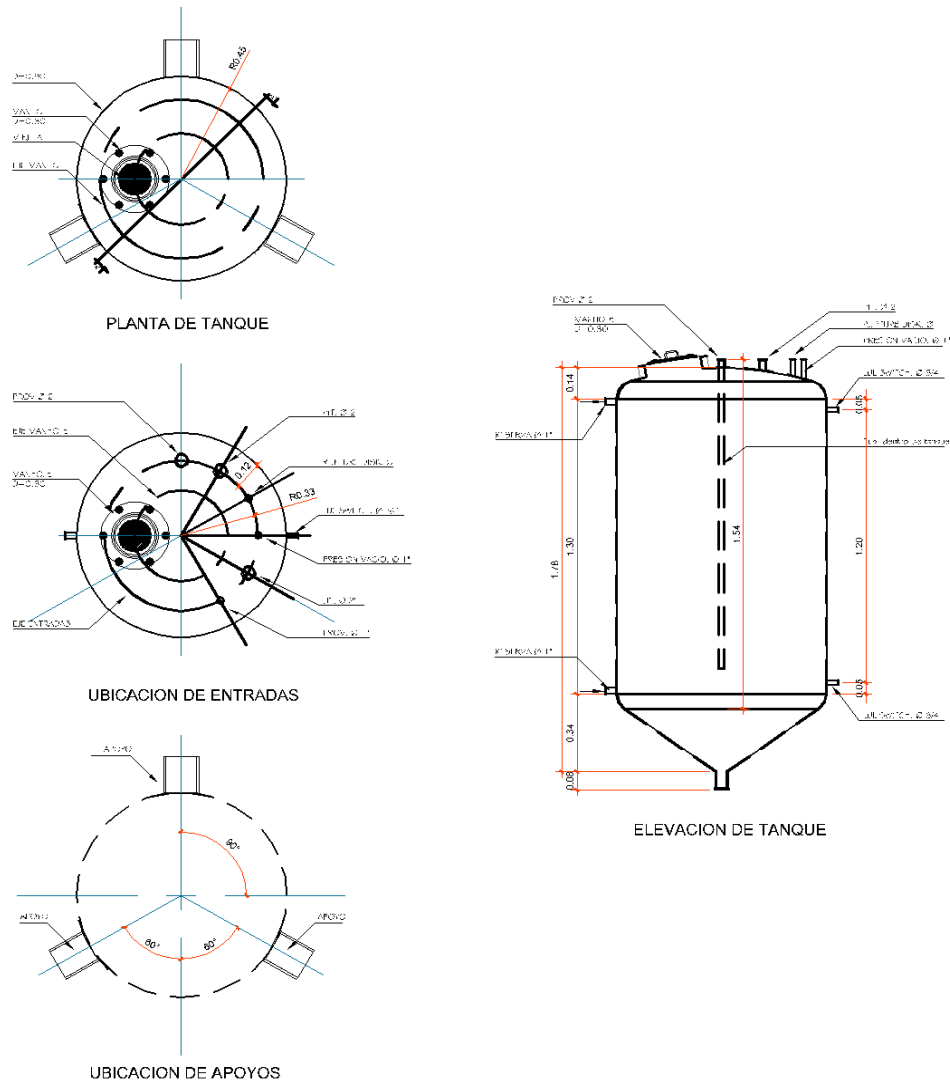
- Se perforaron agujeros sobre la tapa para instalar los nipples tipo clamp de los accesorios requeridos y el Manholl, según las medidas especificadas en el dibujo.
- Se procedió a unir por medio de puntos de soldadura la tapa con el cilindro y se repitieron los pasos descritos anteriormente con la unión del cilindro y el cono del fondo.
- De la misma manera se procedió con los otros tres tanques, se embalaron con fleje y fueron trasladados al lugar de instalación para el montaje respectivo. (Ver figuras 17 y 18).

Figura 17. **Tanque de perfume**



Fuente: Infyma.

Figura 18. Dibujo de elaboración de tanque



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

1.22. Pruebas de funcionamiento

Por último, luego del proceso de fabricación e instalación del *mezzanine*, tuberías, tanques y equipos, se hicieron pruebas para verificar el buen funcionamiento de todo el sistema, se requirió hacer aforaciones de todos los materiales verificando con esto que la dosificación realizada por los equipos fuese la correcta. Este proceso requirió de tiempo prolongado, debido a que se realizó hasta 6 veces en cada equipo, para poder asegurar su óptimo funcionamiento y comprobar que la cantidad indicada por el equipo era la misma que se pesaba o medía manualmente, obteniendo una precisión de 99,99 %, lo cual garantizará una mezcla idónea.

En la instalación de la tubería también se colocó un juego de válvulas para desplazar el líquido a recipientes y aforar el producto indicado en el medidor. Al igual que las pruebas de sólidos, estas también fueron satisfactorias. Después de aforar con todos los materiales se procedió a realizar una mezcla con todos los sistemas de automatización, se tomaron muestras del producto y se analizaron. Como se esperaba, el Departamento de Control de Calidad aprobó las muestras y avaló el nuevo proceso, dando así paso a la implementación de la automatización de cada uno de los mezcladores.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Características técnicas, función y montaje de los equipos y de más componentes utilizados en el proyecto

Para el desarrollo y funcionamiento del proceso de transporte, dosificación y automatización, en la adición de ingredientes utilizados en cada mezcla, según el requerimiento de la fórmula en la fabricación de jabón, fueron utilizadas una serie de equipos de tipo mecánico, eléctrico y electrónico.

A continuación se da una breve descripción de las principales características de funcionamiento y algunas consideraciones que se tomaron en cuenta para el montaje y correcto funcionamiento de los mismos.

2.1.1. Equipo mecánico

En esta división se mencionan algunos equipos diseñados y fabricados por la empresa OGA, cuya función es transportar los componentes sólidos por medio de aire comprimido, esta empresa se ha especializado específicamente en el transporte neumático y aplicó en la licitación para obtener la venta de todos los equipos y componentes de este proceso. Dentro de estos se pueden mencionar los silos de almacenamiento, tolvas de distribución, filtros de tolvas y tornillos transportadores.

La instalación y montaje de estos equipos fue parte del desarrollo de este proyecto, la cual se realiza con base en los planos proporcionados por dicha empresa.

2.1.1.1. Tolvas de distribución

Son fabricadas con hierro negro de un octavo (1/8), son básicamente unos tanques con capacidad de almacenamiento de 800 Kg, están provistas de tres celdas de carga, la función principal es almacenar, pesar y distribuir por medio de los tornillos transportadores acoplada en la parte inferior. Los componentes sólidos: carbonato de calcio, soda hash y bentonita.

Se instalaron tres a cada mezclador, una para cada ingrediente, están situadas en la parte frontal, sobre el *mezzanine*, se componen de tres partes principales: cuerpo de las tolvas filtrado y tornillo transportador. Para el montaje, en el plano de diseño del *mezzanine* se dejaron espacios de 0,60 m entre vigas w8x24, sobre las cuales se montaron dos celdas de carga, para la otra definida en la distancia de la tolva al mezclador se atornilló una sección más del mismo tipo de viga transversal a las anteriores para apoyar la tercera celda. Se niveló y soldó la base de las celdas, verificando que el cono, por medio del cual la tolva entrega el producto al tornillo transportador, no tenga contacto con ninguna estructura para no afectar la medición de las celdas. (Ver figura 19).

Figura 19. **Tolvas de distribución**



Fuente: Infyma.

2.1.1.2. Colectores de polvo

Cada tolva está provista de un colector de polvo o sistema de filtrado situado en la parte superior, por medio del cual, todo el polvo que el transporte del material provoca dentro de la tolva, sea atrapado por un sistema de filtros, por los cuales se hace pasar una corriente de succión. Después de un lapso de tiempo aproximado (30 segundos), el sistema invierte la corriente de aire, provocando que el polvo adherido, se cargue nuevamente al resto del contenido del material. Este sistema está alimentado por una tubería de aire comprimido de 120 libras, PSI, y una estación de mantenimiento (marca Festo), la cual mantiene el aire seco y limpio dentro del sistema.

2.1.1.3. Tornillos transportadores

Los tornillos transportadores están situados en la parte inferior de las tolvas de distribución, este transportador está provisto de un tornillo helicoidal de 6 pulgadas, impulsado por un moto reductor (marca Flender, de origen alemán), este hace girar al tornillo y provoca que el polvo que se recibe se transporte a lo largo del tubo y se traslade hacia el mezclador, en el extremo sobre la tolva, el polvo que va cayendo hace que las celdas de carga detecten el peso que se va distribuyendo y por medio de un diferencial de peso hace que el tornillo deje de transferir más polvo. Está provisto por una válvula de mariposa, con un control neumático el cual obedece a un circuito que censa la cantidad del polvo suministrado y abre y cierra, según la dosificación requerida. (Ver figura 20).

Figura 20. Tornillos transportadores



Fuente: Infyma.

2.1.1.4. Silos de almacenamiento

Los silos de almacenamiento son tres tanques situados en el área de materia prima, para su fácil abastecimiento, con una capacidad de almacenamiento de ocho toneladas (8 ton) de cada producto.

Estos tanques fueron fabricados en lámina de hierro al carbón ASTM A-36, de tres dieciseisavos de pulgadas (3/16”), provistos de un tanque auxiliar situado en la parte inferior, donde deposita la cantidad de material a transportar a determinada tolva, donde por medio de una válvula se cierra y se le introduce aire comprimido. Una serie de micro válvulas suministran aire, lo cual provoca una turbulencia por medio de la cual hace que el producto viaje a través de la tubería de hierro al carbón de seis pulgadas (6”), hacia la tolva asignada.

Estos silos también están provistos de un sistema de filtrado igual que el de las tolvas de distribución y una válvula de seguridad, la cual se dispara si en algún momento la presión dentro del silo excede los límites para lo cual fue diseñado.

El proceso de llenado de los silos y tolvas, se manipulan de forma manual, según la información recibida de las celdas de carga, se mantiene un nivel arriba del 60 % de su capacidad, y se abastecen cuando una señal de alarma en el tablero de control, indique que la existencia de producto en la tolva es inferior a 300 kg. (Ver figura 21).

Figura 21. **Silos de almacenamiento**



Fuente: Infyma.

2.1.1.5. Transportadores de fase densa

Este equipo está formado por una estructura de tubo cuadrado de tres pulgadas (3”), y una dimensión de 1,20 * 1,40 mts *5 mts de altura. En la parte superior, un *winch* eléctrico levanta y transporta los sacos Yumbo, hasta una tolva, situada en la parte superior donde el producto es vaciado. Cuatro vibradores hacen que el polvo resbale hasta un tanque situado en la parte inferior de la tolva, el cual posee una válvula de entrada, esta se cierra y se

hace fluir una corriente de aire que transporta el producto hasta el silo que corresponde. (Ver figura 22).

Figura 22. **Transportador de fase densa**



Fuente: Infyma.

2.1.1.6. Tuberías de distribución

Las tuberías de distribución están unidas por medio de bridas de seis pulgadas de hierro al carbón cédula cuarenta, las cuales están provistas de una tubería exterior de hierro galvanizado la cual alimenta los fluidificadores encargados de formar una turbulencia en el interior y hace que el polvo no se acumule en las tuberías, luego se hace pasar una corriente de aire en el interior que hace fluir el polvo hacia las tolvas de distribución. (Ver figura 23).

Figura 23. **Cargadores de tubería**



Fuente: Infyma.

2.1.2. Equipos eléctricos

Todos los equipos eléctricos son gobernados por un programa electrónico que obedece a múltiples sensores que tienen como función principal realizar el movimiento que conduce a la automatización del proceso. Así en una pantalla digital el operador de cada mezclador introduce únicamente el nombre del tipo de jabón a producir y el sistema programa la distribución de ingredientes líquidos y sólidos en el orden indicado para su mezcla, luego se procede al empaclado y moldeado del producto.

2.1.2.1. Electroválvulas

Las electroválvulas están formadas por bobinas eléctricas que obedecen a una señal, su función es abrir y cerrar la válvula sobre la cual están instaladas. Estas responden a una señal electrónica, alguna de ellas constan de un émbolo neumático para aumentar la fuerza de operación debido al tamaño de las válvulas. La secuencia de operación obedece a la dosificación del producto, indicada ya sea por una celda de carga o a un medidor de flujo, los cuales son los encargados de fluir la cantidad de fluido o polvo añadido a cada mezclador. La electroválvulas instaladas en los mezcladores para líquidos (marca Burken de procedencia alemán), el funcionamiento es con la base de bola, el diámetro varía de acuerdo al líquido que distribuye. (Ver figura 24).

Figura 24. **Acople de tornillo transportador y mezcladores**



Fuente: Infyma.

2.1.2.2. Medidores de flujo

Los medidores de flujo son los instrumentos a través de los cuales el sistema contabiliza la cantidad de fluido que pasa por la tubería, de la precisión de estos depende la exactitud de la dosificación. Para la selección e instalación de los medidores de flujo, se tomaron en cuenta ciertos factores que influyen en la precisión de la medición:

- Selección de los medidores: para la selección de los medidores era importante examinar ciertas características del flujo y propiedades de la materia prima, hubo necesidad de hacer algunas aforaciones para determinar el flujo, se realizaron pruebas de temperatura para establecer un promedio, revisar las pérdidas en la tubería para saber si la variación de presión era significativa debido a la ubicación de los mezcladores y se comprobó que los parámetros se mantuvieron con pequeñas diferencias y se investigaron algunas de las propiedades más importantes que influyen en la velocidad, caudal y presión de flujo. Con base en estos factores se construyó la siguiente tabla.

Tabla II. **Propiedades y condiciones de flujo**

Materia Prima	Unit	Agua	Oxido Amina	Silicato	Ácido sulfónico
Viscosidad	cp.	0,89	76,80	126,40	22,60
Densidad	g/mil	1,00	0,99	1,47	1,06
Temperatura	°C	25,00	25,00	27,00	25,00
Temperatura	°F	77,00	77,00	80,60	77,00
Flujo	kg/s	1,88	0,52	3,71	2,06
Presión en tubería	Psi	40,00	33,00	70,00	140
Min mass / batch	Kg	5,00	12,30	8,00	140
Max mass / batch	Kg	16,00	20,80	75,00	200
Longitud tubería	M	112,00	70,00	152,00	103,50

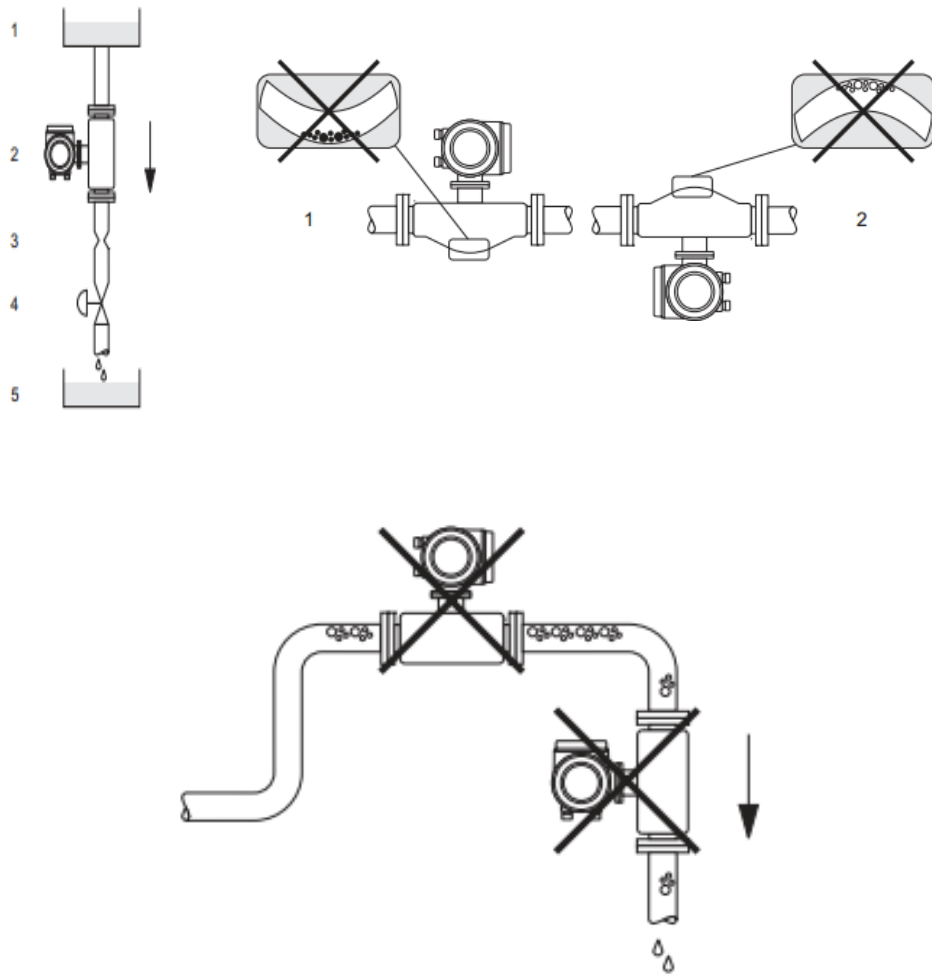
Fuente: elaboración propia.

Para los medidores de flujos, fueron enviadas las especificaciones a diferentes proveedores, después de una revisión entre las propuestas se seleccionaron los siguientes:

- Agua industrial: el agua se utilizó un medidor de flujo marca Endress+PROMAG10, este caudalímetro es de tipo electromagnético, está basado en la ley de Faraday, mide el paso de un líquido eléctricamente conductivo a través del tubo de medición, en donde se induce una tensión eléctrica entre dos electrodos opuestos cuando se le aplica un campo electromagnético perpendicular al mismo; esta tensión es proporcional a la velocidad del líquido, y por lo tanto al caudalímetros. Son utilizados comúnmente debido a que no le afectan los golpes de ariete, tiene un menor costo de mantenimiento mecánico. Este tipo de caudalímetros no son tan precisos como los de coriolis, pero debido al costo del material que transporta, las pequeñas variaciones no ofrecen cambios considerables en la dosificación, pero sí en el costo del caudalímetro siendo este uno de los principales motivos por el cual se eligió.
- Óxido de amina: se utilizó un medidor de flujo Proline Promass 80, el cual es de sistema coriolis, las recomendaciones de instalación son las mismas descritas posteriormente.
- Silicato: para el silicato se eligió un medidor Proline Promass 80H ENDRESS+HAUSER, este es un medidor de coriolis, uno de los medidores más exactos en el mercado, y aunque su precio es considerablemente alto, por el tipo de material que mide y los cambios que las fluctuaciones pueden causar en la mezcla, fue seleccionado.
- Ácido sulfónico: se eligió Promass 80F, este también es un caudalímetro de coriolis, debido a las mismas características del material anterior.

- Instalación: para la instalación de los medidores de flujo se tomaron en cuenta recomendaciones del fabricante el medidor de flujo, debe ser instalado en un lugar donde permanezca inundado, deberán instalarse después de la bomba, no en la succión, regularmente deberán instalarse en forma horizontal, si se instala de forma vertical deberá tenerse en consideración algunas especificaciones del fabricante, si el líquido que se transporta contiene muchas partículas pesadas se deberá invertir la posición normal para que las partículas no se almacenen en la parte baja del medidor, si el líquido contiene muchas burbujas, el medidor nunca se deberá instalar en forma invertida para evitar que las burbujas se acumulen en la parte tipo sifón del caudalímetro. Cuando se instale, se debe verificar que la tubería no ejerza ninguna tensión sobre el medidor, los acoples del medidor van a depender del modelo que se seleccione, ya sea bridado o con clamp, como se ilustra. (Ver figuras 25, 26 y 27).

Figura 25. Dibujo de instalación de medidores de flujo



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Figura 26. **Medidor de flujo Coriolis**



Fuente: Infyma.

Figura 27. **Medidor de flujo magnético**



Fuente: Infyma.

2.1.2.3. Indicadores de nivel

Los tanques que contienen productos líquidos están provistos de indicadores de nivel, los cuales hacen que cuando el nivel del líquido baje del 75 % de su capacidad, emita una señal la cual hace que una electroválvula se abra dando lugar a que la bomba del tanque principal arranque y mande producto para reabastecer el tanque. Al llegar el líquido a la parte superior de nivel, el otro sensor envía una señal, la cual hace que la bomba se detenga y la electroválvula también cierre el paso de producto hacia el tanque; los sensores de nivel que se seleccionaron fueron Burkert 8110, este es un sensor de nivel vibratorio, de alta precisión construido en acero inoxidable 316L, trabaja en un rango de temperatura de -40 a 100 °C, a una presión de hasta 64 Bar, lo cual garantiza un perfecto funcionamiento debido a que los parámetros están mucho más bajos. Dentro de las ventajas que estos sensores brindan se pueden mencionar:

- Gasto de tiempo y costos mínimos gracias a una configuración sencilla.
- Funcionamiento exacto y fiable gracias al punto de conmutación independiente del producto.
- Costos mínimos de mantenimiento y reparación. (Ver figura 28).

Figura 28. **Sensores de nivel**



Fuente: Infymasa.

2.1.2.4. Motores eléctricos y moto reductores

El 90 % de la energía utilizada en todo el sistema, es de tipo neumática, sin embargo los tornillos transportadores están provistos de un motor eléctrico y un moto reductor, el cual hace girar un eje helicoidal, y produce que el producto se mueva hacia el mezclador según el peso del producto requerido, se utilizaron los de marca Flender de 3HP alimentados por una corriente eléctrica de 220 V. Y una corriente de 9,60/4,80 amp. Estos motores son de procedencia alemana.

2.1.2.5. Variadores

Todos los mezcladores fueron provistos de variadores a través de los cuales la velocidad de mezcla aumenta o disminuye automáticamente, según la fórmula y el procedimiento que requiere el tipo de jabón producido.

2.1.2.6. Micros de emergencia

Debido a la alta seguridad ocupacional que se le provee al trabajador, todos los equipos han sido provistos de micros de emergencia. Estos dispositivos hacen que el equipo trabaje únicamente cuando sus compuertas y guardas estén cerradas, disminuyendo la probabilidad que por accidente el sistema lastime a cualquier persona que se aproxime a los equipos en funcionamiento, ya que inmediatamente estos se detendrán o no arrancarán hasta que las compuertas y guardas estén en su lugar.

2.1.2.7. Contactores

Estos dispositivos son los encargados de mandar la energía a todos los sistemas, obedeciendo las señales que el programa requiera y a las múltiples señales recibidas de todos los sensores instalados en tanques, medidores de flujo, permitiendo abrir o cerrar las electroválvulas, accionar los motores de los tornillos transportadores o enviar aire al sistema para llenar los silos o abastecer las tolvas de distribución.

2.2. Instalación de tolvas de distribución de polvos

Las tolvas de distribución se instalaron sobre el *mezzanine* construido para sustentar las mismas.

2.2.1. Instalación del cuerpo de la tolva

El cuerpo de la tolva es el cilindro o tanque donde se almacena el producto, está previsto de un sistema de aire que produce cierta turbulencia para que el producto no se estanque o pegue en las paredes. Además cuenta con tres celdas de carga situadas en la parte inferior, por medio de las cuales el sistema pesa la cantidad de producto que contiene y la cantidad que distribuye al mezclador.

Las tolvas van situadas sobre vigas 8 x W24" en las cuales se nivelaron y soldaron unas bases que contienen las celdas de carga, se instalaron a una distancia de 1,30 metros del mezclador para abastecerlo de una manera automática por medio de los tornillos transportadores.

2.2.2. Instalación del tornillo transportador

Los tornillos helicoidales o transportadores, fueron instalados en la parte central inferior de la tolva por medio de bridas y tornillos de 3" x 5/8 hg, estos conducen el material a través de su interior hasta el mezclador, dosificando la cantidad de producto requerido. Estos están dotados de una válvula neumática cuya función es abrir para depositar producto, cuando los sensores indican que la cantidad de polvo requerida ya fue depositada, una señal hace que la válvula cierre y el tornillo transportador se detenga.

2.3. Instalación de tanques

Los tanques de perfumes descritos anteriormente (1.19), fueron instalados en una estructura fabricada sobre el *mezzanine* de *syndet*, estos tanques no llevan celdas de carga, la dosificación se realiza con la ayuda de un medidor de flujo y una electroválvula, la tubería es fabricada con tubo de 3/4 acero inoxidable cédula cuarenta, esta tubería tiene la particularidad que su distribución es realizada por gravedad, las dosificaciones son relativamente pequeñas en comparación con los demás ingredientes.

2.3.1. Posicionamiento de los tanques

Los tanques poseen tres bases de lámina de acero inoxidable, situadas equidistantemente en la base de la parte cilíndrica del tanque, el cono va dentro del agujero, y se utilizó un tornillo A325 de 1/2" x 1 1/2", para su instalación, se nivelaron y orientaron de acuerdo a la posición de la tubería de llenado, los *man holl* también quedaron posicionados hacia la parte del caminamiento para su fácil revisión y limpieza.

Finalmente con los tanques posicionados en la dirección correcta se procedió a instalar los accesorios de la parte superior: disco de ruptura, que es un dispositivo que admite aire o libera presión si esta se excede en algún momento de la capacidad nominal de funcionamiento, la tubería de desfogue, por medio de la cual se libera la presión cuando este se llena o libera vacío, cuando se está vaciando, esta parte consta de un filtro bacteriológico para filtrar el aire que entrar y bloquea la salida de producto o vapores que se produzcan dentro del tanque. Se le instalaron dos tuberías más que son auxiliares, estas se utilizaron para otros métodos de llenado, o trasladar productos a otros depósitos. (Ver figura 29).

Figura 29. **Estructura de tanques y perfumes**



Fuente: Infyma.

2.3.2. Instalación de sensores de niveles

Para este trabajo se procedió a utilizar sensores de nivel sin dispositivos electrónicos conectados a una bomba, los cuales cuando el nivel está en la parte inferior, el sensor envía una señal para que la bomba arranque e inicie el llenado del tanque, cuando el nivel del líquido llegue al nivel estipulado superior se envía otra señal que detiene la bomba. Los sensores de nivel (marca Durkey de procedencia alemana), son de tipo vibratorio.

2.4. Instalación de tuberías para la distribución de polvos

Las tuberías para la distribución de polvos fueron fabricadas y enviadas por la empresa OGA de Colombia, quien tuvo a su cargo el diseño, medidas y características de instalación. La tubería fue construida en tubos de acero al carbón ASTM A36, con uniones por medio de bridas de 4" cédula 40, provistas de coplas situadas cada 1,5 mts para instalación de los fluidificadores encargados de facilitar el transporte de los polvos.

Para alimentar cada tolva se necesitó un juego de válvula las de 4" de bola, hierro negro con su activador neumático, que forma parte de un sistema por medio del cual se define el curso hacia donde se envía el producto.

Un 60 % de estas tuberías fueron modificadas debido a fallas en la medición de la longitud de las tuberías.

Los fluidificadores son alimentados por una tubería de aire comprimida situada paralelamente en cada tubería de polvo, cuya presión y flujo de aire es de 110 psi.

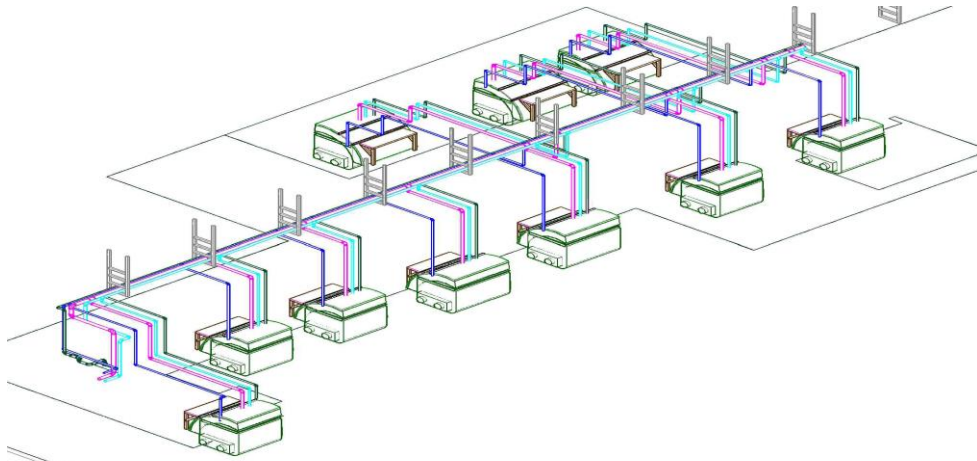
2.5. Fabricación e instalación de tuberías de distribución de líquidos

Para la distribución de líquidos se tomaron en cuenta varios factores:

- Material de la tubería: el material con que se construyeron las tuberías, depende directamente del fluido a transportar, algunas materias primas se contaminan y algunas otras son corrosivas. Se estableció un nivel entre el costo, la duración y presión que se maneja dentro de las mismas. Por ejemplo, el agua es un fluido que se puede transportar en todo tipo

de tuberías, pero el costo es el factor que más afecta su elección, un tubo de acero inoxidable cédula 40, tiene un costo de seiscientos cincuenta quetzales (Q650,00), y un tubo de hierro galvanizado, tiene un valor de ciento veinte quetzales (Q120,00), como se puede apreciar la diferencia es considerable y el resultado en pérdidas por fricción y la durabilidad de la tubería son muy similares. En otros materiales como la soda cáustica, se ha determinado que el acero al carbón resulta ser muy conveniente, ya que el material resiste perfectamente la corrosión provocada por el fluido y el precio es convenientemente bajo. (Ver figura 30).

Figura 30. **Dibujo de tuberías de distribución de líquidos**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Para determinar el diámetro de las tuberías se tomó en cuenta los diámetros de las tuberías existentes de distribución, debido a que se espera

tener un crecimiento de la planta, haciendo restricciones únicamente en las derivaciones hacia los medidores de flujo y caídas a los mezcladores.

A continuación se presenta una lista que contiene los materiales y los diámetros de la tubería de distribución y derivaciones:

Tabla III. **Tuberías y distribución de líquidos**

MATERIA PRIMA	MATERIAL DE LA TUBERÍA	DIÁMETRO DE DISTRIBUCIÓN	DIÁMETRO DE DERIVACIÓN FINAL
Agua	Hierro Galvanizado	1 ½"	1"
Silicato	Acero al Carbón	2"	1"
Ácido Sulfónico	Acero al Carbón	3"	1"
Óxido de Amina	Acero inoxidable C40	1"	¾"

Fuente: elaboración propia.

Las tuberías anteriormente mencionadas fueron unidas por medio de soldadura a excepción de la tubería de agua que fue enroscada.

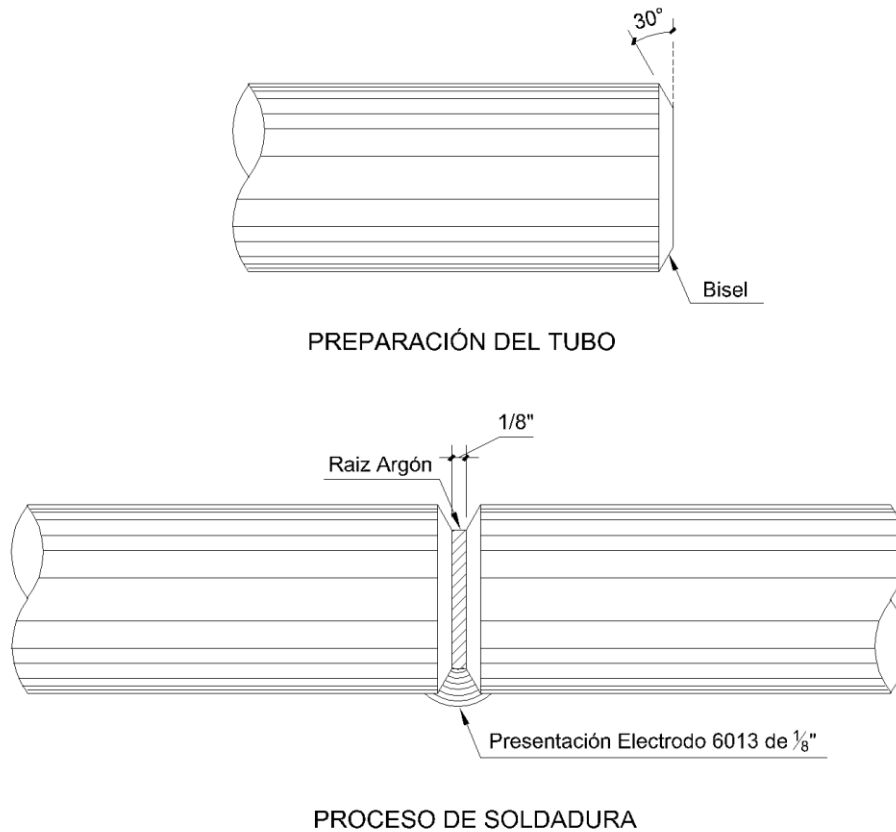
2.5.1. Tubería soldable

Para hacer todas las uniones entre tubos y accesorios se aplicaron los siguientes pasos:

- Limpieza de las partes a unir: todas las secciones donde se iba a aplicar soldadura se limpiaron con mopas grano 60, para retirar todos los posibles contaminantes que pudiesen dañar la soldadura, como aceite, restos de pintura, aislantes, entre otros.

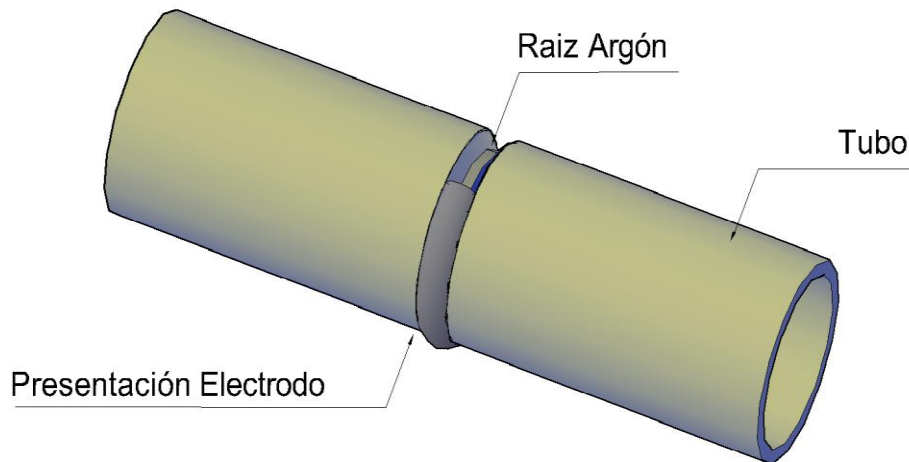
Se prepararon los extremos haciendo los cortes con la debida precisión en los ángulos determinados, se biselaron a 30° y separaron 1/8", antes de aplicar la soldadura, como se ilustra en las siguientes imágenes. (Ver figura 31 y 32).

Figura 31. **Dibujo de procedimiento de soldadura a tuberías**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Figura 32. **Dibujo de procedimiento de soldadura a tuberías**



PROCESO SOLDADURA DE TUBERIA

Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Aplicación de soldadura: La aplicación de soldadura se realizó en dos pasos. Primero la aplicación de la raíz, la cual se realizó con soldadura TIG y como material de aporte varía cobrizada. Segundo, la presentación o fase final se realizó con soldadura de arco con electrodo 6013 de 3/32", el primer paso y 1/8" el paso final o presentación, para el acero al carbón. para el acero inoxidable cédula 40, se utilizó el mismo método en la raíz, pero con micro alambre 316L. La segunda parte o fase final se realizó también con soldadura TIG, pero el material de aporte varía de 1/16" 316 L.

En el caso del acero al carbón, se aplicó una capa de pintura anticorrosiva, y luego una de esmalte del color que indica el código de colores según el material que transporta. Con el acero inoxidable cédula 40, únicamente se aplica un decapante, el cual limpia la apariencia de quemaduras en la soldadura, dejando un acabado brillante y pulido.

2.6. Automatización de los procesos

La automatización es el objetivo principal de este proyecto, se seleccionaron cuidadosamente los medidores más confiables para reducir al máximo los márgenes de error en la medición y dosificación de los ingredientes.

La alimentación de los silos se hace de forma manual con la ayuda de una grúa, se colocan los sacos Yumbo de 500 kg en una tolva de donde se trasladan por medio de una tubería y un sistema de bomba neumática hacia el silo.

Dentro del silo se almacenan hasta 8 toneladas de producto neto, a partir de este momento inicia la automatización, las celdas de carga situadas en las tolvas y silos, determinan la cantidad de producto en cada tanque. Las tolvas almacenas 800 kg de producto neto, cuando el nivel llega a 300 kilogramos, el sistema traslada producto hasta llegar al nivel máximo, además verifica que el producto que llegó a la tolva sea el mismo faltante del silo, de lo contrario presenta una alarma para que se verifique el porqué de la diferencia. Cada carga de producto lleva una cantidad de materia prima determinada, después de varias cargas hace un inventario del consumo y existencia, dado que la tolerancia debe ser mínima, sí existiese alguna diferencia.

En la parte de líquidos un medidor de flujo y una electroválvula están conectados al sistema central una vez seleccionado el tipo de jabón, se abre la electroválvula y el medidor de flujo inicia el conteo.

Cuando la cantidad de producto seleccionado ha pasado al mezclador, el sistema cierra la electroválvula y concluye la operación.

Las dosis de cada producto es seleccionado por el sistema, adhiriendo automáticamente cada material hasta completar la dosis correcta de cada uno.

Control de calidad toma muestras periódicamente, para verificar que la adición de materiales sea correcta.

Los dispositivos principales para la automatización son: los tableros de control, tableros de control de peso, celdas de recarga, válvulas neumáticas, medidores de flujo, electroválvulas y sensores de nivel.

2.6.1. Instalación de tableros de control

Los tableros de control fueron proporcionados por la empresa OGA de Colombia, se construyó una estructura angular de 2"x2"x 1/4 de hierro al carbón ASTM A36 para la sustentación de los mismos.

Se instaló un tablero de peso, por cada juego de tres tolvas, y un tablero de control general por cada mezclador, el cual fue ubicada a la par de cada mezclador donde el operador elige que tipo de jabón va a fabricar. El segundo tablero de control de peso, se colocó en medio de las tolvas de distribución sobre el silo, visiblemente al operador para verificar las operaciones y supervisar que la adición de producto fuese la correcta.

2.6.2. Instalación de indicadores de control

Para la instalación de indicadores de control se tomaron las siguientes recomendaciones del fabricante, siendo las más importantes podemos mencionar:

- Medidores de flujo: fueron instalados en el paso de líquidos por la tubería, se instalaron a diez veces el diámetro de la tubería, del más próximo codo o aumento o disminución del diámetro de la misma, en una especie de sifón, que garantiza que siempre se mantendrán llenos de producto, se cuidó de no ejercer tensión o compresión por parte de la tubería en la estructura de los mismos, y por último se realizaron aforaciones para comprobar que la medición del producto fuera la correcta.
- Electroválvulas: se instalaron lo más próximo a la caída del mezclador, no hay mayores restricciones, debido a que su función es únicamente abrir o cerrar el flujo.
- Celdas de carga: fueron instaladas después de montados todos los equipos, después no se realizó ningún trabajo de soldadura, donde fueron montadas se fabricaron unas réplicas de acero al carbón para nivelar los equipos antes de instalarlos.
- Sensores de nivel: estos equipos se instalaron en los tanques contenedores de líquido, específicamente perfumes, se estableció un mínimo para mantener un flujo estable dentro de la tubería debido a que su distribución es únicamente por gravedad y la presión del fluido depende directamente de la altura del nivel del líquido en el tanque.

3. FASE DE DOCENCIA

3.1. Importancia de la certificación del procedimiento de soldadura

Con el fin de mejorar los procedimientos de fabricación, optimizar su producto, mejorar la capacitación y calificación de sus empleados, las empresas establecen normas y controles de calidad que llevan a una certificación de su empresa, definiendo así, objetivos que los lleven a una mejor eficiencia de sus actividades y procesos.

Esto los lleva a manejar un nivel más alto en todas las áreas, desde la infraestructura hasta los procesos de producción. Por lo tanto, toda construcción que se realice debe hacerse con la mayor eficiencia, exigiendo la mejor calidad para obtener los mejores resultados, apeándose a normas establecidas.

Cuando un proceso se apega a una certificación como en el caso de la soldadura de columnas de 18" x 18" * 1/2", adicionalmente al proceso que se efectúa en la soldadura, hay una serie de pasos que permiten realizar un trabajo más limpio y eficiente. Al apearse a estos procedimientos, como resultado hay una mejora significativa en el aumento de la resistencia de la soldadura de los materiales, un aumento en la capacitación del personal, así como un avance significativo en el proceso.

Uno de los requisitos para la certificación de las soldaduras por parte de SIE (Servicios Industriales Especializados, Ltda.) fue la observación del proceso, capacitación del personal y posteriormente la aplicación de pruebas no destructivas, entre ellas la aplicación de ultrasonido requerido para este caso.

3.2. Importancia de los procedimientos de construcción

Los procedimientos de construcción han sido minuciosamente revisados, las empresas certificadas están sujetas a una serie de normas, además protegen drásticamente la seguridad de los trabajadores y la infraestructura de la empresa en sí, están obligadas a adquirir seguros contra incendios, terremotos, y casi cualquier eventualidad.

Las empresas que brindan los servicios de seguridad, seguros y supervisiones del cumplimiento de normas, realizan las revisiones necesarias, los diseños de construcción son cuidadosamente revisados para cumplir con todos estos requerimientos.

Los procesos de construcción están descritos en los planos del proyecto y son supervisados constantemente. Si algo no cumple con estos requerimientos, inmediatamente se toman medidas drásticas, que van desde la destrucción total o parcial de lo defectuoso hasta el retiro de la empresa contratista temporal o definitiva.

Cuando se dan condiciones normales en cuanto al ambiente o lugar de trabajo, los procedimientos son los mismos. En la construcción del presente proyecto hubo una serie de factores que afectaron el desempeño de las actividades de construcción debido a diversas situaciones y condiciones de trabajo como las siguientes:

- La construcción del *mezzanine* se llevó a cabo prácticamente sobre las líneas de producción; el tiempo aproximado de duración del proyecto fue de seis meses. Debido a que no podía detenerse la producción y todas las actividades se realizaron paralelamente.

- La empresa donde se realizó la instalación está certificada, lo cual implica cumplir con las normas seguridad e higiene industrial que protegen primordialmente a sus empleados, contratistas y visitantes de cualquier incidente que pueda ocurrir en el área de trabajo. Esta situación obligó a que los procedimientos se enfocaran a construir el *mezzanine* sin comprometer la seguridad de las personas que se encontraban en el área.

Al realizar el análisis de riesgo se logró establecer una serie de procedimientos para la realización del trabajo:

- Para la realización de la cimentación se encapsularon las áreas de excavación, construyendo barandas móviles, sobre las cuales se tendieron lonas para construir un encapsulado que protegía el área del polvo que se pudiera levantar al romper el concreto con el rotomartillo y excavar los cimientos. Debido a que muchas de las excavaciones alcanzaban áreas debajo de las máquinas de producción, se realizaron apuntalamientos que sustentaban el peso de las máquinas para evitar hundimientos y desnivel en las mismas. La cantidad de personal de excavación se aumentó debido a que se establecieron turnos de veinte minutos de excavación por persona dentro del encapsulamiento. Dicha área se declaró como espacio confinado, por lo que se nombraron vigilantes, se asignaron radios de comunicación, y además el área con cinta de precaución.

- Para la realización de fundición de las zapatas se instalaron mezcladoras dentro del encapsulado; por el polvo que se produce al mezclar el concreto, fue necesario el uso de respirador 8210 dentro del área en todo momento, así como lentes de seguridad, botas con puntera de acero y protectores auditivos.
- Una vez fundidas las zapatas se procedió al izado de columnas, lo que obligó al personal a evacuar el área durante el tiempo que duraba la actividad, esto hizo que se tuvieran períodos de espera, tiempos en que el personal de producción realizaba su trabajo, se utilizaron horas de comida, esto obligó a cambiar los horarios en el personal.

Para el resto de la estructura se colocaron lonas debajo del área donde se construía y se restringió el paso bajo las áreas de trabajo.

3.3. Importancia de la automatización en los procesos

Inicialmente se tuvo la visión de llevar a cabo un proyecto por medio del cual el proceso de la fabricación de jabón fuese más simple y confiable, además de brindar un ambiente limpio y libre de contaminación, eliminando todos los riesgos que conlleva el manejo manual de materias primas.

Se compró el proyecto a la empresa colombiana OGA, empresa que se dedica al transporte neumático de materiales y automatización.

Conforme el proyecto avanzó se hizo evidente la magnitud de su alcance, automatizando más del 90 % de todos los procesos de fabricación.

La automatización abarca desde la transportación del producto de la bodega de materia prima a través de ductos de hierro negro, hasta la dosificación final dentro de los mezcladores de los polvos y líquidos utilizados en cada caso.

Actualmente el operador de un mezclador únicamente debe elegir en un tablero digital el nombre del jabón a fabricar y con oprimir ese nombre todo el sistema inicia el proceso, adicionando en los mezcladores las cantidades correctas de cada materia prima, llevando además un control de existencia de todos los materiales y haciendo los requerimientos cuando la existencia de estos llega a los mínimos establecidos.

El proceso es continuo, elimina lapsos de espera en la línea de producción; además, hay un ahorro significativo de energía, debido a que los equipos se encienden desde que se inicia el primer turno hasta la culminación del último, en un tiempo aproximado de dieciocho horas. Para producir esa misma cantidad de producto actualmente se necesitan únicamente doce horas, en el aspecto de higiene, debido a que los productos se adicionan directamente al mezclador, las áreas de trabajo están libres de residuos de material, se ha levantado la restricción de uso de respirador, el reproceso es casi nulo, el producto desechado ha llegado casi a cero, reduciendo además el alto costo de la destrucción de todo aquel material que no llenaba los requisitos de calidad.

El proyecto ha sido un éxito, las personas que se recortaron en el área han sido trasladadas y capacitadas para líneas nuevas de producción. Se ha catalogado como un proyecto auto reembolsable a mediano plazo.

3.4. Presentación de mejoras y avances

A continuación se menciona una serie de mejoras y avances con la implementación del nuevo proyecto a corto y mediano plazo.

- Mejora en la ergonomía de los trabajadores: antes de la automatización del proceso, la materia prima se transportaba manualmente desde la entrada del *mezzanine* donde la depositaba un montacargas a una distancia aproximadamente de 45 metros del último mezclador y 15 metros del primero. Los sacos se trasladaban en lotes de tarimas que contenían 60 sacos de 50 libras cada uno por medio de una mula o transporte manual con rodos que levantaba la tarima y esta era empujada por dos trabajadores hasta colocarla frente al área del mezclador donde se iba a utilizar. El trabajador debía contar con un cinturón de fuerza para evitar lesiones musculares, luego debía adherir cargando cada saco de la tarima al mezclador, provocando esto una cantidad considerable de polvo durante toda la operación, motivo por el cual Seguridad Industrial había restringido el paso al área a todo aquel que no portara un respirador 8210.
- Menos riesgo de quemaduras y contaminación: los productos líquidos de adición, tales como la soda cáustica, el ácido sulfónico y el silicato son productos altamente dañinos a la salud, el simple contacto con la piel produce quemaduras y en los ojos puede causar ceguera. Un simple derrame significaba un alto al proceso de producción, ya que se restringía el paso de todo el personal por el área hasta que el producto fuera removido. Además todos los trabajadores debían estar provistos de guantes, gabachas y hasta trajes de neopreno, respiradores de cara completa, todo este equipo hacía incómoda su labor.

- Mejora en el tiempo de producción: las labores de transporte y dosificación manual, hacían que el proceso fuera lento y pausado, ya que el mismo personal que transportaba las materias primas también hacía la dosificación, provocando a veces confusión en el conteo del material. Con la automatización el proceso es continuo, lo que hace un mejor aprovechamiento de todos los equipos y del personal que trabaja en la línea de empaque.
- Mejora en la dosificación: dentro de las ventajas más significativas que brinda la automatización, está la adición exacta de los ingredientes de cada fórmula, esto dá como resultado una uniformidad en el producto final, ahorrando energía, recursos naturales y humanos al disminuir el reproceso o hasta desecho de lotes de producto terminado, ya que por no llenar los requisitos del control de calidad el producto se desechaba y se incineraba, o en el mejor de los casos, se sometía a un reproceso que implicaba la asignación de un grupo de personal para separar el producto de su empaque, lo cual era una pérdida de recurso humano y material.
- Mejor aprovechamiento del recurso humano: algunas veces la automatización de algunos procesos representa una amenaza para los trabajadores, al sentirse desplazados por los equipos que realizan actividades que antes ellos hacían. La política de la empresa permite que los trabajadores se capaciten, algunos para controlar la automatización del proceso, que regularmente son los jefes de línea o personal destacado; el resto es aprovechado en la apertura de nuevas líneas de producción, donde reciben capacitación y oportunidades de ejercer nuevos puestos con mejor remuneración como incentivo al cambio. (Ver figuras 33, 34 y 35)

Figura 33. **Polvos de materia prima**



Fuente: Infyma.

Figura 34. **Adición de materias primas manual**



Fuente: Infyma.

Figura 35. **Syndet de jabones automatizado**



Fuente: Infyma.

CONCLUSIONES

1. Una automatización correctamente estructurada del proceso, permite la minimización del tiempo en los procedimientos de producción.
2. La automatización permite sustituir ciertas actividades, lo que contribuye a una reducción de costos.
3. La automatización también posibilita la menor interacción del trabajador en el proceso, disminuyendo el error humano en la preparación de los productos.
4. Como consecuencia de la optimización de los procesos se obtiene un ahorro de energía considerable.
5. Para la realización de un proyecto es necesario seguir los procedimientos establecidos, respetando principalmente las normas internas que rigen dentro de cada empresa.
6. Las certificaciones de algunos procesos son indispensables para la aceptación de estructuras sometidas.
7. Es indispensable seguir los procedimientos establecidos para poder certificar una soldadura correctamente aplicada.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario seguir todos los procedimientos y normas establecidas, para evitar complicaciones.
2. El correcto seguimiento de las normas de higiene y de seguridad industrial garantizan, que el índice de accidentes se disminuya considerablemente, reduciendo gastos y daños a la empresa, así también protege la integridad física de los trabajadores.
3. El uso de la soldadura (TIG) permite una adherencia más sólida a los materiales, en áreas de difícil acceso, ofreciendo una alta calidad y precisión.
4. Para realizar una soldadura adecuada es necesario el seguimiento de los métodos establecidos, obteniendo una alta calidad y precisión en el trabajo realizado.
5. Se necesita establecer el método de soldadura a utilizar dependiendo del lugar y materiales a soldar.
6. Cuando se construye bajo normas de seguridad establecidas es indispensable seguir las técnicas correctas para lograr una mejor eficiencia en la actividad que se realice.

7. Es de utilidad conocer las propiedades mecánicas de los materiales existentes en el mercado, para brindar o exceder la capacidad de carga, presión y corrosión que generan las materias primas al ser almacenadas o transportadas.

8. Cuando se diseñe en la industria es importante considerar una proyección futurista, excediendo las capacidades presentes y considerando las futuras.

BIBLIOGRAFÍA

1. CALLISTER JR. William D. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. España: Revereté, 2006. Vol. 1. 474 p.
2. MACY, Rudolph, *Química orgánica simplificada*. España: Revereté, 2005. 287 p.
3. MOTT, Robert L. *Mecánica de fluidos*. 6a ed. Mexico: Pearson Education, 2006. 629 p.
4. SEGUI, William T. *Diseño de estructuras de acero con LRFD*. 2a ed. Internacional Thomson, 2000. 619 p.

ANEXOS

Cronograma de actividades

A continuación se detallan las principales actividades que se realizaron durante el desarrollo del presente proyecto, algunas de ellas se realizaron simultáneamente en el taller con el lugar de instalación.

Julio de 2013

Actividad	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	
Trazo																								
Excavación A+1																								
Fabricación columnas A+1 y A+2																								
Excavación columna A+2																								
Inst. y fab. Estructura Zapata y pedestal A+1, A+2																								
Fundición Zapata y pedestal A+1 y A+2																								
Fabricación columnas B+1 y B+2																								
Excavación B+1 y B+2																								
Fundición de piso A+1 y A+2.																								
Inst. y fab. Estructura Zapata y pedestal B+1, B+2																								
Fundición de Zapata y pedestal B+1 y B+2.																								
Fabricación columnas C+1 y C+2																								
Excavación C+1 y C+2																								
Actividad en el taller																								
Actividad en el lugar de instalación																								

Agosto de 2013

Actividad	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31
Excavación E+1 y E+2																					
Fabricación columnas D+1 y D+2																					
Apuntalamiento ploder sindet 8																					
Fab. E Inst. estructura C+1 y C+2																					
Fundición C+1 y C+2																					
Fundición de piso B+1, B+2, C+1 y C+2																					
Fabricación de columna de refuerzo E+1 y E+2																					
Fabricación de estructura E+1 y E+2																					
Excavación de D+1 y D+2																					
Fab, e inst. estructura D+1 y D+2																					
Fundición de D+1 y D+2																					
Excavación E+1 y E+2																					
Fab. E inst. estructura E+1 y E+2																					
Fundición de E+1 y E+2																					
Fundición depuso D+1, D+2, E+1 y E+2																					
Instalación de columnas A+1 y A+2																					
Fabricación de uniones y banderas																					

Septiembre de 2013

	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	
Fabricación de vigas W 21 x 44 y W21 x 57																						
Instalación de columnas B+1 y B+2																						
Instalación de banderas entre Ay B																						
Instalación de columnas C+1 y C+2 (mod. mezc)																						
Instalación de vigas W 21 x 57 entre Ay B																						
Fabricación de vigas W 8 x 24																						
Instalación de vigas W 21 x 44 entre Ay B																						
Instalación de columnas D+1 y D+2																						
Fabricación de vigas W 8 x 24																						

Octubre de 2013

Instalación de reforzamiento E+1 y E+2																																							
Instalación de banderas entre C y D																																							
Instalación de vigas W 21 x 57 entre B y C																																							
Fabricación de vigas c																																							
Instalación de vigas W 21 x 57 entre C y D																																							
Instalación de banderas entre C y D																																							
Fabricación de tanques de perfume																																							
Instalación de vigas W 21 x 44 entre C y D																																							
Fabricación de vigas W 14 x 30																																							
Instalación de vigas W 8 x 24 entre A y B																																							

Noviembre de 2013

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Instalación de vigas W 8x 24 entre A y B																														
Fabricación de tanques de perfume																														
Instalación de vigas W 8 x 24 en B y C																														
Instalación de vigas W14 x 30 en D y E																														
Instalación de vigas W 21 x 44 entre D y E																														
Instalación de Tolvas en sindet 7 (A y B)																														
Instalación de cargadores en pasillo de sindet																														
Instalación de vigas W 8 x 24 en C y D																														
Instalación de vigas W 8 x 24 en D y E																														
Instalación de vigas c entre A, B y C																														
Fabricación de estructura para inst. de tanques.																														
Instalación de vigas c en C, D y E																														
Instalación de Tolvas de Sindet 6 (A y B)																														
Instalación de lámina labrada de 1/4" en A y B																														
Fabricación de tubería de agua y silicato																														
Instalación de estructura de tanques de perfume																														
Instalación de tolvas de sindet 9 (B y C)																														
Instalación de filtros y transp. De sindet 7																														
Fondo y pintura de estructura y lámina																														

Diciembre de 2013

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Instalación de lámina entre B, C y D																														
Fabricación de tubería de O. de amina y sulfónico																														
Instalación de tolvas de sindet 8 y axion 2																														
Instalación de lámina labrada de 1/4" en D y E.																														
Instalación de tolvas en Axion 1																														
Instalación de tanques de perfume																														
Fabricación de soportería de tubería de polvos																														
Montaje de silos y equipos en Materia prima																														
Instalación de transp. Y filtros de sindet 6 y 9																														
Fabricación de tubería faltante de polvos																														
Inst. de Transp. Y filtros de sindet 8, axion 1 y 2																														
Instalación de tubería de líquidos y paneles																														
Instalación de tubería de polvos																														
Aforaciones de líquidos y polvos en sindet 6 y 7																														
Habilitación de sindet 6 y 7																														
Fondo y pintura de estructura y lámina																														
Fondo y pintura de tuberías																														

Enero 2014

Actividades	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Aforación de tuberías en sindet 9 y 8														
Aforación de tuberías en axión 1 y 2														
Habilitación de sindet 8 y 9														
Habilitación de axion 1 y 2														
Pruebas de funcionamiento y calibración														
Entrega del proyecto														