

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Cabina para el Lavado de Piezas Metálicas Mediante el Proceso de Fosfatado

Sebastián Hidrobo Alarcón
José Rafael Barragán Rojas
Alfredo Valarezo, PhD., Director de tesis

Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Quito, Abril de 2013

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería**

HOJA DE APROBACIÓN

Cabina para el Lavado de Piezas Metálicas Mediante el Proceso de Fosfatado

**Sebastián Hidrobo Alarcón
José Rafael Barragán Rojas**

Alfredo Valarezo, PhD.
Director de Tesis
Miembro del Comité de Tesis
Coordinador de Ingeniería Mecánica

.....

Edison Bonifaz, PhD.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Carlos Luis Pérez, M.Sc.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Ximena Córdova, PhD.
Decana de la Escuela de Ingeniería
Colegio de Ciencias e Ingeniería

.....

Quito, Abril de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: _____

Nombre: Sebastián Hidrobo Alarcón

C. I.: 1719115311

Firma: _____

Nombre: José Rafael Barragán Rojas

C. I.: 1712175627

Lugar: _____

Fecha: _____

Resumen:

El propósito de este proyecto fue el diseño y construcción de una cabina semiautomática para lavar metales. La empresa interesada, AICO Ltda., requirió de esta cabina para completar su línea de producción de pintado electroestático. Para empezar, se investigó acerca de los diferentes métodos de lavado y se escogió el lavado por aspersión con ácido: el fosfato de zinc. Dentro de las necesidades de AICO Ltda., éste era el método más adecuado. La cabina fue diseñada para cumplir con tres etapas de lavado necesarias para la limpieza ácida, todo dentro de la misma área de lavado: la limpieza de las suciedades del metal, el enjuague y el fosfatado. Existen tres partes esenciales en el diseño. Primero, una excavación en el piso (obra civil), el cual, corresponde al cuarto de máquinas: tanques de reserva, bombas centrifugas y sistema neumático de control para ingreso y salida de los fluidos. Segundo, todo el sistema de transporte de los fluidos (montaje hidráulico): tuberías, válvulas, accesorios hidráulicos y dispositivos de aspersión. Tercero, la estructura del sistema (montaje estructural). La cabina fue construida dentro de la planta AICO Ltda., con la ayuda de sus trabajadores. Una vez concluida la construcción, la empresa quedó satisfecha con el resultado, en donde se puede lavar piezas metálicas para posteriormente completar el proceso de pintado electroestático. La cabina no solamente agiliza la producción, sino también eleva la eficiencia y atributos de la pintura, mejorando así los estándares de calidad de sus productos.

Abstract:

The purpose of this project is to design and construct a semiautomatic cabin to clean metals. The interested company, AICO Ltda., needs the cabin to complete an electrostatic coating production line. The first step was to investigate different cleaning processes used for electrostatic coating. Spray cleaning with the acid zinc phosphate was chosen as the most suitable for the company's needs. The cabin was designed to accomplish three cleaning stages: removal of dirt and unwanted particles, rinsing and phosphate coating. There are three essential parts in the design. The first part is the civil construction including an excavation in the ground which corresponds to the machinery room. Here, the reservoir tanks, centrifugal pumps and the pneumatic control system for the fluids inlet and outlet are placed. The second part is the hydraulic assembly where all the piping, valves and accessories such as the spray nozzles are positioned. The third part is the structural assembly made from machined steel sheets and tubes. The whole cabin was constructed by AICO Ltda. Once the construction of the cabin concluded the company was satisfied with the results; metals can be cleaned and the electrostatic coating production line was completed. The cabin not only speeds up the production but also improves the efficiency and attributes of the paint, improving the quality standards of their products.

INDICE

Capítulo 1: Introducción	13
1.1. Descripción del proyecto, ¿Quién es el interesado?	13
1.2. Objetivo General	14
1.3. Objetivos Específicos	14
1.4. Proceso actual de lavado realizado en AICO	15
Figura 1.1: Cambio de color y textura en la aplicación de fosfato de zinc en un metal.....	16
Figura 1.2: Cambio de color y textura durante la prueba de aplicación de fosfato de zinc de forma manual en la planta AICO.....	16
1.5. Necesidades de AICO	16
1.6. Procesos de Limpieza	17
1.7. Usos de los productos de AICO	19
Capítulo 2: Marco Teórico	21
2.1 Prevención de la corrosión y la importancia de pintar un material	21
2.2 La Pintura en polvo y los procesos de limpieza del material	21
2.3 La limpieza Ácida	22
2.3.1 Métodos de aplicación	23
2.4 El fosfato de zinc	23
2.4.1 Otros fosfatos	24
2.4.2 Condiciones de operación	25
Tabla 2.1: Etapas y variables a considerar en el método teórico de aspersión mediante fosfato de zinc (ILVE CHEMICALS).....	25
Tabla 2.2: Etapas y concentración del proceso de fosfatado en metales mediante Ladif Fos Ultra. ..	26
Tabla 2.3: Etapas y variables de fosfatado probadas por los autores en la planta AICO mediante el método de aspersión a temperatura ambiente.	27
2.5 Tecnología y Materiales	27
2.5.1 Planchas de acero	27
2.5.2 Aspersores	28
Figura 2.1: Funcionamiento de aspersor simple y su alcance	28
2.5.3 Bombas	29
Figura 2.2: Bomba Centrífuga (AST bearings LLC, 1998-2012)	29
2.6 Hidráulica de tuberías	30

2.6.1	Generalidades acerca de los fluidos	30
2.6.2	Tuberías	31
2.6.2.1	Perdidas en una tubería	32
	Figura 2.3: Croquis de definición para escurrimiento de tuberías (Linsley & Franzini, 1980, pág. 348)	32
2.6.2.2	Tubería con aspersores	34
	Figura 2.4: Perdidas en una tubería porta-aspersores (Franco Salas & Pérez Urrestarazu, 2008).	35
Capítulo 3: Diseño		37
3.1.	Introducción al Diseño	37
3.1.1.	Espacio disponible	37
	Figura 3.1: Dimensiones generales del espacio para colocar la cabina. (Diseño de los Autores).....	37
3.1.2.	Perfiles lavados en la fábrica, la pieza crítica	38
	Figura 3.2: Conjunto de piezas y partes que son lavadas y pintadas en AICO.	38
	Figura 3.3: Tamaño de las planchas metálicas adquiridas en Acero Comercial S.A. y Acercons. (Diseño de los Autores).....	39
	Figura 3.4: Tamaño del perfil crítico impuesto para el diseño del espacio interno de la cabina. (Diseño de los Autores).....	39
3.1.3.	Materiales y elementos para la construcción de la cabina	40
3.1.3.1.	Material de construcción	40
3.1.3.2.	Material hidráulico	40
3.2.	Diseño	41
	Figura 3.5: Componentes principales de la cabina. (Diseño de los Autores).....	42
3.2.1.	Estructura	42
	Figura 3.6: Estructura principal y sus componentes.	43
	Tabla 3.1: Elementos Principales Estructura (Código ME = Montaje Estructura / P = Puertas). (Diseño de los Autores).....	46
3.2.2.	Sumidero	46
	Figura 3.7: Sumidero vista isométrica. (Diseño de los Autores)	47
	Figura 3.8: a) Sumidero vista frontal, b) Plancha 5 vista superior. (Diseño de los Autores).....	48
	Figura 3.9: Primera Propuesta Sumidero con un canal y tres desagües. (Diseño de los Autores).....	49
	Figura 3.10: Segunda Propuesta Sumidero, canal y un solo desagüe. (Diseño de los Autores)	49
3.2.3.	Techo	50

Figura 3.11: Techo de acuerdo a su funcionalidad de transportar. a) Dimensiones y posición del riel adaptada a la vía de transporte de la cabina de pintura, y b) Vista isométrica del techo y su configuración en el espacio. (Diseño de los Autores).....	50
Figura 3.12: Vista Isométrica del esqueleto del techo. (Diseño de los Autores)	51
Figura 3.13: Vista Frontal configuración techo en el espacio. (Diseño de los Autores).....	52
3.2.4. Puertas	52
Figura 3.14: Diseño de las puertas. (Diseño de los Autores)	53
Tabla 3.2: Elementos del diseño de las puertas. (Diseño de los Autores).....	54
3.2.5. Rejilla para caminar	55
Figura 3.15: Rejilla para caminar ensamblada. (Diseño de los Autores).....	55
Tabla 3.3: Conjunto de elementos diseño rejilla para caminar. (Diseño de los Autores)	56
3.2.6. Obra Civil, tanques de reserva y bombas de recirculación	56
Figura 3.16: Vista Isométrica de la obra civil con sus elementos. (Diseño de los Autores).....	58
3.2.7. Tanques de reserva	58
Figura 3.17: Formato vista plana de las planchas y vista superior e isométrica del tanque central. (Diseño de los Autores).....	59
3.2.8. Aspersores	60
Figura 3.18: Diseño de la posición de los aspersores.....	61
3.2.9. Pruebas de funcionamiento de los aspersores tipo GG adquiridos en Spraying Systems. 62	
Figura 3.19: Sistema de pruebas de aspersores modelo GG mediante agua y Ladi Fos Ultra.....	62
Figura 3.20: a) Placas de prueba antes de someterse al fosfatado, b) Las mismas placas después del fosfatado mediante Ladi Fos Ultra.....	63
3.2.10. Diseño de la red de tuberías	63
Figura 3.21: Tubería con sus accesorios.	64
3.2.11. Sistema de válvulas neumáticas para la entrada de fluidos de la bomba hacia los aspersores	64
Figura 3.22: Posición de las válvulas en la tubería	65
Figura 3.23: Válvula de bola neumática	65
3.2.12. Sistema válvula neumática para el desagüe de los fluidos	66
Figura 3.24: Mecanismo de desagüe sumidero.	66
Figura 3.25: a) Elementos mecánicos interiores, b) Rango de rotación del actuador con 5 grados de tolerancia y c) tabla de presión de trabajo y su torque.	67
3.2.13. Hidráulica	67

3.2.13.1. Diámetros de la tubería	68
3.2.13.2. Perdidas en la tubería	69
Figura 3.26: Ruta con mayores accesorios desde la bomba hasta el aspersor más alejado.....	70
3.2.13.3. Diseño de las bombas	75
Tabla 3.4 Resultados de los cálculos del caudal y la altura necesaria para la bomba.....	75
Figura 3.27: Grafico del desempeño de las bombas WUA utilizadas en la cabina. Señalización de la curva del rendimiento requerido en el sistema.....	76
3.2.14. Circuito de Control y de Potencia	76
3.2.14.1. Diagrama de Tiempos	77
Figura 3.28: Proceso de fosfatado en el tiempo para la cabina de fosfatado en relación a sus elementos mecánicos y eléctricos.	78
3.2.14.2. Circuito de Control y de potencia	79
Figura 3.29: Lógica de control mediante contactos y bobinas solenoides.	79
3.2.14.3. Circuito Neumático	80
Figura 3.30: Circuito neumático completo de los actuadores rotativos doble efecto con sus electroválvulas 5/2 con retorno por muelle y su circuito de control expuesto arriba.	80
Capítulo 4: Construcción	82
4.1 Obra civil	82
Figura 4.1: a) y b) Proceso civil de picar el concreto del suelo y excavación.	82
Figura 4.2: a) Vista de planta del plano de la obra civil con sus dimensiones finales y b) vista lateral derecha con medidas en milímetros.	84
Figura 4.3: Cimentación y caja de concreto casi finalizada.....	85
Figura 4.4: a) Construcción de marco de acero y colocación de la base cabina, b) vista de los marcos de acero, c) construcción y colocación de las gradas y d) marco de acero compuertas de ingreso. ...	86
4.2 Estructura: base y columnas principales	87
Figura 4.5: a) Soporte en L central de la cabina y b) platina de sujeción y nivelación en por cada pata.....	87
Figura 4.6: a) Corte de la plancha en estado de suministro, b) corte en las dimensiones deseadas, c) Troquelado de las columnas principales, d) primer doblado columnas y e) segundo doblado columnas.	88
Figura 4.7: Montaje de las columnas principales en el conjunto base sumidero.	89
4.3 Sumidero	89
Figura 4.8: Sumidero soldado afuera y colocado luego en la base cabina.....	90
4.4 Estructura – Base superior, techo interior y tarjeta protectora	91

Figura 4.9: Base superior montada en la estructura principal.	91
Figura 4.10: Esqueleto de la base superior o techo ensamblado a la estructura principal.	92
4.5 Estructura – Paredes y puertas	93
Figura 4.11: Montaje de las paredes internas a la estructura principal.	94
Figura 4.12: Puertas listas para el montaje.....	95
Figura 4.13: a) Montaje y posición de los soportes de las puertas o Z y b) rieles de las puertas y sujeción de las puertas.....	95
4.6 Estructura – Tanques de reserva, rejilla para caminar dentro de la cabina y riel de transportación	96
Figura 4.14: a) Doble parte superior tanque, b) alma en la mitad del tanque y c) vigas U para base de los tanques.....	97
Figura 4.15: Caminadora dentro de la cámara de lavado y tensores para corregir el desnivel del sumidero.....	98
Figura 4.16: Viga transportadora tipo IPE100 con su proceso de barolado.....	99
4.7 Tubería	99
Figura 4.17: a) Conexión universal que conecta la parte inferior con la superior. b) Válvulas de bola en los cuatro porta ramales esquineros y muestra de los casquillos (bushings) reductores. c) Válvulas de bola en la entrada principal de los ramales en la parte superior de la cabina.....	100
Figura 4.18: a) Corte de la tubería. b) pegado de tubería. c) pegado de tubería. d) Prueba de encaje de las piezas de la tubería sin pega. e) Collarín, casquete (bushing) y aspensor. f) Tubería con aspersores lista dentro de la cabina. g) Tubería pegada incluyendo válvulas, por debajo de la cabina. h) Conexión de la bomba.....	103
4.8 Neumática	104
Figura 4.19: Válvula de mariposa de desagüe del sumidero antes de reforzar su sujeción.	104
Figura 4.20: Válvula de mariposa de desagüe con sus dos planchas de refuerzo de 3 mm de espesor.	105
Figura 4.21: a) Actuadores rotativos para válvulas de mariposa de desagüe, b) manifold, silenciadores, mangueras de presión de aire y electroválvulas, c) unidad de mantenimiento con la entrada principal de aire con su racor y acople rápido y d) actuador neumático rotativo para la válvula de bola para las tuberías.	106
4.9 Tablero de control	107
Figura 4.22: a) tablero de control tipo B-Line, sus conductos de cables y channels y b) distribución de los elementos eléctricos de control y de potencia.	107
Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones	109
5.1 Conclusiones	109
5.2 Recomendaciones	110

6. Bibliografía	112
7. ANEXOS A	114
8. ANEXOS B (PLANOS)	115
9. ANEXOS C (ECUACIONES)	115

Capítulo 1: Introducción

1.1. Descripción del proyecto, ¿Quién es el interesado?

El proyecto consiste en la construcción de una cabina para el lavado de piezas metálicas, proceso necesario para pintarlas eficazmente. La limpieza del material es algo crítico en la calidad de la pintura; cualquier sedimento, grasa, fibra u otra suciedad en la superficie puede bloquear la adhesión de la pintura provocando imperfecciones (Waters, 1996). AICO Engineering consideró contar con una línea de procesos continuos para pintar sus productos de forma eficiente. AICO cuenta con cabinas de pintado y curado/cocción del material, pero necesita de una cabina de lavado para completar la línea de producción. Actualmente el lavado se lo realiza de forma manual pero este proceso no es muy eficiente. Con una cabina de lavado se completaría la línea de procesos continuos y se lavarían de mejor manera los materiales.

AICO se especializa en la manufactura y el desarrollo de productos eléctricos de aplicación en el área petrolera, industrial, de generación y transmisión eléctrica. Además es representante de marcas como Schneider Electric y Hyundai, entre otros, dentro del Ecuador. (AICO, 2010) Actualmente recibe el material de producción en estado de suministro y lo prepara para el futuro ensamblaje y construcción de varios productos eléctricos, mayormente conocidas en el medio como celdas eléctricas de control. El material es procesado dentro de la fábrica para ahorrar dinero y prevenir errores. El proceso consta de varios procedimientos metal mecánico en general como: corte, troquelado, soldadura, rectificado, lavado, pintura. La proyección de la empresa es la automatización industrial de varios de los procesos en la planta para contar con mayor control y precisión en los mismos.

Las necesidades ingenieriles de AICO decidieron la implementación de un proceso automático, como es la aplicación del fosfato de zinc por aspersion. La planta ya cuenta con algunos sistemas automáticos que se pueden adaptar al proceso de aspersion, como por ejemplo el sistema de movimiento de las piezas que transporta éstas de forma automática con la ayuda de motores eléctricos y rieles a través de la línea de pintado.

El área de trabajo de la cabina de lavado consta de un espacio cerrado en el cual las piezas serán sometidas a varios procesos. La cantidad de procesos depende del químico que se utilice y el grado de limpieza requerido. Usualmente la especificación de los procesos de la limpieza es dada por el proveedor del químico. Sin embargo, en la presente tesis sin importar la cantidad de procesos, solo va a existir una vía de circulación. Los diferentes químicos van a ser trasladados mediante un circuito hidráulico de una sola vía durante los tiempos necesarios. Dependiendo del tamaño de las piezas, se las limpiará en grupos de piezas similares o de una en una. El proceso de secado de las mismas también es importante y se lo considera sucesivo al de limpieza. El secado se puede realizar tanto dentro de la cabina como fuera de ella, pero éste tiene que ser inmediatamente después del fosfatado para evitar la corrosión en las planchas.

1.2. Objetivo General

Diseñar y construir una cabina semi-automática para lavar metales.

1.3. Objetivos Específicos

- Diseñar y manufacturar las partes y piezas para que se acoplen perfectamente al sistema y su funcionamiento.
- Transportar el agua y los fluidos de forma eficiente a los aspersores de lavado.
- Cubrir todo el espacio de lavado dentro de la cabina para asegurarse que las piezas sean fosfatadas por completo.
- La cabina tiene que ser hermética para que los fluidos no se derramen fuera de ella.
- Diseñar e instalar un sistema para poder controlar los fluidos a la entrada y a la salida del espacio de lavado.
- Calcular el consumo de fluidos que se necesita para completar el proceso de lavado y de qué manera serán estos fluidos almacenados.
- Investigar acerca de los materiales de construcción y los materiales hidráulicos.
- De qué manera se van a tratar los fluidos desechados, como saldrán del área de trabajo a su almacenamiento y posterior tratamiento.
- Optimizar los costos de todos los materiales de todos los componentes en la ejecución del proyecto.

- Diseñar todos los componentes de la cabina para que su mantenimiento sea fácil de realizar.

1.4. Proceso actual de lavado realizado en AICO

En el proceso de lavado actual el pintor especializado lava las piezas de forma manual. Para poder comenzar con este procedimiento es necesario verificar que la pieza no contenga residuos de fases anteriores. Generalmente el material proviene de etapas como el troquelado, plegado y solda en donde muchas veces quedan restos no deseados. Cuando el material contiene estos residuos es necesario hacer un acabado previo a la pieza. El pintor utiliza una amoladora, lijas y espátulas para asegurarse de que la superficie y las aristas de la pieza sean lo más homogéneas posibles. Asimismo, si la superficie del material contiene escrituras hechas con marcador, se utiliza diluyente (tiñer o Thinner en inglés) para removerlas. También se da el caso en donde quedan fallas y orificios por los procedimientos mencionados. En estos casos se corrige estos errores con masilla.

Después del proceso de acabado, el pintor recoge en una cubeta cierta cantidad de la solución de fosfato de zinc y en un espacio al aire libre, comienza con el lavado. Como primer paso el pintor remoja una esponja o franela con la solución ácida de fosfato para después pasarla por toda la superficie de la pieza. Es necesario que toda la superficie a ser pintada de la pieza, sea mojada con el ácido. El pintor deja reposar al material con la solución por algunos minutos y después enjuaga la pieza con agua. Paso seguido se seca el material al aire libre o con aire comprimido. Por último, el pintor revisa la pieza para ver si está lista para el pintado. En este punto la superficie del material tiene que haber cambiado del color típico de acero laminado en caliente a un azulado opaco. La textura del material también cambia de un liso áspero a un liso suave (Figura 1.1). En la práctica el cambio de color y textura, con el proceso de lavado manual, no es tan uniforme e incluye otros colores como el blanco (Figura 1.2). Esto puede ocurrir porque el químico utilizado no es bueno o el tiempo de aplicación no es el ideal. También puede ser el resultado de la manera en que se secan las piezas; cuando el secado no es uniforme el fosfatado tampoco lo es. En el lavado realizado en la fábrica se considera que el proceso es bueno cuando existe un pequeño cambio de color, a un color azulado, y de textura, a una textura más lisa (Figura 1.2).

Cuando el material está listo se continúa con el proceso de pintura. Si no lo está es necesario que se lo vuelva a lavar.



Figura 1.1: Cambio de color y textura en la aplicación de fosfato de zinc en un metal
[<http://phosphating.net/powder-coating.html>]



Figura 1.2: Cambio de color y textura durante la prueba de aplicación de fosfato de zinc de forma manual en la planta AICO

1.5. Necesidades de AICO

El objetivo de la empresa AICO es construir una línea industrial para pintar planchas metálicas utilizadas para la fabricación de paneles eléctricos. La línea necesita de un proceso de lavado, rociado de polvo de pintura y horneado (AICO, 2010). Actualmente AICO cuenta con las dos últimas fases y se lava las piezas de forma manual. Lavar de esta manera es poco eficiente, y por esto la empresa pierde tiempo, dinero y calidad. Para mejorar el proceso es necesario construir una máquina de lavado e implementarla a la línea de producción. Así las piezas metálicas se lavarán, pintarán y hornearán automáticamente. La finalización del proyecto tendrá un gran

impacto en la empresa, ya que, podrán optimizar su producción, además de mejorar la calidad de sus productos y su competencia.

De la misma manera con procesos automáticos la producción de la fábrica será mucho más rápida, ágil y eficiente. Al automatizar los procesos estos son más fáciles de controlar y conllevan una menor probabilidad de error, creando así productos de mejor calidad. (Trevathan, 2006)

La iniciativa nace del Ing. Carlos Celleri, gerente general y propietario de AICO. Los deseos de mejorar constantemente los procesos que se realizan dentro de la planta es un aspecto de interés dentro de la misma. La necesidad de omitir errores, cubrir mejor la superficie, no contaminar el material sin la intervención del operario, aumentar la eficacia del proceso y la más importante certificar el proceso de limpieza para aumentar la calidad y el valor del producto fue un determinante para el cambio del proceso.

1.6. Procesos de Limpieza

Existen varios procesos para lograr lavar las piezas antes de pintarlas. Los más utilizados, eficientes y factibles dentro de nuestra realidad son, el método de inmersión, la limpieza manual y el método de rociado. Analizando estos métodos y tomando en cuenta los requerimientos de la empresa se realizó una tabla comparativa que se muestra a continuación. Esta tabla utiliza información del “ASM handbook” además de atributos importantes que están sujetos a criterio de los autores. Asimismo se promediaron todos los atributos ajustándolos a las variables más significativas.

Atributos	Limpieza Manual	Inmersión	Rociado	Ultrasónico	Peso Subjetivo
Manejo	2	7	5	7	6
Limpieza	4	3	7	10	9
Control Proceso	3	6	8	9	7
Costo de Capital	7	8	5	1	9
Costo de Operación	5	8	7	6	3
Espacio	5	2	7	2	10
Mantenimiento	10	5	6	2	7
Propiedades fosfato	3	6	8	8	7
Temperatura	5	2	4	10	5
Tiempo	2	4	8	10	5
# of ítems/ ciclo	1	8	6	8	2
Suma	47	59	71	73	N/A
Suma subjetiva	32	35	45.5	42.8	N/A
Promedio Ponderado	4.6	5	6.5	6.1	N/A

Calificación: 1- (Muy malo) (menor peso), 10 - (Muy bueno) (mayor peso).

Tabla 1.1 Tabla comparativa para selección de procesos de Limpieza.

Datos en base al “ASM Surface Engineering Handbook” y a las necesidades reales de la empresa. Mediante una cita previa con el Ing. Carlos Celleri se definió las variables críticas que definirán la selección del proceso (costo capital, limpieza, espacio, tiempos, etc.). Se definen los pesos subjetivos como la importancia que tiene cada variable para el Ing. Carlos Celleri, prestando suma atención a las variables críticas las cuales tendrán un mayor peso. Las variables con mayor peso determinarán el desarrollo del proyecto en su planeación y ejecución.

Como se puede observar en la tabla 1.1 y en especial en la descripción de los pesos, los más importantes para la empresa son el espacio, la limpieza y el costo capital. Estos se los puede denominar como los atributos críticos y su influencia en el diseño es de gran importancia. La **suma** consiste en sumar los valores de todas las variables de cada proceso. La **suma subjetiva** consiste en multiplicar la valoración de cada una de las variables con su peso subjetivo correspondiente para después sumar el resultado de todas las variables. El concepto del **promedio ponderado** radica en multiplicar cada variable por su peso, sumarlas todas y dividir el total por la suma de los pesos. Tanto la suma subjetiva como el promedio ponderado son resultados que reflejan las necesidades de la empresa.

Se puede observar que en la suma simple el proceso de ultrasonido tiene el mayor valor de 73, y por esto es el proceso con mayor peso y el que se debería utilizar. Sin embargo este valor no define nada más que la suma de las valoraciones de la tabla del ASM y no cuenta con las necesidades específicas de la empresa. Cuando se observa la suma subjetiva, que tiene más relación con la realidad de AICO, tenemos que el proceso de rociado tiene el mayor peso de 45.5, y por esto debería ser el seleccionado. El promedio ponderado muestra que el rociado tiene un promedio de 6.5/10 y es el que mejor califica para los atributos considerados de interés, por consiguiente, se utiliza este método. Por otro lado, el método de ultrasonido sería la segunda opción, pero el costo capital y el mantenimiento del mismo es muy elevado por lo que no es conveniente.

Para construir la cabina de lavado con rociadores es necesario definir los parámetros más importantes del diseño. El espacio, el precio y la calidad del lavado son los atributos críticos y los que van a regir el diseño. La cantidad de espacio disponible y el tamaño de las piezas, ambos relacionados al atributo del espacio, son detalles tangibles y fáciles de obtener. Para comprobar la calidad del lavado se harán pruebas con MEK (Metil-etil-cetona), comparando los resultados del proceso de lavado actual con el proceso de lavado por rociadores. El objetivo de hacer las pruebas en las placas tiene el fin de calificar su proceso. Certificar el proceso de pintado para poder realizar contratos y ventas de los productos de AICO sin ningún tipo de intermediario sería lo ideal. El ahorro de dinero en material y procesos de venta se reducirían considerablemente y el valor del producto de AICO a nivel competitivo aumentaría.

1.7. Usos de los productos de AICO

Las celdas eléctricas y electrónicas que produce AICO son un conjunto de dispositivos como relés, transformadores, controladores PLC, etc., con configuraciones complejas. Estos productos ofrecen al cliente el control total de la maquinaria que maneja y también de la cantidad de energía que se requiere en las mismas. La ventaja de su producto es que tiene flexibilidad a las exigencias del cliente, construyendo las celdas de acuerdo al gusto del cliente. Las celdas pueden ser construidas con elementos de diferentes proveedores, dependiendo de los requerimientos del

cliente. Usualmente los componentes proviene de *Schneider electric*, *Siemens*, entre otros. (AICO, 2010)

Las estructuras que elaboran AICO y sus productos no son expuestos a la intemperie. Serán instalados en cuartos de control, a pesar de ello se necesita que el producto se lo manufacture de excelente manera para prevenir oxidación y fallas de pintura. Por esto el proceso de limpieza es sumamente importante en el resultado del producto, ya que, es el primer paso en la línea de producción de sus paneles y tiene repercusiones directas en el desenvolvimiento de la pintura. En el proceso de limpieza hay que tener mucho cuidado que toda la superficie del metal se encuentre completamente libre de impurezas y sedimentos. Entonces la pintura del producto se someterá a prueba mediante normativas internacionales para comprobar su calidad y aprobación ante cualquier cliente.

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Prevención de la corrosión y la importancia de pintar un material

Todos los metales son susceptibles a la corrosión; éste es el desgaste paulatino de los materiales debido a agentes externos. Dentro de la ingeniería, este desgaste tiene que ser considerado en la ejecución de un proyecto, ya que, puede afectar en su desempeño, cualquiera éste sea. Existen un sin número de maneras en las que se puede combatir la corrosión, dependiendo del grado de importancia que ésta tenga en el proyecto. Una de las formas más comunes es por medio de recubrimientos orgánicos e inorgánicos. La pintura es uno de los recubrimientos más comunes y utilizados al momento, debido a su sencillez, bajo costo, apariencia y efectividad.

2.2 La Pintura en polvo y los procesos de limpieza del material

Hay una gran variedad de pinturas en el mercado y existe una para todo tipo de necesidad. La pintura en polvo o “Powder coating” en inglés, es bastante utilizada en el mundo industrial gracias a sus excelentes propiedades y bajo costo (Waters, 1996, p. 1).

El procedimiento para aplicar la pintura en polvo consta de tres pasos (Waters, 1996):

- El lavado y desengrase del material.
- El depósito de pintura en polvo en la superficie de la pieza por medio de cargas electromagnéticas.
- El curado, en donde se introduce la pieza en un horno para que la pintura se polimerice.

El lavado del material es sumamente importante para dar un buen acabado de pintura a la pieza. Asimismo existe una gran variedad de métodos que se utilizan para esto. Entre los más comunes están (ASM, 1994):

- El método alcalino de limpieza.
- El lavado con disoluciones de solventes orgánicos.
- El lavado con ácidos.
- La limpieza del material por métodos abrasivos.

2.3 La limpieza Ácida

La limpieza ácida es un proceso en donde una solución constituida principalmente por un ácido, es usada para remover óxidos, polvos, aceites, grasa y otros contaminantes que pueden tener los metales. Una gran variedad de ácidos pueden ser utilizados y son clasificados de la siguiente manera:

- Inorgánicos
- Mezclas de ácido y solvente
- Soluciones de sales ácidas

Generalmente estas soluciones también contienen agentes humectantes, detergentes, solventes, inhibidores (minimiza el ataque al metal), agentes antiespumantes/espumantes, entre otros, para promover la limpieza del metal. (ASM, 1994, p. 108 109)

Los ácidos inorgánicos, sulfúrico e hidroclicóric, son los más comunes y utilizados para operaciones de limpieza debido a su precio y facilidad de uso. Ácidos orgánicos como el ácido cítrico, acético y glucónico, y sales ácidas como el fosfato de sodio, persulfuro de amonio y el sulfuro ácido de sodio también son usados para la limpieza. La fuerza de una solución ácida para procesos de limpieza varía desde un pH débil de 5.5 hasta ácidos fuertes utilizados para el decapado de un material. (ASM, 1994, p. 109)

Es relevante entender la diferencia entre la limpieza ácida y el decapado de un material con una solución ácida. En el proceso de decapado se utiliza una solución con una mayor concentración de ácido haciendo que éste sea un tratamiento más severo hacia el material. El decapado es utilizado en productos semi-acabados como los recién salidos de fundición y las piezas forjadas o recientemente maquinadas. La limpieza ácida, al contrario, es utilizada para preparaciones finales en la superficie del material antes de que éste sea pintado, guardado o enchapado. Muchas veces es difícil tener una diferencia clara entre estos procesos ya que ambos utilizan el mismo ácido pero a diferentes concentraciones. (ASM, 1994, p. 108)

Usualmente, dependiendo del ácido y el método de aplicación, es necesario calentar el fluido para lograr una buena limpieza. En la mayoría de los casos los ácidos son distribuidos como líquidos concentrados o polvos para después ser mezclados con agua. (ASM, 1994, p. 108 109)

2.3.1 Métodos de aplicación

Una solución ácida puede ser aplicada manualmente, por rociado, inmersión, con el método del barril o con una limpieza electrolítica. El lavado manual consiste en aplicar el ácido a la pieza con una franela o esponja para después de dos o tres minutos enjuagarlo. En este método es necesario un equipo de protección básica para la persona que aplica la solución. El lavado con rociadores consiste en aplicar la solución ácida por medio de aspersión a presión. Se puede utilizar una presión de entre 14 KPa (2 psi) y 13800 KPa (2000 psi) teniendo el cuidado de no dañar el material. Generalmente en una línea de lavado el rango de presiones oscila entre 70 KPa (10 psi) – 210 KPa (30 psi). Usualmente se utiliza el ácido caliente para mejorar el lavado. Es importante tener en perspectiva el uso de surfactantes para prevenir espuma en este proceso de limpieza. (ASM, 1994, p. 50 51)

En el método de inmersión el material ingresa por completo en la solución ácida. Mediante agitación y una temperatura apropiada la pieza es lavada de forma eficiente. El método del barril consiste en tener un barril con la solución ácida y las piezas a lavar. El barril rota ayudando a que las piezas se laven con el ácido y el movimiento del barril. Es recomendable usar este método cuando se tiene una gran cantidad de piezas pequeñas. La limpieza electrolítica consiste en cargar eléctricamente a la pieza a ser lavada para que las burbujas que ésta produce al ser introducida dentro del fluido, debido a la electricidad, la limpien. (ASM, 1994, p. 50 111)

2.4 El fosfato de zinc

Dentro del medio industrial, dental y científico los limpiadores ácidos son bastante comunes. El fosfato de zinc es uno de ellos. Este químico, el fosfato de zinc, en la naturaleza se presenta como el *hopeite* con estructura cristalina ortorrómbica o el *parahopeite* que posee la misma composición pero tiene estructura cristalina triclinica (Mindat, 2012). Tanto el *hopeite* como el *parahopeite* se denominan como fosfatos de zinc hidratados o minerales que se encuentran en la naturaleza. Su fórmula molecular es $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ y provienen de la oxidación de la *esfalerita*

que son cristales de sulfato de zinc y hierro principalmente (Mindat, 2012). Por otro lado, el fosfato de zinc con fórmula molecular $Zn_3(PO_4)_2$ es un químico de compuesto inorgánico que se utiliza para limpiar residuos de la superficie de los metales como: minerales, compuestos orgánicos, grasas, sedimentos, virutas metálicas y casi cualquier tipo de impurezas. Normalmente es necesario eliminar estas impurezas para que el manejo del material en otros procesos químicos o mecánicos sea efectivo.

Uno de los beneficios que este producto brinda es la protección a la corrosión mediante el trabajo conjunto con un revestimiento de pintura o con láminas de algún polímero. También la aplicación del fosfato de zinc aumenta la ductilidad del material, ayudando a procesos mecánicos como el trefilado de alambres y tubos (Beardmore, 2008). Finalmente, la acción del fosfato de zinc en la superficie aumenta el área de la misma, ya que, ésta se impregna en los poros del metal aumentando el área útil. Se lo utiliza como una base para la pintura, ya que, aumenta su adherencia y su tiempo de vida. Si la aplicación de fosfato es la adecuada también aumentará la resistencia a la humedad del material y eventualmente la resistencia a la corrosión (ILVE CHEMICALS).

2.4.1 Otros fosfatos

En la industria, el proceso de fosfatado de metales es aplicado con mucha frecuencia. Se puede utilizar el fosfato de zinc, hierro, manganeso, entre otros. El tiempo y temperatura de aplicación varía de acuerdo a su composición. Se puede utilizar estas composiciones tanto en frío como en caliente. Puede producirse un revestimiento que también difiere dependiendo del tipo de fosfato que se utilice. El estado de suministro del metal y su condición es sumamente importante para poder escoger correctamente el compuesto de limpieza. Se debe considerar varios factores como: cuantas impurezas se limpiaran, el tipo de metal que se está utilizando, la condición de su superficie, el grado de limpieza requerido, la accesibilidad al tipo de limpieza, el impacto ambiental del proceso, costos, oxidación, tamaño y manejo del material, su pintado, revestimientos, entre otros. (ASM, 1994, p. 20) A la hora de escoger el tipo de fosfato es también sumamente importante la disponibilidad en el mercado de la sustancia requerida.

2.4.2 Condiciones de operación

Los manuales ingenieriles brindan una guía de parámetros que se utilizan para realizar el óptimo proceso de limpieza. La temperatura y el tiempo de aplicación son variables críticas que hay que considerar para la obtención de los mejores resultados. Actualmente los avances en la industria química dan la posibilidad de usar las mismas soluciones a menores temperaturas con la obtención de los mismos resultados. Esto permite utilizar las soluciones a una temperatura ambiente sin problema.

Respetar las etapas dentro de la limpieza es fundamental para obtener el resultado deseado. Dentro de la industria automotriz y electrónica, donde la limpieza es fundamental para evitar la corrosión en condiciones adversas, es necesario utilizar el fosfato de zinc con las condiciones de operación propuestas. Se considera las siguientes etapas de limpieza si la solución se encuentra caliente y si se aplica el método de aspersion:

	Etapas	Temperatura	Presión	Tiempo
		• Celsius	Bar	Minutos
1	Desengrase*	40 - 60	1 – 2.5	2 – 2.5
2	Enjuague con agua	15 – 30	0.7 – 1.5	0.5 – 0.7
3	Fosfatación**	40 – 60	1 – 2	2 – 2.5
4	Enjuague con agua	15 - 30	0.7 – 1.5	0.5 – 0.7
5	Pasivación*(Culminación del proceso donde se obtiene la máscara protectora).	20 - 40	0.7 – 1.5	0.5 – 0.7

*Solución en Desengrase: Concentración: 3 – 10 g/ml, pH: 2 - 3.

**Solución en Fosfatado / Pasivación: Concentración: 5 – 15 g/ml, pH 2 – 3.

Tabla 2.1: Etapas y variables a considerar en el método teórico de aspersion mediante fosfato de zinc (ILVE CHEMICALS).

La pasivación es la reacción química del material base al contacto con el oxígeno o con una solución acuosa. Esta reacción genera una máscara protectora en la superficie del metal que sirve para proteger la superficie en contra de la oxidación, el desgaste al clima y a la corrosión en

general. El subproceso o la etapa de Pasivación ocurre naturalmente en los metales con inmunidad a la corrosión, es decir, si el material se encuentra en un medio con oxígeno su superficie se auto pasivará. Por ejemplo, el acero inoxidable por sus elementos de aleación genera una capa de óxido con abundante cromo lo que le protege de la corrosión constantemente. Tanto el acero inoxidable como los metales que por naturaleza no se oxidan como el oro y el platino se auto reparan, porque cada vez que se exponen al oxígeno estos renuevan su máscara pasiva anticorrosiva. Por otro lado, hay situaciones en que la pasivación se la genera mediante el contacto con soluciones ácidas, se favorece el proceso de pasividad del acero inoxidable utilizando ácidos oxidantes como el ácido nítrico. En el caso de utilizar metales que por naturaleza no son inmunes a la corrosión se utiliza el mismo fosfato para generar su pasivación, esto depende de las condiciones de operación del proceso de fosfatado empleando cierta temperatura, presión y tiempo para completar la formación de la película protectora. (ILVE CHEMICALS)

LADIFQUIM CIA. LTDA. (Laboratorio Para el Desarrollo Investigación y Fabricación de Productos Químicos) es uno de los proveedores de elección por la industria Ecuatoriana. AICO utiliza sus productos en cuanto al tratado de las superficies de sus metales. Su producto por elección se llama LADIF FOS ULTRA. Este producto se denomina como un desengrasante, desoxidante y como fosfatante metálico. Específicamente se lo utiliza para el tratamiento de metales como: hierro, acero, aluminio o sus aleaciones, los fosfatos ácidos dejan una fina película protectora de fosfilita que es fosfato de hierro-zinc en la superficie. Este producto cuenta con una tecnología actualizada por lo que se lo podrá utilizar en frío. Su modo de empleo se verá afectada por el tratamiento que se va a realizar con la superficie del metal. En la siguiente tabla se describen el modo de empleo de acuerdo a sus concentraciones.

	Etapa	Concentración
		<i>C=cantidad de Ladif Fos / cantidad de agua</i>
1	Desengrase	1:5 – 1:8
2	Alta Oxidación	1:1 – 1:3
3	Fosfatado	1:10 – 1:20

Tabla 2.2: Etapas y concentración del proceso de fosfatado en metales mediante Ladif Fos Ultra.

LADIFQUIM aprueba su uso tanto por el método de lavado manual, de inmersión en frío o en caliente y por aspersión. Por lavado manual se tendrá que usar la acción mecánica de un trapo, igualmente para su secado se usara un trapo limpio y seco. Si la superficie del metal se encuentra muy oxidada se omite el proceso de desengrase y se aplica directamente la concentración de alta oxidación. Este trabajará como desengrasante y desoxidante a la vez y la superficie estará lista para el fosfatado, esto aplica para cualquier método de lavado. El método que adaptará AICO en su proceso de fosfatado viene sustentado por un criterio sólido de LADIFQUIM y la experiencia de su empresa aliada Schneider Electric. Gracias a su extensa experiencia en el área y en el trabajo de metal mecánica en tratamiento de superficies metálicas, AICO adaptará sus procesos de fosfatado y pintado de planchas metálicas. A continuación se presenta el método de aspersión de fosfato, sus etapas y sus variables a considerar.

	Etapas	Temperatura	Presión	Tiempo
		• Celsius	Psi	Minutos
1	Desengrase*	20 – 26	20 – 30	3 – 6
2	Enjuague con agua	20 – 26	20 – 30	3 - 6
3	Fosfatación**	20 – 26	20 – 30	3 – 6
4	Enjuague con agua	20 – 26	20 - 30	3 - 6
5	Secado (con aire comprimido)	-	-	3 - 12

*Solución en Desengrase: Concentración: 1:5 (densidad a 20 °C: 1.29 +/-0.02 g/ml), pH Sol. 0.2%: 2.0 +/- 0.2.

**Solución en Fosfatación: Concentración: 1:10 (densidad a 20 °C: 1.29 +/-0.02 g/ml), pH Sol. 0.2%: 2.0 +/- 0.2.

Tabla 2.3: Etapas y variables de fosfatado probadas por los autores en la planta AICO mediante el método de aspersión a temperatura ambiente.

2.5 Tecnología y Materiales

2.5.1 Planchas de acero

Existen una gran cantidad de planchas de acero. Los aceros austeníticos son los más populares. Algunas de sus características son las siguientes: Excelente resistencia a la corrosión, gran soldabilidad, excelente factor de higiene y limpieza y formado sencillo y de fácil transformación. Los aceros Austeníticos se obtienen adicionando elementos tales como el níquel, manganeso y nitrógeno. El contenido de Cromo generalmente varía del 16-26% y su contenido de Carbono es

del rango de 0.03% al 0.08%. La familia Austenítica se divide en dos categorías, la SERIE 200 AISI y la SERIE 300 AISI. La SERIE 300 AISI mantiene un alto contenido de Níquel y hasta 2% de Manganeso. También puede contener molibdeno, cobre, silicio, aluminio, titanio y niobio, elementos que son adicionados para conferir ciertas características. El acero inoxidable 304 es todo propósito ya que tiene propiedades adecuadas para una gran cantidad de aplicaciones. Se recomienda para construcciones ligeras soldadas que requieran buena resistencia a la corrosión. (Clasificación de los aceros inoxidables, 2013)

2.5.2 Aspersores

Un aspersor es un mecanismo que esparce un líquido a presión sobre un área. Estos son usados para incrementar el área superficial de un fluido y/o para crear una fuerza de impacto en una superficie. Usualmente son categorizados por su desembocadura. El aspersor más simple cambia el área por donde se expulsa el fluido, incrementando así su presión (Figura 2.1a). Cuando la presión es bastante grande, el líquido llega a transformarse en pequeñas partículas o atomizarse. Se puede cambiar la forma del orificio de salida del aspersor para así manipular la aspersion del líquido. Existen aspersores con aspersion plana, cónica vacía, cónica llena, entre otras más elaboradas (Figura 2.1b). También se pueden encontrar mecanismos más complicados e incluso aspersores que utilizan varios fluidos, fuerzas externas, electricidad o ultrasonido para realizar la tarea de aspersion (Bateman, 2004).

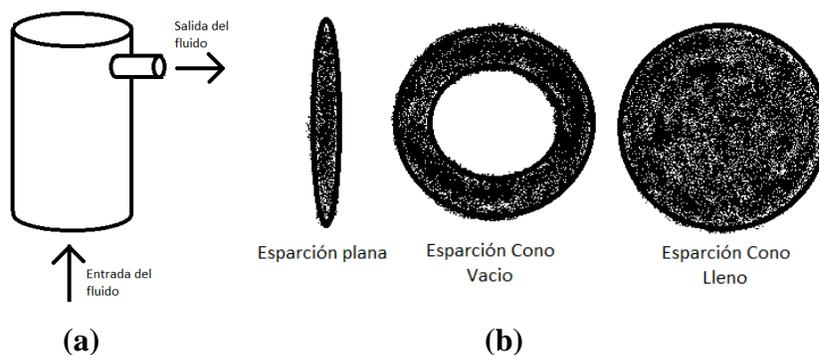


Figura 2.1: Funcionamiento de aspersor simple y su alcance

Existe un sinnúmero de aplicaciones interesantes en cuanto a la tecnología del rociado a presión. Los rociadores pueden ir desde las funcionalidades más básicas como refrescar a las personas en días calurosos hasta las más complicadas en donde se los utiliza para procesos de alta precisión. También se encuentra rociadores en el área de la agroindustria donde se utilizan para el riego de plantaciones. Además son de gran utilidad en el área de pintura donde tienen un sinnúmero de funcionalidades. Por último los rociadores de altísima presión son ideales para trabajar en el área de manufactura, en donde se los utiliza para procesos de mecanización con resultados de alta precisión.

2.5.3 Bombas

Una bomba es un dispositivo que se utiliza para mover fluidos por medio de una acción mecánica. Las bombas se utilizan para muchísimas funciones como por ejemplo: transportar agua, sistemas de enfriamiento o calefacción, extracción de petróleo, drenaje, extracción de lodos, etc. Existe una gran cantidad de bombas con diferentes principios de funcionamiento y funcionalidades. Las bombas centrifugas son muy comunes en la industria ya que son útiles, sencillas y baratas. Una bomba centrifuga utiliza un impulsor rotatorio o rodete para trasladar un fluido incompresible de un lado a otro. Lo que caracteriza a este tipo de bombas es que el fluido entra de manera axial y sale de forma radial pasando por el rodete; el rodete transforma la energía mecánica que lo hace girar en una fuerza centrífuga que da movimiento al fluido (MULTIQUIP INC., 2003). En la Figura 2.2 se muestra una bomba centrifuga y su funcionamiento.

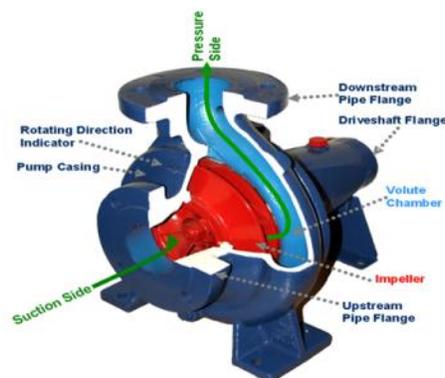


Figura 2.2: Bomba Centrífuga (AST bearings LLC, 1998-2012)

Se puede apreciar que el fluido entra de manera axial “Suction Side” y sale de forma radial “Pressure Side”. También se muestran todos los componentes de la carcasa de la bomba “Pump Casting, Upstream Pipe Flange, Downstream Pipe Flange, Driveshaft Flange Rotating Direction Indicator” así como el impeler. El lugar en donde se manipula al fluido es la cámara de acción “Volute Chamber”.

2.6 Hidráulica de tuberías

2.6.1 Generalidades acerca de los fluidos

Para comenzar con hidráulica es fundamental tener conocimiento acerca de los fluidos. “Los fluidos son sustancias capaces de fluir con partículas que se mueven y cambian su posición relativa con facilidad sin una separación de las masas. Los fluidos prácticamente no ofrecen resistencia al cambio de forma” (King, Wisler, & Woodburn, 1980, pág. 15).

Básicamente los fluidos se pueden dividir en líquidos y gaseosos. Las principales diferencias entre ambos son que los líquidos solo ocupan cierto volumen dado en un recipiente, mientras que los gases ocupan todas las porciones de cualquier recipiente; asimismo los líquidos son prácticamente incompresibles mientras que los gases son considerados como compresibles. El agua, como casi todos los líquidos, puede ser considerada incompresible sin mostrar errores apreciables. (King, Wisler, & Woodburn, 1980, pág. 15 23)

Las propiedades más importantes de los fluidos y sus análisis dimensionales son:

Densidad (ρ): Masa por unidad de volumen $[\frac{kg}{L^3}] [\frac{lbm}{ft^3}]$.

Peso específico (γ): Peso por unidad de volumen, depende de la gravedad $[\frac{N}{L^3}] [\frac{lb_f}{ft^3}]$.

Densidad relativa (S): Relación entre el peso de un fluido y el peso de un volumen igual de agua [Parámetro adimensional].

Presión (P): Fuerza por unidad de área $[\frac{N}{m^2}] [\frac{lb_f}{in^2}]$.

Viscosidad absoluta (μ): Resistencia al corte ofrecido por el fluido cuando se mueve. Sus unidades son de fuerza por tiempo sobre longitud al cuadrado o de masa sobre longitud por tiempo $[\frac{N \times seg}{m^2}] [\frac{lbf \times seg}{ft^2}] [\frac{kg}{m \times seg}] [\frac{lbm}{ft \times seg}]$.

Viscosidad cinemática (ν): La viscosidad absoluta dividida para la densidad para obtener unidades de longitud al cuadrado sobre tiempo $[\frac{m^2}{seg}] [\frac{ft^2}{seg}]$. (Rodríguez Díaz, 2005, pág. 51 52)

Para determinar si un fluido es laminar o turbulento se utiliza el número de Reynolds y se lo calcula de la siguiente manera:

$$N_R = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{DV}{\nu}$$

Ecuación 2.1

Donde D es el diámetro de la tubería, V la velocidad del fluido, ρ la densidad, μ la viscosidad absoluta y ν la viscosidad cinemática. Si el valor de este número es menor a 2100 el fluido es laminar y si el valor es mayor a 3000 el fluido es turbulento. Si el número está entre estos dos valores el flujo es indefinido. (King, Wisler, & Woodburn, 1980, pág. 178)

2.6.2 Tuberías

En una tubería la velocidad del fluido no es uniforme y depende de cuan cerca se esté de las paredes. Sin embargo para casi todos sus usos prácticos una velocidad promedio es suficiente.

En cualquier tubería que lleve líquido y tenga un “flujo completo”, es decir que el interior de la tubería este lleno del fluido, sabiendo que el fluido es incompresible y la tubería no es elástica, en cualquier instante dado, pasará la misma cantidad de líquido por cada sección transversal de la tubería. Esto quiere decir que existe una continuidad de flujo descrita por la siguiente ecuación:

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 = A_3V_3, etc.$$

Ecuación 2.2

Donde A y V son el área y la velocidad respectivamente, en las diferentes secciones descritas por los números. (King, Wisler, & Woodburn, 1980, pág. 93)

2.6.2.1 Pérdidas en una tubería

Dentro de las diferentes aplicaciones donde se utilizan tuberías es importante calcular la cantidad de pérdidas en el sistema. Cuando un líquido circula por un tubo sufre pérdidas en su energía. Estas pérdidas se deben a las siguientes causas:

- 1) Pérdidas por rozamiento
- 2) Pérdidas por entrada
- 3) Pérdidas por salida
- 4) Pérdidas por súbito ensanchamiento del tubo
- 5) Pérdidas por súbita contracción del tubo
- 6) Pérdidas por obstrucciones en el tubo (válvulas, etc.)
- 7) Pérdidas por cambio de dirección en la circulación.

Generalmente las mayores pérdidas son debido a la fricción de las tuberías, también llamadas pérdidas por rozamiento. A pesar de esto es importante considerar las pérdidas en los accesorios, pues hay veces en que éstas son considerables. (Trueba Coronel, 1986, pág. 125)

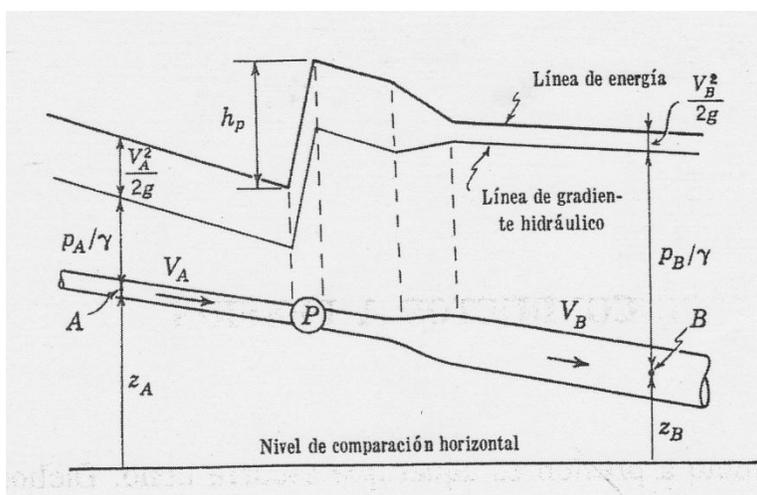


Figura 2.3: Croquis de definición para escurrimiento de tuberías (Linsley & Franzini, 1980, pág. 348)

Para poder calcular las pérdidas de energía en una tubería se utiliza el concepto de la conservación de energía propuesto por Bernoulli. Este concepto nos dice que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. Planteando la ecuación de la energía entre las secciones A y B de la Figura 2.3 tenemos:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + h_p = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + h_L$$

Ecuación 2.3

En la cual Z es la distancia vertical arriba de un plano horizontal arbitrario de la base, p/γ es la carga de presión, V es la velocidad media del fluido, h_p la energía impartida al agua por la bomba, y h_L la pérdida de carga total entre las secciones A y B. El símbolo $+h_p$ sería sustituido por $-h_t$, si en lugar de una se tuviera una turbina. (Linsley & Franzini, 1980, pág. 347)

La pérdida de carga debida a la fricción de la tubería puede calcularse con la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Ecuación 2.4

L y D son la longitud y el diámetro de la tubería respectivamente y f es un factor de fricción. Este factor es una función de rugosidad relativa del tubo que depende del número de Reynolds. (Linsley & Franzini, 1980, pág. 347)

Para calcular el valor de f se puede utilizar el diagrama de Moody (Anexos - Figura 1). En el mismo se especifica el valor de f en función de e/D y el número de Reynolds. D es el diámetro de la tubería y e un factor de rugosidad que depende del material.

Las pérdidas por cambios bruscos en la geometría del escurrimiento como resultados de cambios en el tamaño del tubo, válvulas y accesorios de todas las clases, son consideradas como pérdidas

menores. Usualmente, cuando las tuberías son de gran longitud, estas pérdidas pueden ser despreciadas. (Linsley & Franzini, 1980, p. 351)

Se puede calcular las pérdidas de los accesorios de una tubería utilizando el método de tubería equivalente. En este método se sustituye parte de la ecuación de Darcy-Weibach (4) por valores proporcionados por tablas construidas en base a experimentos (Linsley & Franzini, 1980, págs. 351-360). La fórmula para calcular estas pérdidas es la siguiente:

$$h_L = K \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 2.5

Donde K es una constante característica del accesorio (Tarjuelo, 1995, pág. 84). Los valores de K se los encuentra en la tabla 4 de los Anexos.

2.6.2.2 Tubería con aspersores

El diseño hidráulico de una tubería con aspersores tiene como finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución de las tuberías así como la optimización de las mismas. Se busca que la todos los aspersores tengan el caudal y presión necesarias para su óptimo funcionamiento. También es importante considerar en el diseño el gasto económico necesario y el consumo de agua. (Franco Salas & Pérez Urrestarazu, 2008)

Una red de riego por aspersores puede ser vista como un árbol. Los ramales son aquellas tuberías conectadas directamente a los aspersores. Los porta ramales son aquellas tuberías que cargan las diferentes ramas. Tanto en los ramales como en los porta ramales se da el caso de una conducción con salidas múltiples, uniformemente espaciadas, y por donde se descarga el mismo caudal. Para calcular el caudal de un ramal se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = n \cdot q$$

Ecuación 2.6

Q es el caudal del ramal, n el número de salidas y q el caudal consumido en cada salida. (Franco Salas & Pérez Urrestarazu, 2008)

Dentro de una tubería con salidas múltiples el caudal al inicio de la tubería es el mayor y el que proviene de la tubería de alimentación. A medida que se avanza en la tubería el caudal disminuye ya que parte de este caudal sale por los aspersores. Al disminuir el caudal las pérdidas también disminuyen pues estas son proporcionales a la cantidad de agua que atraviesa la tubería (Figura 2.4). Para calcular las pérdidas en la tubería se lo puede hacer tramo por tramo, entre dos salidas consecutivas, y luego sumar los valores obtenidos en todos los tramos. (Franco Salas & Pérez Urrestarazu, 2008) Otra manera más sencilla y bastante eficiente es omitir las salidas debido a los aspersores y calcular las pérdidas totales en el camino hacia el aspersor más alejado.

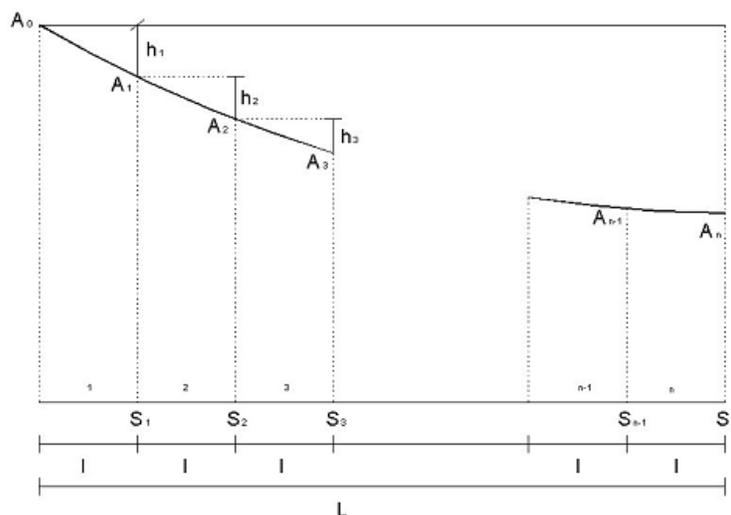


Figura 2.4: Pérdidas en una tubería porta-aspersores (Franco Salas & Pérez Urrestarazu, 2008).

En la Figura 2.4, n es el número de emisores uniformemente espaciados a una distancia l , S representa a los aspersores, L es la longitud de la tubería, h son las pérdidas en los diferentes tramos, y A es la energía del fluido. El caudal en A_0 , donde se alimenta al ramal, es de $Q = n \cdot q$, en A_1 es de $Q = (n - 1) \cdot q$, en A_3 de $Q = (n - 2) \cdot q$ y así sucesivamente hasta llegar al último tramo donde tenemos un caudal de q . También podemos observar que las pérdidas son cada vez menores. (Franco Salas & Pérez Urrestarazu, 2008)

Para el diseño es importante saber que en una tubería se tiene velocidades recomendadas para el fluido. Puede ser perjudicial para la tubería y para sus usuarios una velocidad demasiado alta así como una demasiado baja. Un exceso de velocidad puede:

- Originar golpes de ariete, cuyo valor de sobrepresión puede provocar roturas.
- Producir excesivas pérdidas de cargas.
- Favorecer las corrosiones por erosión.
- Producir ruidos molestos.

De igual manera una velocidad demasiado baja puede:

- Propiciar la formación de depósitos de las sustancias en suspensión que pudiera cargar el fluido.
- Implica un diámetro sobredimensionado con lo que la instalación se vuelve más cara.

Existen varias ecuaciones que pueden ser utilizadas para el cálculo de una velocidad adecuada dentro de una tubería. Sin embargo, en principio, es recomendado que dentro de una tubería las velocidades estén comprendidas entre **0.5 y 3 m/s**. (Franco Salas & Pérez Urrestarazu, 2008)

Capítulo 3: Diseño

3.1. Introducción al Diseño

En el proceso de diseño se consideraron las variables críticas, como se menciona en la tabla 1.1. Estas variables, en orden de importancia, son: el espacio de construcción, la limpieza, el costo capital, el mantenimiento y el deterioro en las propiedades del fosfato. Todo el desarrollo del proyecto empieza en el espacio de construcción permitido por AICO. La optimización del proyecto parte con el análisis de las piezas manufacturadas en la fábrica, los materiales de construcción a ser utilizados y los diseños de las cabinas existentes en la fábrica.

3.1.1. Espacio disponible

En la figura 3.1 se muestra el espacio disponible impuesto por AICO para colocar la cabina y todos sus accesorios, previos a los procesos de pintado y horneado.

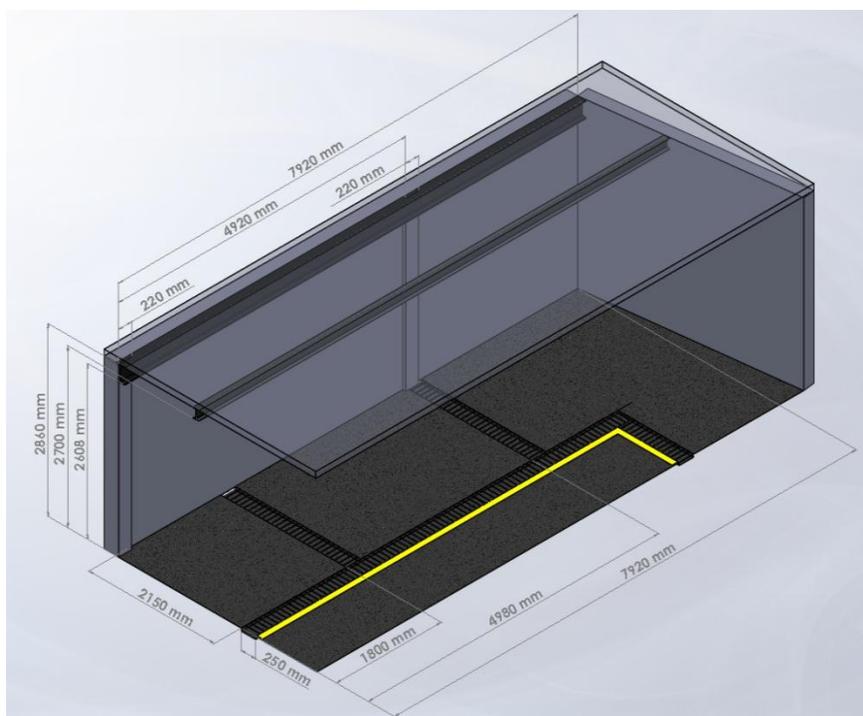


Figura 3.1: Dimensiones generales del espacio para colocar la cabina. (Diseño de los Autores)

En principio se debía colocar la cabina entre las rejillas de desagüe que se encuentran en el piso de la figura 3.1. Esto da unas dimensiones máximas de 2930 x 2150 x 2608 mm (L x W x H), sin

embargo, como no era necesario limitar la cabina a este espacio pero había que considerar no invadir el paso de seguridad delimitada por la franja de color amarillo. Se decidió establecer unas medidas máximas de 3000 x 2100 x 2700 mm (L x W x H) como límites para el diseño de la cabina. En la figura 3.1 se observa la viga que está pegada en la parte superior de la pared y otra un poco más alejada, los cuales, nos da la altura que va a tener la cabina y estos serán los límites superiores en el diseño. Una vez definido los límites de diseño y las medidas de construcción se realizó los análisis necesarios para continuar con el diseño de la cámara considerando todos los aspectos importantes para su ejecución.

3.1.2. Perfiles lavados en la fábrica, la pieza crítica

Para optimizar el espacio disponible era, de igual forma, necesario conocer todos los tipos de piezas que iban a entrar a la cabina para ser lavadas. La estructura no puede sobrepasar los límites de construcción dentro de la planta y debe ser capaz de lavar todos los perfiles utilizados en la fábrica, desde el más chico hasta el más grande. En la Figura 3.2 se aprecian algunas de las piezas lavadas y pintadas por AICO:



Figura 3.2: Conjunto de piezas y partes que son lavadas y pintadas en AICO.

Casi todas las piezas construidas en la planta provienen de planchas metálicas y sus dimensiones están restringidas a un tamaño estándar. Las dimensiones de las mismas son:

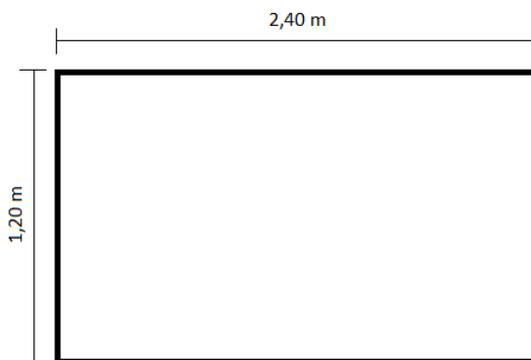


Figura 3.3: Tamaño de las planchas metálicas adquiridas en Acero Comercial S.A. y Acercons. (Diseño de los Autores)

La cabina tiene que ser capaz de lavar todas las piezas utilizadas en la fábrica, por tanto, el tamaño de la parte interior de la cabina tiene que ser mayor al tamaño de la pieza más grande. Ya que el perfil mayor va a tener como máximo el tamaño de la plancha adquirida por el proveedor, las dimensiones de la pieza crítica serían las siguientes:

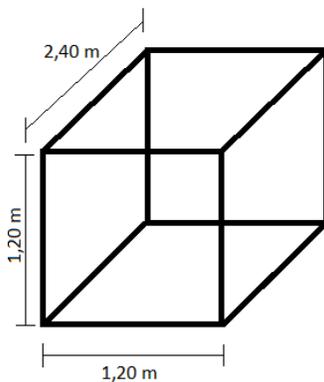


Figura 3.4: Tamaño del perfil crítico impuesto para el diseño del espacio interno de la cabina. (Diseño de los Autores)

3.1.3. Materiales y elementos para la construcción de la cabina

3.1.3.1. Material de construcción

Dado a la experiencia en manufactura y manejo de materiales en AICO, como también a la pericia del personal en metal mecánica se decidió utilizar, en lo posible, el material dispuesto en la planta. Por esto, la mayoría de los elementos en la estructura de la cabina van a constar de planchas metálicas. Normalmente, en el mercado ecuatoriano las planchas se las adquiere en las dimensiones de 1200 mm x 2400 mm (L x A) y el espesor puede variar entre 0.9 mm y 9 mm. Asimismo se utilizan tubos cuadrados y ángulos de acero para la construcción. Los tubos estructurales y ángulos pueden ser adquiridos en un tamaño de 6000 mm de largo en el mercado local. Internacionalmente se puede adquirir una variedad mucho más amplia de planchas, tubos y ángulos de diferentes tamaños. La facilidad con la que se puede trabajar con estos elementos es muy ventajosa, ya que, se los puede cortar, doblar y soldar sin ningún inconveniente y crear estructuras muy resistentes.

3.1.3.2. Material hidráulico

Al utilizar un ácido como limpiador es crítico analizar cuál sería su medio de transporte para que no cause daños innecesarios al sistema. Hay dos posibilidades para conducir el fosfato. La primera sería usando acero inoxidable por su gran resistencia a la corrosión y desgaste. La segunda opción es utilizar tubería plástica PVC. La ventaja es que este tipo de plástico no se degrada con algunos ácidos como el fosfato de zinc. La realidad del proyecto también es disminuir costos y generar eficiencia económica e ingenieril. Se decidió utilizar plástico PVC marca Colonial (Colonial Engineer, 2013) y accesorios marca Lasco (Lasco, 2013) porque este es más barato que el acero inoxidable y el mantenimiento es mucho más sencillo.

Una vez descartada la idea de utilizar un metal como medio de transporte se definió las opciones que se pueden utilizar en cuanto al plástico PVC. Hay varias formas de unir y ensamblar este tipo de plástico. La más común es la de unión por roscas y uniones universales, utilizando teflón y silicón. Existe una nueva generación de tubería plástica conocida como termo formable o mediante termo fusión. Esta evita el uso de teflón y roscas y se acopla mediante calor con lo que se unen los extremos de las tuberías y cualquier tipo de accesorio. Otro método muy utilizado para la unión de tuberías, especialmente en jacuzzis y piscinas, es el método de tubería plegable.

En este caso solo se corta y se pega los diferentes elementos de la tubería con la ayuda de pega. Para este sistema se escogió la tubería plegable utilizada en piscinas y jacuzzis porque las condiciones de trabajo son muy parecidas y su construcción es sencilla.

3.2. Diseño

Con el espacio disponible, un pre-diseño y los materiales bien definidos se pudo empezar con el diseño. Con la ayuda del mecánico en la planta se supo la manera en que se construyeron las otras tres cabinas utilizadas por AICO. Cada una de ellas tiene funciones diferentes y por tanto fueron construidas de diferente manera, pero con características similares. La primera es utilizada para generar un chorro de arena que limpia la superficie de los metales, o en inglés “Sandblasting”. Esta cabina está construida, en su interior, de acero inoxidable para evitar la corrosión. Además tiene un sistema de recirculación de la arena y espacio suficiente para que una persona pueda entrar a la cabina y manejar el chorro. En su exterior está recubierta de láminas de acero laminado al frío pintadas de color blanco. La base de la cabina está hecha de tubos cuadrados y planchas de acero. Esta es la cabina más similar a la que se pretende construir, ya que, utiliza acero inoxidable para evitar la corrosión y tiene un sistema de recirculación de la arena.

La segunda es una cabina de pintado, bastante más sencilla que la de chorro de arena. De igual manera la base está hecha con tubos y planchas de acero. Las columnas de soporte están hechas de planchas de acero laminado al frío y no tiene paredes, solo cortinas de plástico que permiten ver el interior y manipular su proceso. Está hecha para que el pintor pueda ingresar la parte superior de su cuerpo a la cabina y con un soplete pintar las diferentes piezas. También tiene un sumidero y un método de recirculación de pintura algo diferente a la recirculación de arena. Se utiliza aire comprimido para poder recircular la pintura.

La tercera y última cabina de la planta es un horno que sirve para el curado de la pintura. El horno también fue construido de planchas de acero laminado al frío. La estructura es bastante parecida a la cabina de “Sandblasting” a diferencia que es un poco más gruesa ya que dentro de las paredes se tiene un tipo de esponja como aislante para evitar la transferencia de calor al exterior. Por esta misma razón el espacio interior del horno es más pequeño que el espacio

interior de la cabina de “Sandblasting”. Además esta cabina no necesita de sumidero pero si debe ser lo más hermética posible para mantener el calor dentro de la misma.

Para que el diseño sea organizado se lo dividió en tres partes, que a su vez fueron subdivididas, para lograr plasmar todos los detalles de la cabina. La Figura 3.5 muestra los tres componentes principales de la cabina.

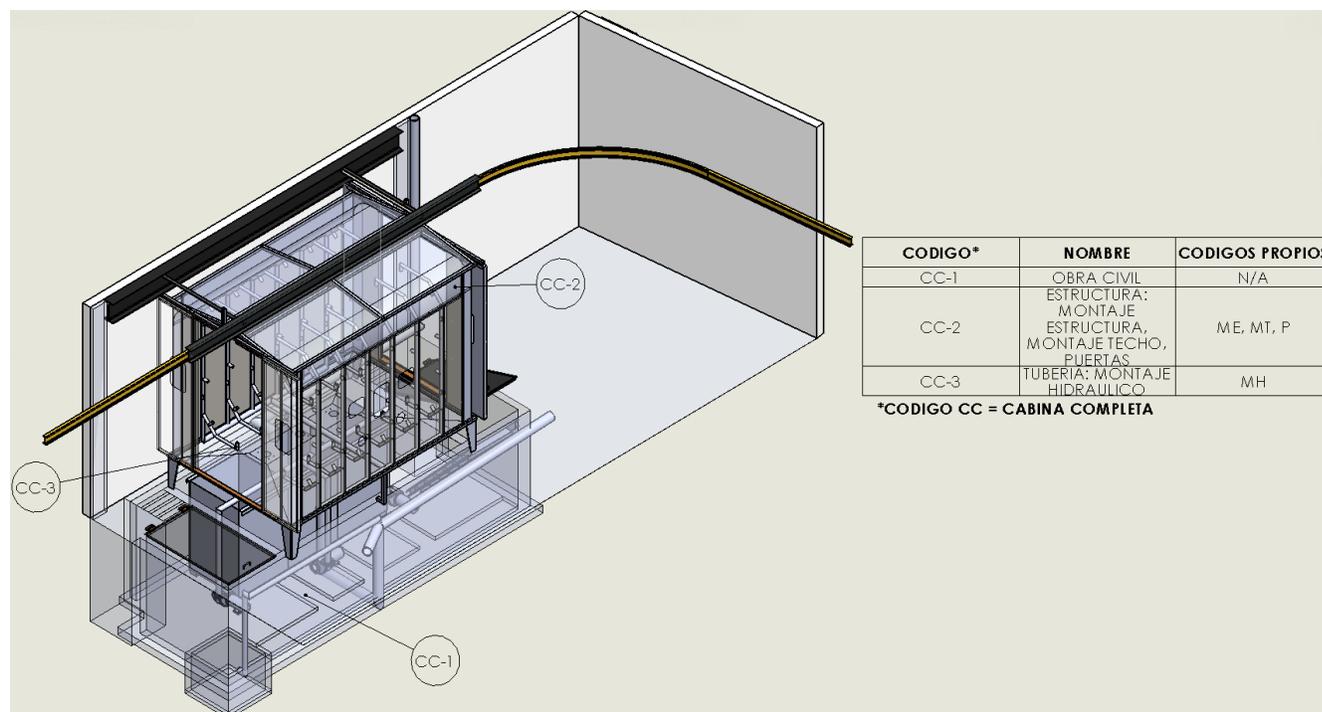


Figura 3.5: Componentes principales de la cabina. (Diseño de los Autores)

3.2.1. Estructura

Recopilando las ideas adquiridas por los mecánicos y el resto de las cabinas de la planta se realizó la estructura principal. Como se puede ver en la Figura 3.6, las paredes y soportes esquineros fueron hechos de planchas de acero. Se utilizó tubos cuadrados, planchas para la estructura y los soportes centrales. Los tubos cuadrados son soldados entre sí para formar la base de la cabina. Los soportes esquineros y centrales también son soldados a la base. Las paredes en cambio son empernadas al sumidero por la parte interior de la cabina. Las paredes igualmente son empernadas entre sí en sus dobleces. En general mediante los métodos de construcción de soldadura y el uso de pernería se ensambló toda la estructura.

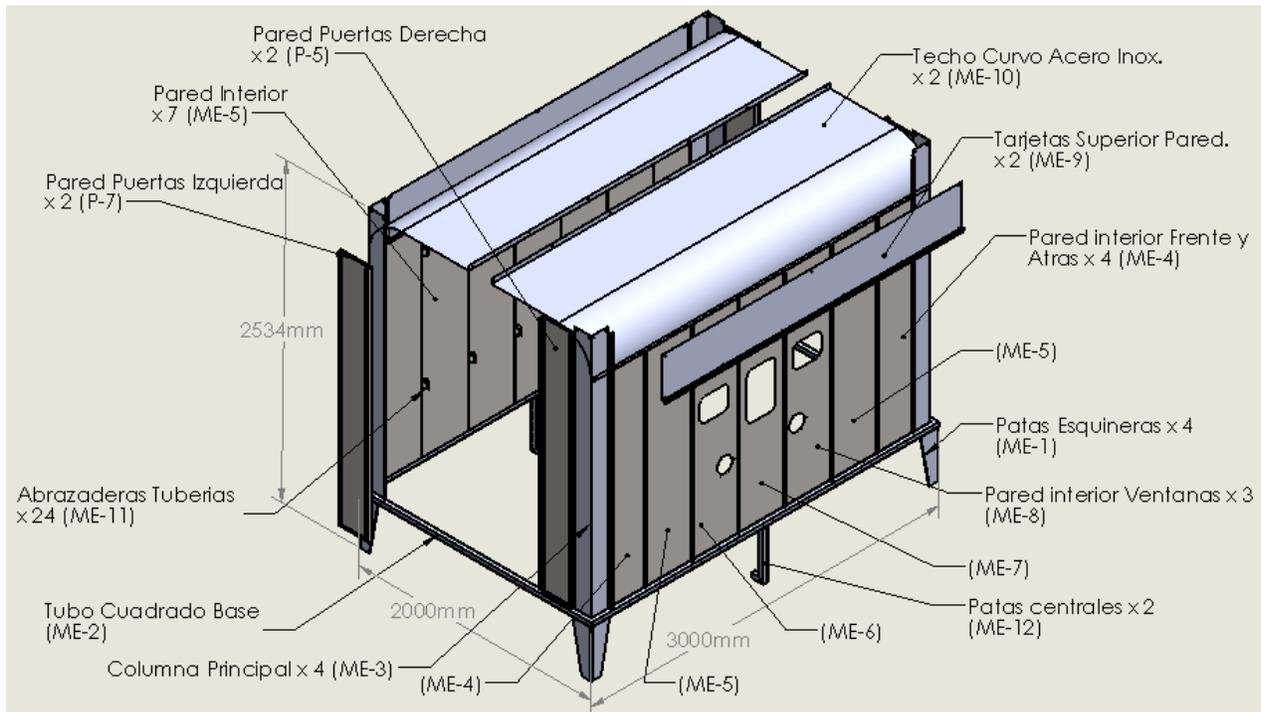
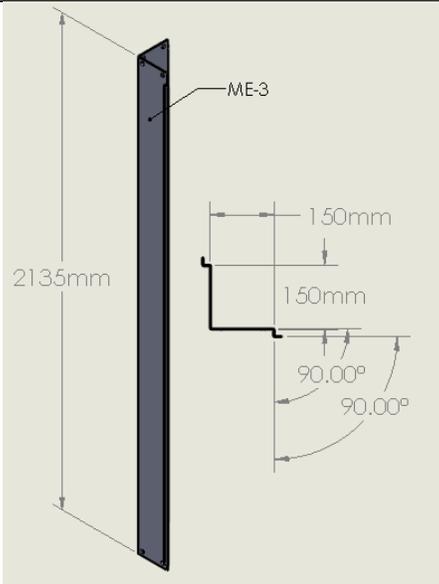
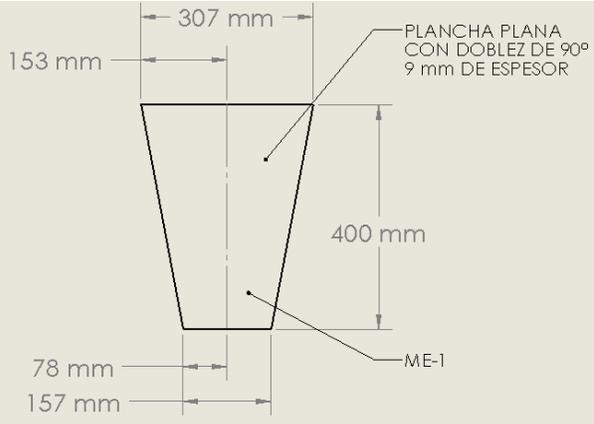
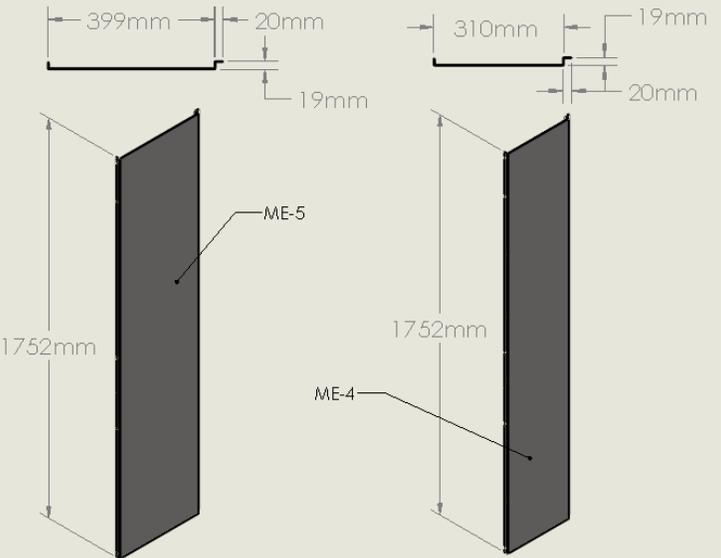


Figura 3.6: Estructura principal y sus componentes.

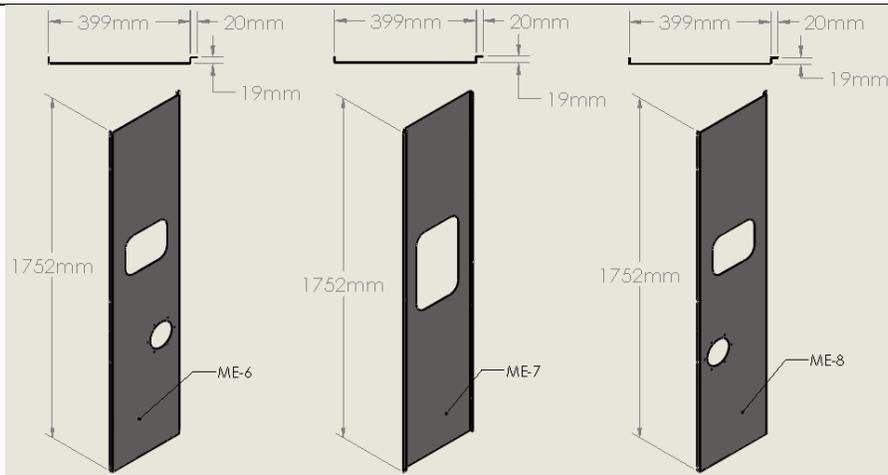
Las nuevas columnas cumplirán tres funciones importantes: crear una estructura sólida siendo sujetadas con tuercas en la base/sumidero y techo, bloquear la salida de los fluidos hacia afuera de la cabina y ser la sujeción principal de las paredes. Se redujo la anchura de las paredes, previamente provistas, con el objetivo de tener una forma para sujetar las tuberías con abrazaderas dentro de la cabina. Se utilizó abrazaderas del mismo material de las paredes, acero inoxidable de 1mm de espesor, utilizando el excedente de las planchas. Estas van atornilladas entre las paredes como se muestra en la Figura 3.6.

La estructura debe ser lo más estable posible, con los materiales disponibles y dentro del espacio otorgado. Este diseño beneficia en gran medida al ensamblaje del mismo por los métodos de fabricación y construcción. Además lo vuelve herméticamente más eficiente por la manera en que se arman las paredes interiores en conjunto con el sumidero y las columnas principales. Las paredes solo tendrán tres ventanas centrales para observar el interior de la cabina. Estas poseerán en sus esquinas una forma circular con un radio de 50 mm para que el plástico que las hermetiza

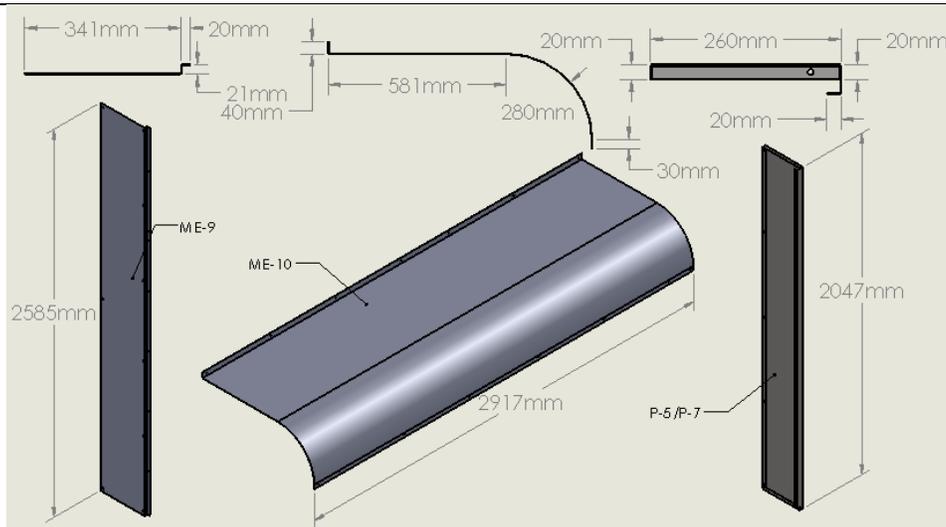
calce de manera correcta. Igualmente se tendrá dos orificios debajo de las ventanas de inspección que agregarán mayor funcionalidad al sistema. En estos agujeros se colocarán guantes plásticos industriales embridados a la pared para poder lavar las piezas de forma manual. Los guantes darán la oportunidad al operador de utilizar una pistola con el producto de fosfato para realizar trabajos detallados sin necesidad de usar gran caudal de producto. A continuación se presentan a detalle los elementos que componen la estructura.

COLUMNA PRINCIPAL (ACERO INOXIDABLE)	SOPORTES ESQUINEROS (ACERO LAMINADO AL FRIO)
	
PAREDES INTERIORES Y PAREDES INTERIORES FRENTE Y ATRAS (ACERO INOXIDABLE)	
	

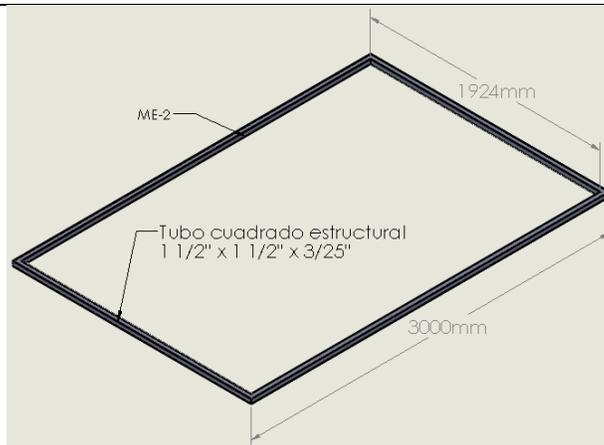
PAREDES INTERIORES VENTANAS (ACERO INOXIDABLE)



TARJETA PAREDES (ACERO LAMINADO AL FRIO) / TECHO CURVO (ACERO INOX.) / PARED PUERTAS (ACERO INOX.)



TUBO CUADRADO BASE LADOS / TUBO CUADRADO BASE FRENTE Y ATRÁS



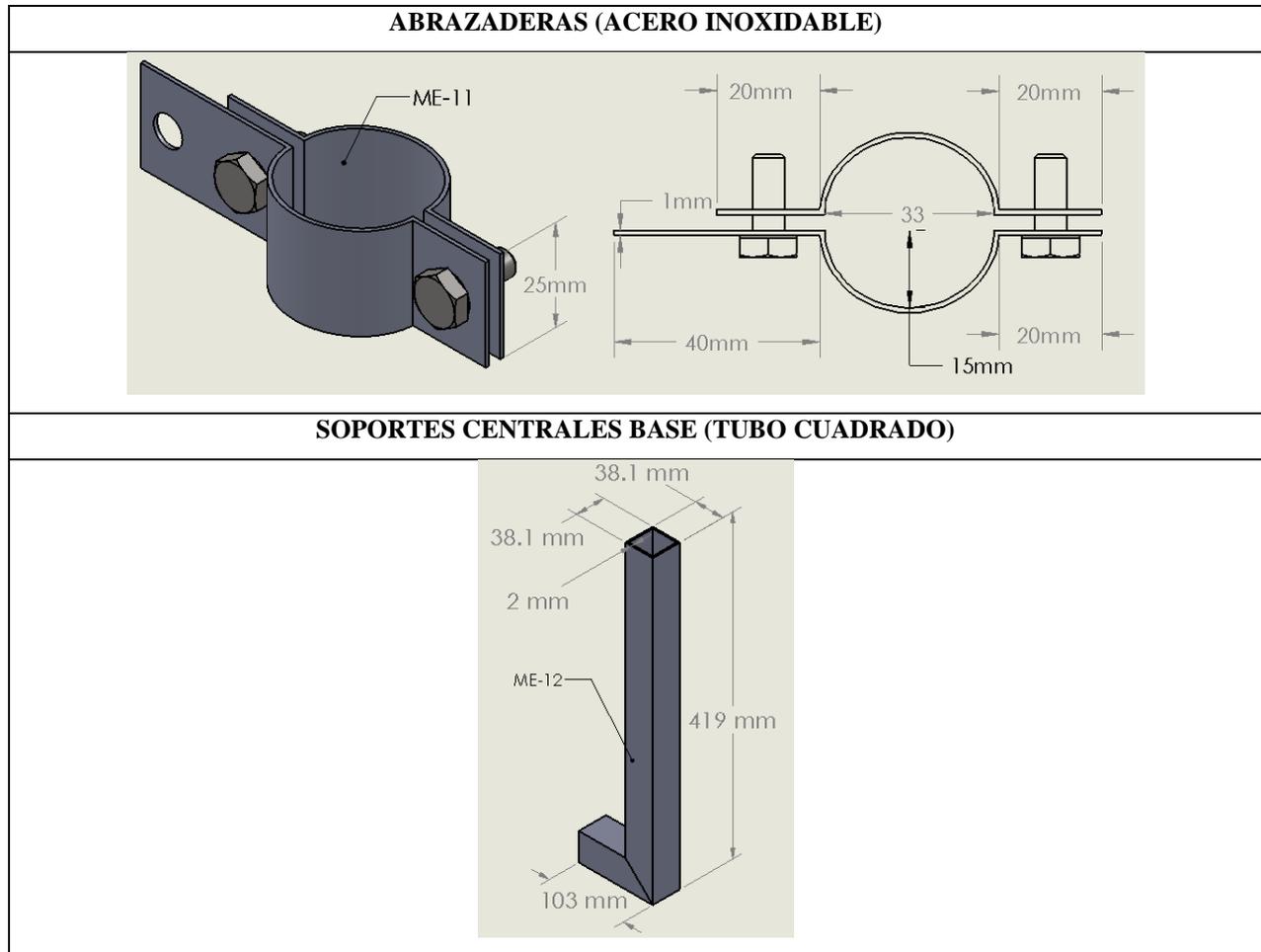


Tabla 3.1: Elementos Principales Estructura (Código ME = Montaje Estructura / P = Puertas).
(Diseño de los Autores)

3.2.2. Sumidero

El sumidero es algo fundamental para el desarrollo del diseño ya que es una parte importante de la estructura y esencial para la recirculación de los fluidos hacia sus reservorios. Para poder construirlo se tiene que cumplir ciertos parámetros:

- Facilidad de construcción dentro de la planta.
- Hermeticidad.
- Construcción con los materiales disponibles en el medio.
- Medidas precisas para ser posicionado en su lugar y sujetado a la estructura de la cabina.
- Circulación eficiente de los diferentes fluidos.

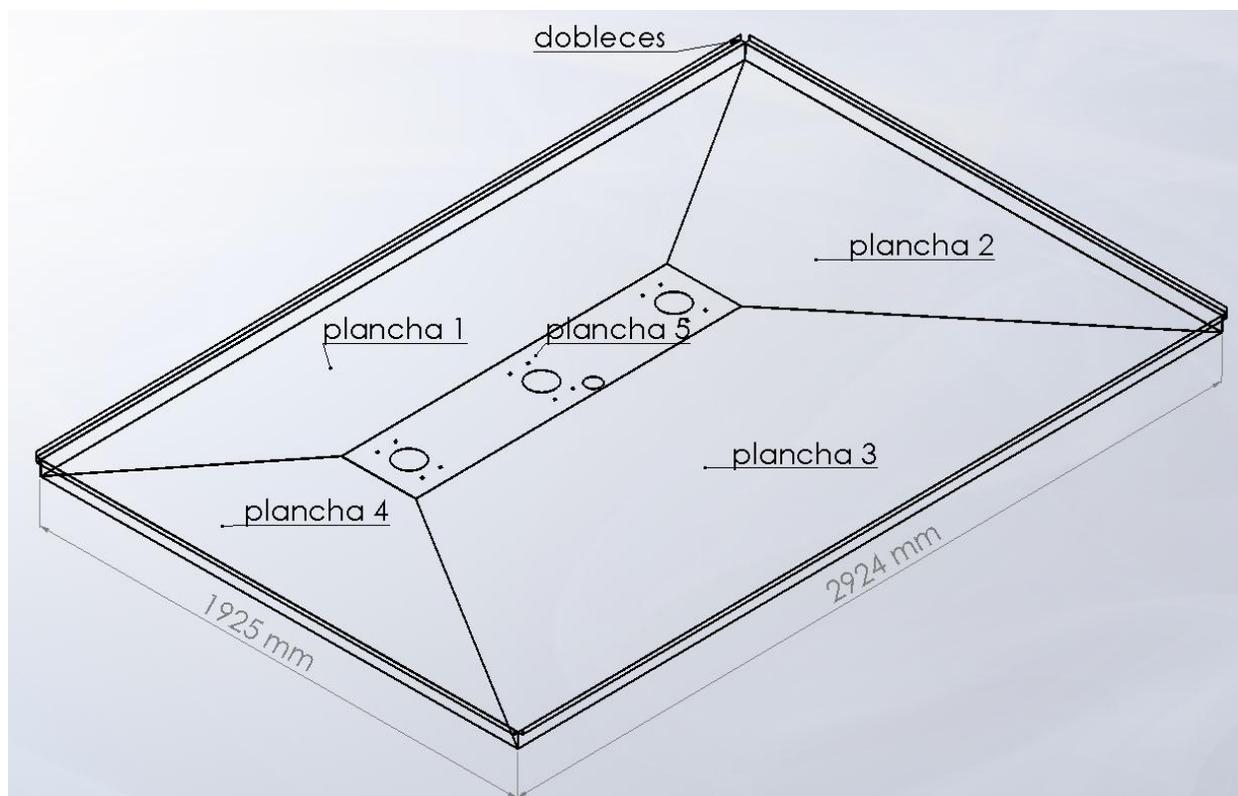


Figura 3.7: Sumidero vista isométrica. (Diseño de los Autores)

El sumidero está diseñado para ser construido con cinco planchas. Cada una de las planchas puede ser troquelada y doblada dentro de la planta para obtener la geometría requerida. Una vez terminadas se sueldan cada una de las piezas para formar el sumidero presentado en la Figura 3.7. Las medidas mostradas son las necesarias para que el sumidero sea posicionado dentro de la base de la estructura y sujetado en la misma con sus dobleces. Los últimos dos dobleces de 20mm cada uno forman un ángulo en la parte exterior del sumidero y sujetan al sumidero a la base como se muestra en la Figura 3.8a. Este ángulo también es utilizado para sujetar las paredes y columnas y además para evitar que el agua salga fuera de la cabina. Además de este ángulo existe otro doblez en donde va a ir colocada la tubería de entrada hacia los aspersores. (Figura 3.8a) Para más detalles ver los planos del sumidero en los anexos B, Sumidero Montaje.

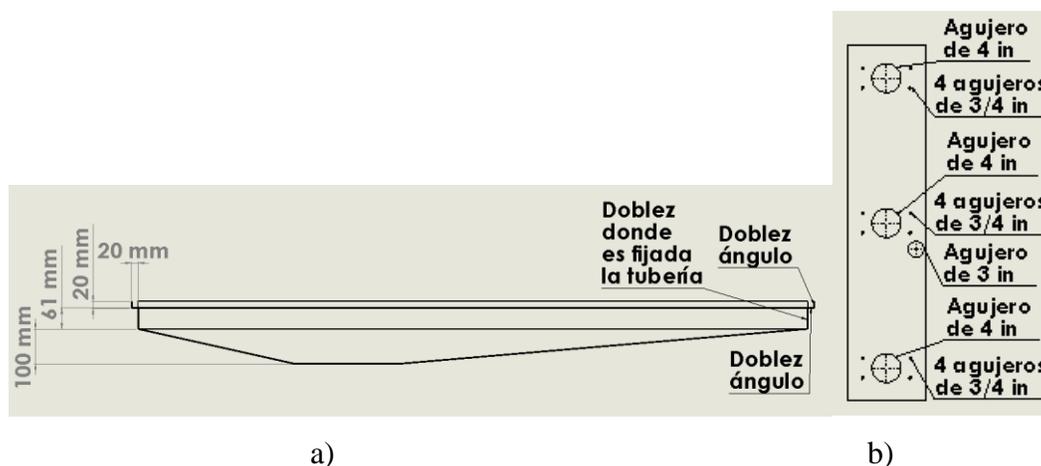


Figura 3.8: a) Sumidero vista frontal, b) Plancha 5 vista superior. (Diseño de los Autores)

En la plancha 5 mostrada en la figura 3.7 y 3.8b existe una entrada de 3 pulgadas para la tubería de 2 pulgadas, por donde ingresan los fluidos a los aspersores, mientras que los tres agujeros grandes son de 4 pulgadas y van hacia los tanques. Los cuatro orificios alrededor de las salidas de 4 pulgadas son de $\frac{3}{4}$ pulgadas y son para sujetar, con pernos y tuercas, las válvulas. Para más detalle ver los planos del sumidero en los anexos B.

Como se puede observar en la Figura 3.7 y 3.8a la caída del sumidero no es simétrica. Para que haya una buena recirculación, los agujeros del sumidero son diseñados para estar ubicados justo por encima de los tanques y los tanques están movidos hacia un lado de la cabina. Además se puede percibir que la caída no es pronunciada, apenas existen 100 mm verticales desde el comienzo de la caída hasta los agujeros del sumidero. Esto se debe a que los fluidos utilizados son líquidos y con una viscosidad similar al agua con lo que no es necesario una caída pronunciada. Asimismo con una caída menor el sumidero va a ocupar menos espacio en la parte inferior de la cabina y además se va a ahorrar material.

Antes de diseñar el sumidero final se hizo varios diseños. Se los omitió porque postulaban ser más problemáticos. El diseño mostrado en la figura 3.9 por ejemplo, tenía el problema de no permitir la colocación de válvulas en los agujeros de desagüe. El problema con la opción 2 del diseño en la figura 3.9 y el sumidero de la figura 3.10 es que solo se tiene un conducto de salida para los fluidos. Esto es problemático porque se necesita tener un juego de tuberías y válvulas

para lograr trasladar cada fluido a su respectivo tanque y además se necesita un control mucho más elaborado. Otro problema con este diseño es que los fluidos tienen más probabilidades de mezclarse si se tiene una sola entrada y una sola salida. Por esto y otras razones se descartaron estos diseños mostrados en las Figura 3.9 y 3.10.

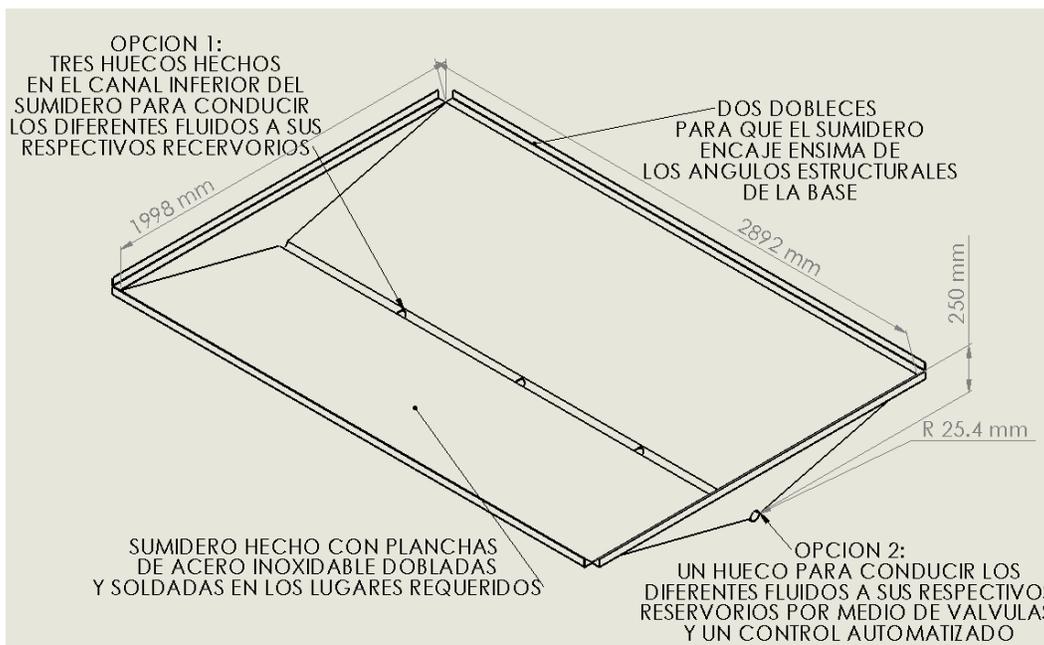


Figura 3.9: Primera Propuesta Sumidero con un canal y tres desagües. (Diseño de los Autores)

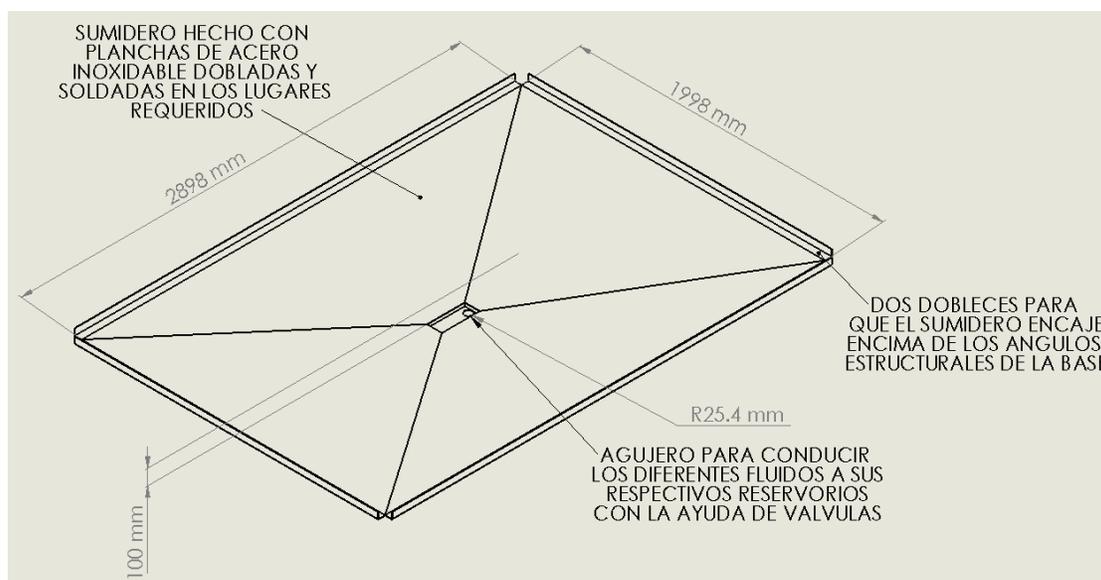


Figura 3.10: Segunda Propuesta Sumidero, canal y un solo desagüe. (Diseño de los Autores)

3.2.3. Techo

El espacio interior del techo debe ser suficiente para transportar las piezas de la entrada a la salida de la cabina. También, éste espacio ayudará para la instalación de la riel transportadora así como los componentes para el traslado: la cadena, parte del motor si es necesario y algún tipo de bloqueo de fluidos de adentro hacia afuera. Por otro lado, el techo tiene que ser diseñado de tal manera que no exceda el espacio disponible vertical de la fábrica y que a su vez contenga todo lo relacionado al transporte de las piezas en su espacio dentro de la estructura. En la Figura 3.11 se presenta el diseño del techo.

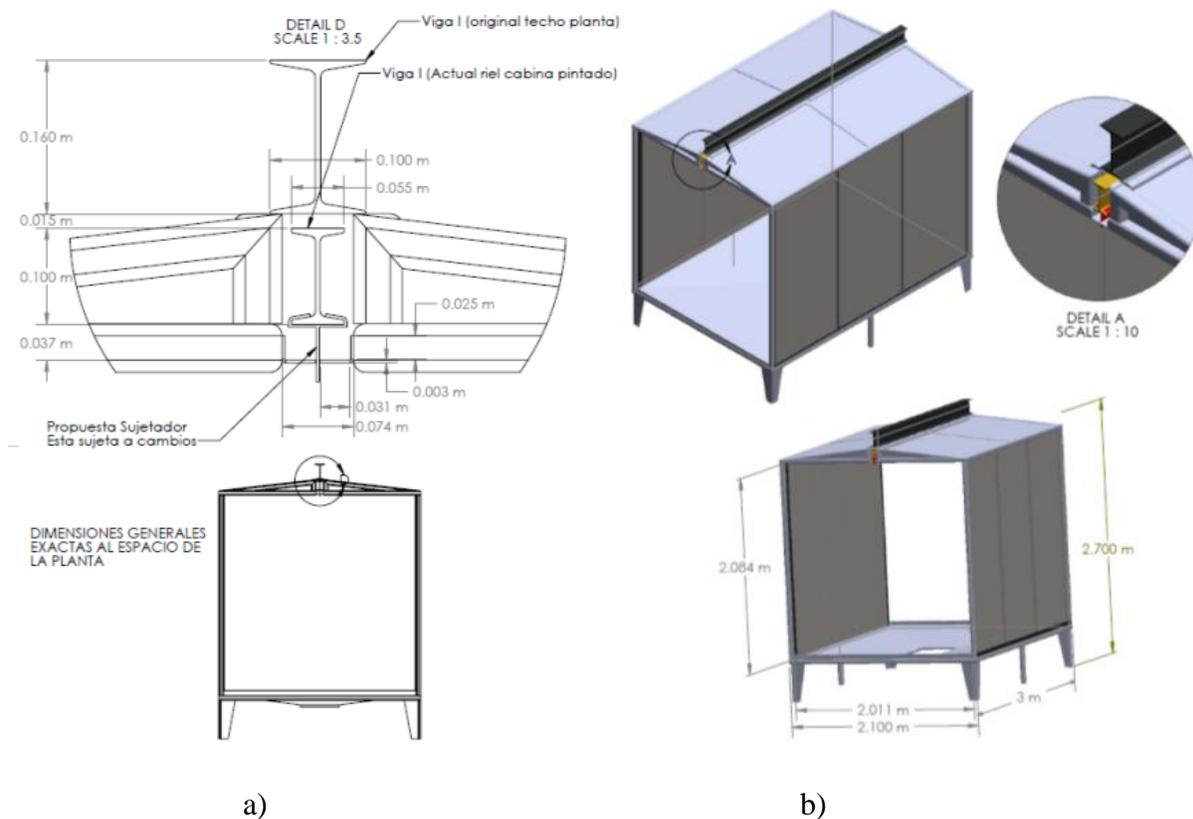


Figura 3.11: Techo de acuerdo a su funcionalidad de transportar. a) Dimensiones y posición del riel adaptada a la vía de transporte de la cabina de pintura, y b) Vista isométrica del techo y su configuración en el espacio. (Diseño de los Autores)

Como se observa en la figura 3.11 a) las dimensiones del techo están diseñadas para que el espacio en la mitad sea suficiente para el soporte que transporta las piezas dentro de la cabina, además, para que su altura sea exactamente la altura vertical disponible en la planta y que se

pueda soldar parte de la estructura del techo de la cabina con la viga de la planta. En la figura 3.11 b) se observa las dimensiones generales de la cabina con el techo estructurado. Al principio se suponía que tanto el techo como la estructura iban a estar centrados a las vigas del techo de la planta, por esto se observan las vigas en su lugar. El techo consta de tres elementos fundamentales, tubos estructurales cuadrados de 1 ½ pulgadas, de planchas de acero laminado al frío y ángulos de acero de 1 ½ pulgadas. En cuanto a la estructura del techo son tubos cuadrados soldados en una geometría rectangular y triangular en el espacio.

El techo es una estructura triangular de frente hacia atrás. Esto evitará principalmente deposición de polvo y pintura en polvo del siguiente proceso de manufactura. De esta manera se limpiará el techo fácilmente y si alguna vez se tiene que cambiar alguna plancha será de mucho más fácil el acceso. Aunque, por otro lado se sigue teniendo los problemas de sujeción del techo a la viga central, ya que, será estáticamente estable si y solo si se la suelda el techo a esa viga. Por esto se debe tener unos perfiles verticales en la parte superior del techo como se muestra en la Figura 3.12.

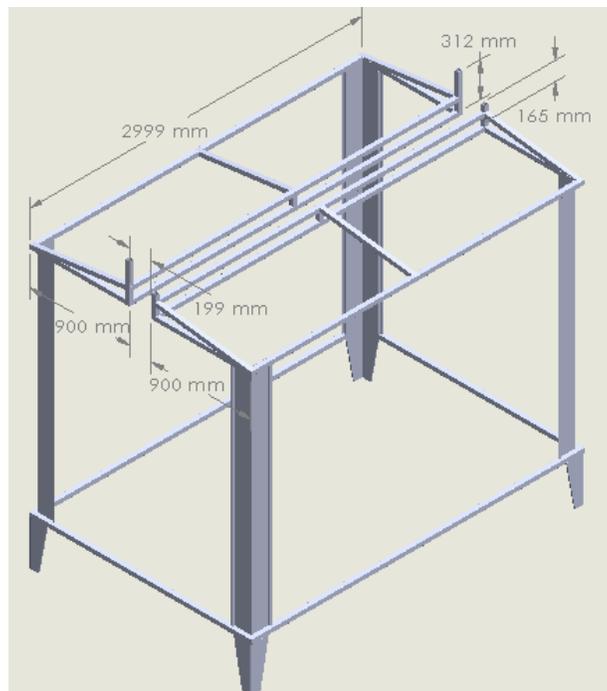


Figura 3.12: Vista Isométrica del esqueleto del techo. (Diseño de los Autores)

Como se muestra en la figura 3.12 existe un espacio entre los dos esqueletos del techo. El espacio es de 199 – 200 mm por dos motivos. En la primera, hay que considerar que la viga es de tipo IPE100 (perfil de sección “I” con el espesor denominado Europeo, área sección = 10.30 cm², pesos = 8.10 kg/m), esto quiere decir que su altura es de 100 mm y su patín de 55 mm. La viga IPE transportadora pasará por el espacio de 200 mm restando un espacio de 72.5 mm por cada lado. El segundo motivo será que mediante el espacio restante de 72.5 mm ofrece un margen para manipular la viga en el instante de su colocación.

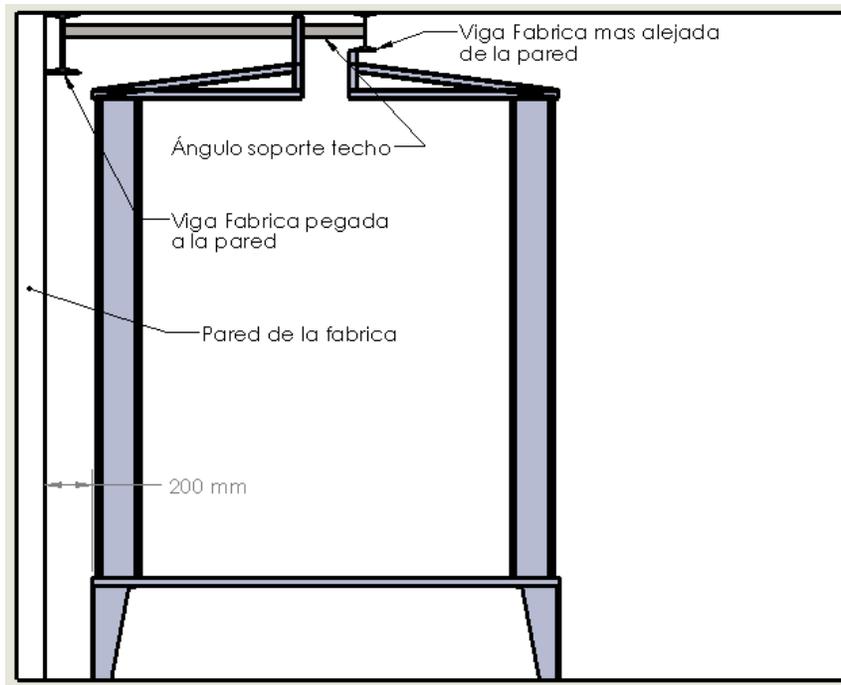


Figura 3.13: Vista Frontal configuración techo en el espacio. (Diseño de los Autores)

3.2.4. Puertas

Lo más importante en el diseño de las puertas fue su hermeticidad y movilidad. Es importante que las puertas no permitieran la salida de los fluidos hacia el exterior además de abrirse y cerrarse con facilidad. Para asegurar la hermeticidad, se manufacturó un riel tipo Z por donde se guiarán. El riel es de plancha de acero de 1 mm y doblada en una forma de Z en cuanto a la parte inferior de las puertas. Para la parte superior del sistema de movilidad se seleccionó un riel

marca Ducasse, modelo U-29, con su kit de ruedas, modelo DN-80R para la apertura y cierre de las puertas. Se seleccionó este Riel en base a la experiencia y disponibilidad. Éste riel ya fue utilizado para otras cabinas de la fábrica y tuvo el desempeño requerido. La hermeticidad de este sistema se logra por medio del conjunto del riel Z inferior, el riel Z superior donde se emperna el riel Ducasse y el embonamiento de las puertas al cerrarse (detalle en los planos de las puertas anexados anexo). En la Figura 3.14 se muestra en general del sistema de las puertas.

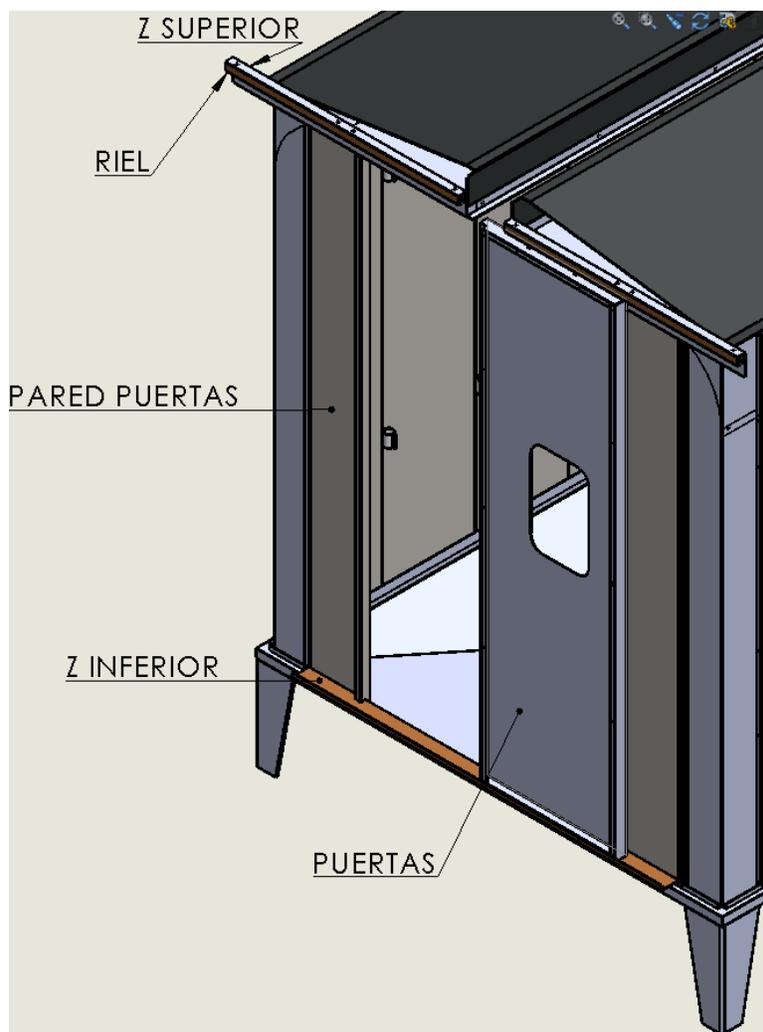


Figura 3.14: Diseño de las puertas. (Diseño de los Autores)

A la tabla 3.2 se aprecia el despiece del sistema de las puertas y sus componentes que se acoplan a la cabina como se observa en la figura 3.14.

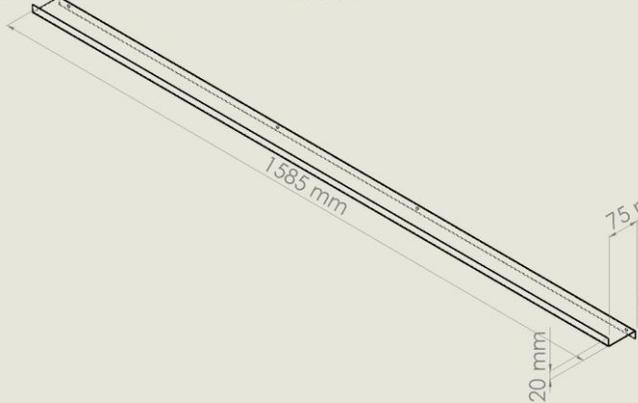
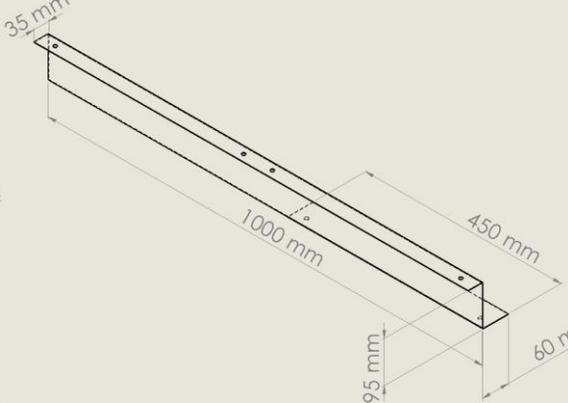
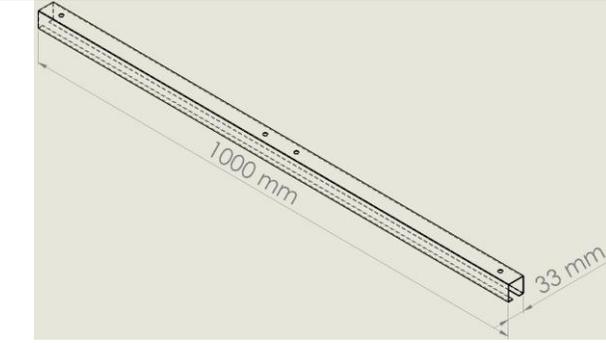
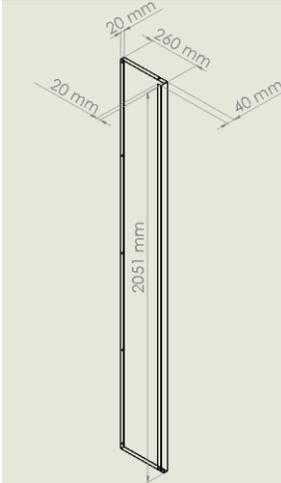
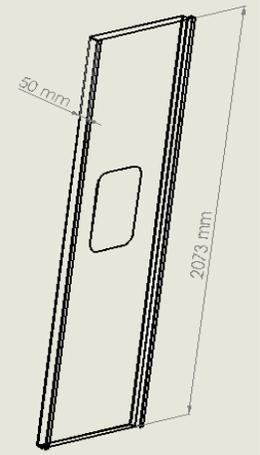
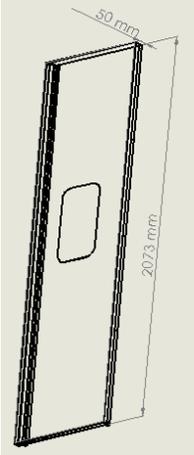
Z INFERIOR (ACERO INOXIDABLE)	Z SUPERIOR (ACERO INOXIDABLE)
	
RIEL (ACERO ZINCADO)	PARED PUERTAS (ACERO INOXIDABLE)
	
PUERTA IZQUIERDA (ACERO INOXIDABLE)	PUERTA DERECHA (ACERO INOXIDABLE)
	

Tabla 3.2: Elementos del diseño de las puertas. (Diseño de los Autores)

3.2.5. Rejilla para caminar

Durante todo el proceso de diseño se observó la necesidad de construir algún paso para poder caminar dentro de la cabina. Solo después de que la mayor parte de la cabina estaba lista se concretó la idea de diseñar este paso. La rejilla para caminar también se diseñó como soporte para colocar tensores que nivelen el sumidero para que no se acumule el agua. Como se puede observar en la figura 3.15 y tabla 3.3 la rejilla para caminar consta de varios elementos. Son dos ángulos exteriores que tienen varios agujeros de 3/8 pulgadas para colocar los tensores antes mencionados para nivelar el sumidero. Además tenemos una plancha central en donde encajan planchas transversales de 500mm de largo x 25 mm de ancho x 3mm de espesor. Para ver la rejilla para caminar con más detalles ver los planos de las rejillas en anexos B, Rejilla Interior para Caminar y Todos sus Elementos.

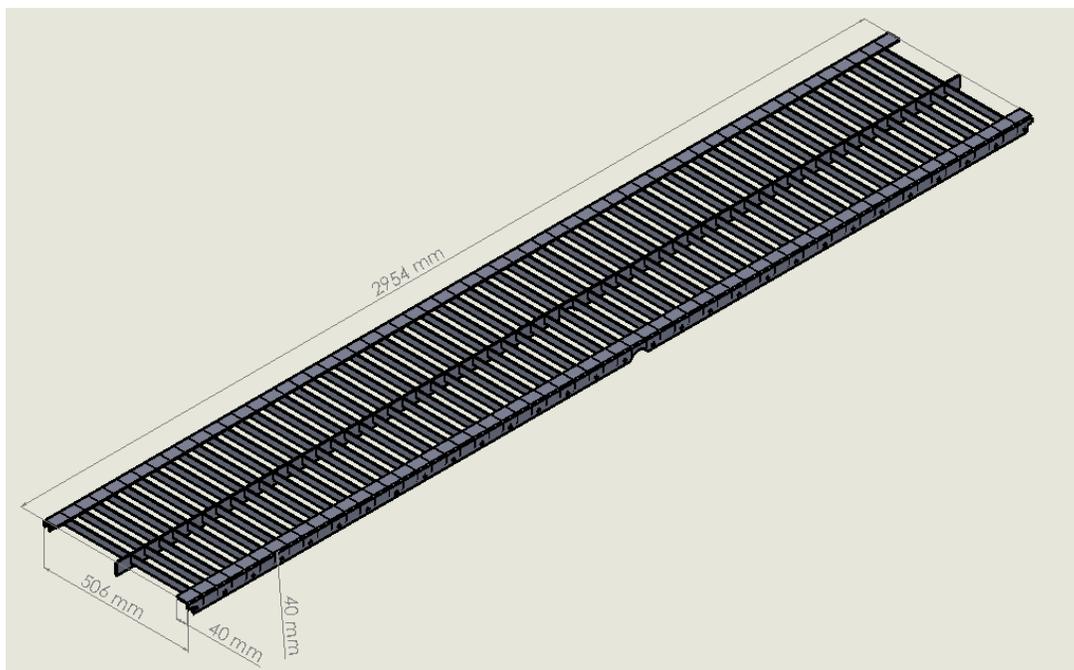


Figura 3.15: Rejilla para caminar ensamblada. (Diseño de los Autores)



Tabla 3.3: Conjunto de elementos diseño rejilla para caminar. (Diseño de los Autores)

3.2.6. Obra Civil, tanques de reserva y bombas de recirculación

Luego de visitar la fábrica Schneider en Bogotá Colombia se observó que la mejor opción era que los tanques sean bajo tierra, debajo del nivel de la cabina. La razón es que de esta manera la cabina funciona más eficientemente y además ocupa menos espacio. Otra razón importante es que la limpieza de las tuberías es más sencilla pues se aprovecha la fuerza de la gravedad. Después de cada etapa de lavado el fluido es trasladado a su tanque con la ayuda de la gravedad, permitiendo así hacer otra etapa de lavado con la misma tubería sin que los fluidos se mezclen. Para lograr un retorno eficiente de los fluidos a sus tanques se utilizarán actuadores y elementos mecánicos controlados mediante unos interruptores. Una de las desventajas de hacer los tanques

bajo tierra es el costo de la obra civil necesaria para colocar los tanques. Otra desventaja es que se van a necesitar tres diferentes bombas para mover los diferentes fluidos.

Una vez tomada la decisión era necesario diseñar el tamaño de los tanques según el consumo de los aspersores. Después de calcular el caudal a consumirse por todos los aspersores en el proceso se considera el tamaño de los tanques de reserva. El consumo del sistema de aspersión es de entre 100-130 galones por minuto. Con este caudal se calculó el tamaño de los tanques (80 cm x 80 cm de base por 120 cm de alto) donde se puede almacenar una reserva aproximada de 200 galones. Con esto se asegura que el tanque nunca se quede sin fluido, previniendo un daño importante en la bomba. La recirculación de los fluidos es otro factor de seguridad que nos ayuda a un proceso continuo y sin posibilidad de succión de aire a través de la bomba. Los tanques también se diseñaron intentando reducir el espacio que estos ocupan y optimizando el tamaño de la plancha de acero adquirida en estado de suministro (1.20 m x 1.20 m x 2.40 m).

En cuanto a la obra civil en específico se consideró algunos aspectos igualmente relevantes al sistema como se muestra en la figura 3.15. Primero, debía haber una forma de hacer mantenimiento a los elementos dentro de ese espacio, es por esto, que los tanques van pegados a la pared izquierda creando un espacio cómodo para las bombas. Segundo, se hará la altura de 1.40 m de alto de la pared para que al sumar los 40 cm de las patas exista una altura de 1.80 m para pasar por debajo. Tercero, el ancho interior de 1.80 m se lo definió por la posición de la cabina de lavado en relación a la cabina de “sandblasting” que está a su lado derecho. Entonces considerando el paso de seguridad entre las cabinas que será de 1.20 m es suficiente para caminar entre las dos cabinas y creando un espacio de obra civil muy eficiente.

Para lograr las medidas necesarias se hizo un hueco 10 cm más grande en todas las dimensiones para después colocar mallas de acero y cimentación como se procede en una obra de estas características. Toda la obra civil fue hecha por un contratista en base a los planos otorgados. En los planos también están especificados las canaletas y el cajetín recolector de líquidos. Otra especificación necesaria era la correcta colocación de toda la tubería. Para esto se decidió utilizar el agua lluvia recolectada por el techo de la fábrica para el proceso de lavado de las piezas. El sistema de desagüe fue modificado para que quede como se muestra en la figura 3.15. Para lograr

que el agua lluvia no salga del tanque se colocó un desfogue a nivel en relación a su entrada. Este desfogue a nivel evitará un derramamiento fuera del tanque. Esta salida automáticamente ira drenando el excedente de agua lluvia al reservorio principal de la fábrica. Asimismo toda el agua recolectada en el cajetín de fluidos de la cabina va a ser desechada por una bomba sumergible al reservorio principal, ya que, no se encuentra a nivel en relación al conducto del reservorio principal. En cuanto a otros detalles menos importantes estos se los puedo apreciar en la figura 3.16.

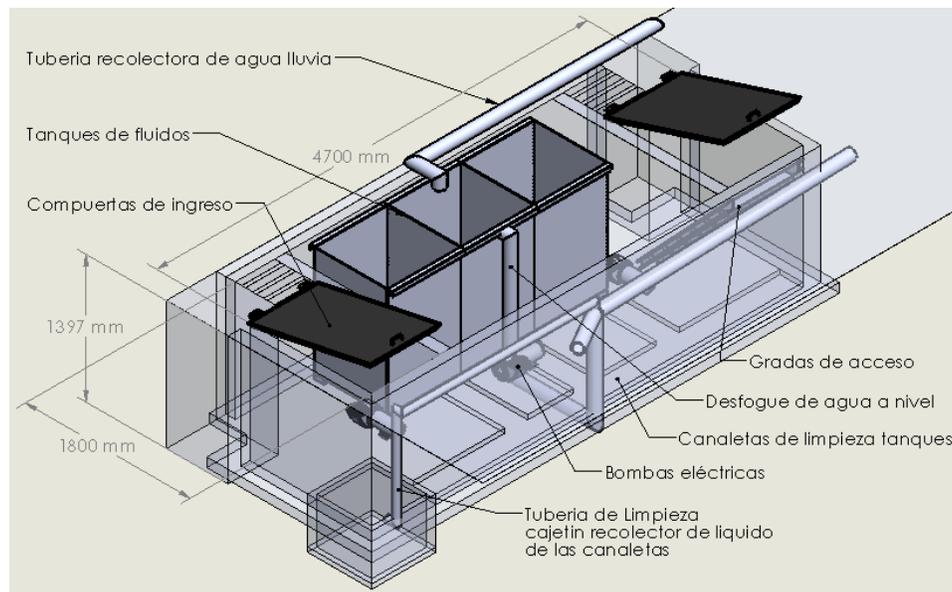


Figura 3.16: Vista Isométrica de la obra civil con sus elementos. (Diseño de los Autores)

3.2.7. Tanques de reserva

Debido a que el cálculo de caudal fue de alrededor de 120 galones por minuto el primer diseño de los tanques sus dimensiones deben ser de 800mm de largo x 800 mm de ancho x 1200 mm de altura. Con estas dimensiones la capacidad máxima del tanque es de alrededor de 200 galones. Asumiendo que no se va a utilizar todo el tanque tenemos alrededor de 180 galones de producto, que debido a la recirculación de los fluidos, es más que suficiente para el proceso de lavado.

Como las planchas solo vienen en tamaños de 2400mm x 1220mm fue importante ver la mejor manera de construir los tanques sin desperdiciar material. Así se redimensionó el tamaño de los tanques a 550mm x 550mm x 1150mm, utilizando 1 plancha por tanque para las caras externas, y

otra plancha para las bases de los 3 tanques. Con estas dimensiones la capacidad máxima del tanque se reduce a 90 galones. Asumiendo que no se va a utilizar todo el tanque tenemos alrededor de 90 galones de producto por tanque. Debido a la recirculación de los fluidos se puede decir que no se va a tener mayor problema con la reducción de tamaño de los tanques, sin embargo si el tanque corre el riesgo de vaciarse siempre es posible jugar con el control del sistema para lograr que el tanque siempre este lleno. A continuación se presenta el formato de la plancha necesaria para construir el tanque central además de la vista superior e isométrica del mismo. Los planos de todos los tanques se encuentran en anexos B, como Tanque Izquierdo, Tanque Central y Tanque Derecho.

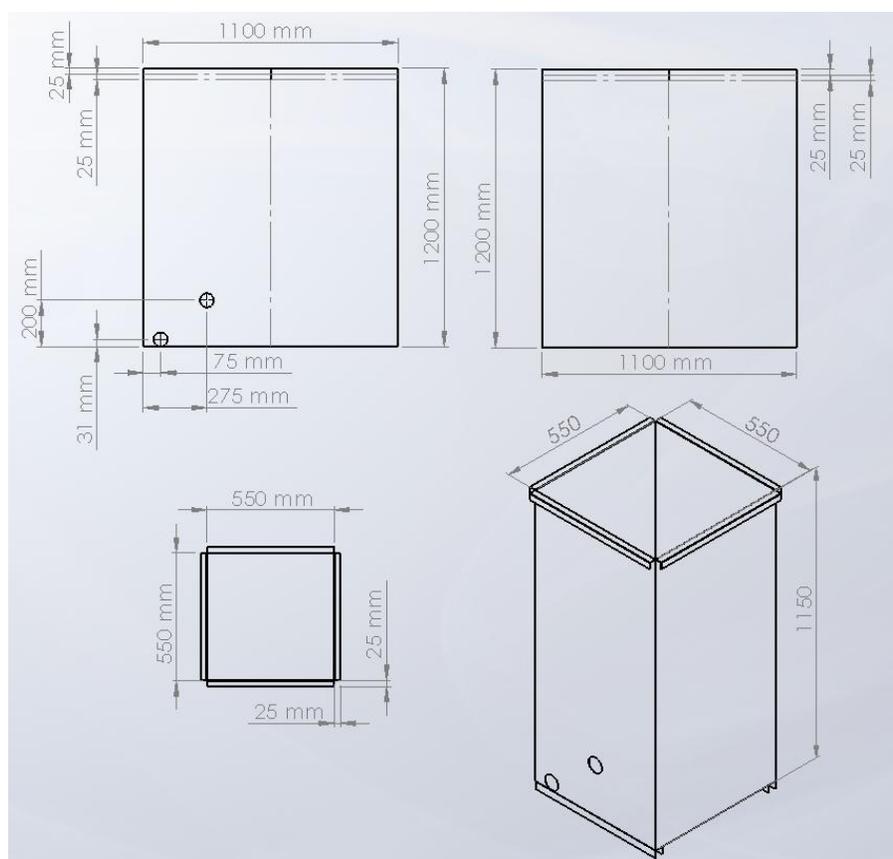


Figura 3.17: Formato vista plana de las planchas y vista superior e isométrica del tanque central.
(Diseño de los Autores)

3.2.8. Aspersores

Dentro del diseño lo más importante es el proceso de limpieza por aspersión. Por esto conseguir los aspersores adecuados era de suma importancia. En los anexos A las figuras 2, 3 y 4 muestran algunos de los tipos de aspersores del proveedor, “Spraying systems”, y sus accesorios. Además en las figuras 5, 6 y 7 se observan algunas de las recomendaciones y propuestas del proveedor para la construcción de una cabina de fosfatado. El costo de todos los aspersores y accesorios recomendados en la figura 7 anexos A es presentado en la cotización (figura 8 de los anexos A). Observando las cotizaciones de Spraying Systems se percató que el precio de la propuesta del proveedor era demasiado elevado. En ésta se incluyen los aspersores más caros con accesorios como el ajustador que permite mover el aspersor a disposición y un collarín para colocar el aspersor en la tubería. Por esto se analizó otras probabilidades y se pidió la cotización de otros aspersores que podrían ser útiles en base a la tabla 2 de los anexos A. Estos aspersores se escogieron analizando el ángulo de salida más amplio y el menor caudal posible a una presión de alrededor de 20 - 30 psi (presión de trabajo recomendada por el ASM Metals Handbook). El precio de los diferentes aspersores escogidos se muestra en la figura 9 de los anexos A.

Antes de hacer la compra completa se hizo algunas pruebas con los aspersores recomendados por “Spraying Systems”. Se compró dos de estos aspersores con todos sus accesorios. Para comenzar se conectó uno de los aspersores en un tubo de acero de 2 pulgadas con la ayuda del collarín. El tubo fue directamente conectado a la llave de la planta que tiene una presión de entre 20-40 psi. Se pudo observar que todas las especificaciones técnicas del aspersor eran cumplidas. Igualmente se observó que el alcance del chorro era de por lo menos un metro. Después de las pruebas lo único que faltaba era escoger el aspersor más conveniente.

El aspersor HH de 1/4 de pulgada es el más barato, tiene un ángulo de salida en 20 psi de 67° y una capacidad de 1.4gpm; \$37 más barato, el mismo ángulo de salida y 0.7gpm menos que el recomendado por “Spraying systems”, el GG 3/8 de pulgada. (Figura 3 de los anexos) Las desventajas son que no se puede utilizar la conexión de bola para moverlo y el orificio de salida es pequeño por tanto existe un mayor riesgo de taponamiento. Sin embargo después de las pruebas se comprobó que en nuestro caso no era necesario tener el ajuste de bola para poder

mover al aspersor ni tampoco el collarín recomendado por el proveedor. Además para evitar el taponamiento se puede utilizar filtros bastante baratos como por ejemplo mallas de acero inoxidable con agujeros de 0.5mm; \$37 el metro cuadrado.

El diseño de distribución de los aspersores HH de 1/4 de pulgada a una presión de 20-30psi y un ángulo de salida de 67° se muestra en la Figura 3.18.

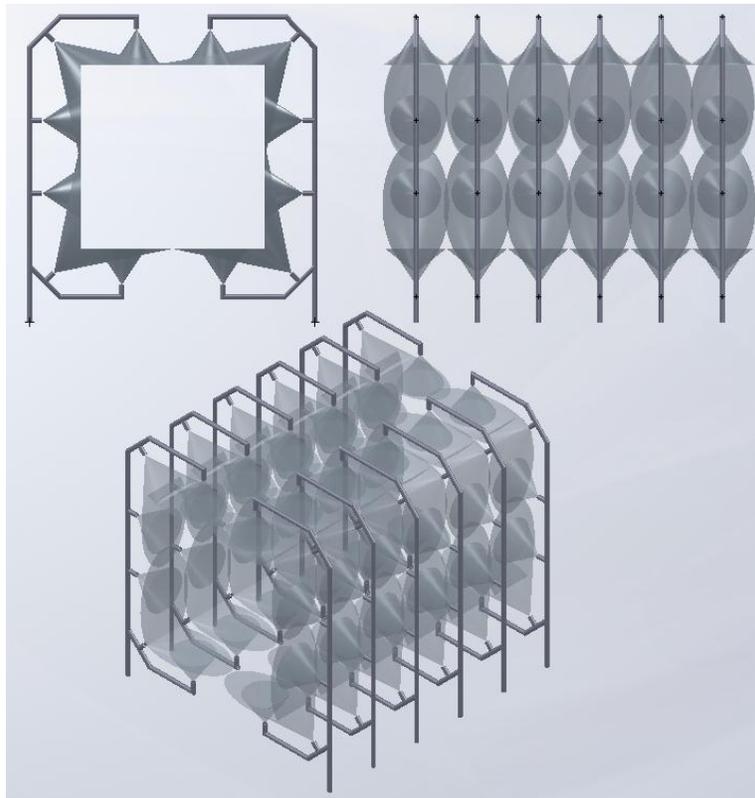


Figura 3.18: Diseño de la posición de los aspersores

Para lograr hacer el diseño se repasó la mejor forma de distribuir la menor cantidad de aspersores y lavar la mayor parte de la superficie de la pieza crítica dentro de la cabina. Como se puede observar no toda la superficie es lavada, pero teniendo en cuenta que la pieza crítica es un caso extremo en donde se quieren lavar varias planchas enteras, se presume que todas las piezas utilizadas en la planta de AICO van a ser lavadas por completo. Asimismo se pensó en la forma de construcción de esta tubería y ésta se puede hacer con codos a 45°, abrazaderas, conexiones en T y reductores.

3.2.9. Pruebas de funcionamiento de los aspersores tipo GG adquiridos en Spraying Systems.

Los primeros aspersores recomendados por la compañía se sometieron a pruebas de funcionamiento con agua y Ladi Fos Ultra. Las condiciones de operación se las llevó a cabo a temperatura ambiente, mediante una bomba sumergible a 20 psi de presión constante. El tiempo fue una variable de control para comprobar el mejor tiempo de lavado. Para las pruebas se utilizaron testigos o placas pequeñas obtenidas de las planchas de acero utilizadas en la planta. Se sujetó la tubería con el aspersor en la pared del tanque y se conectó esta tubería a la bomba sumergible como se muestra en la figura 3.19.

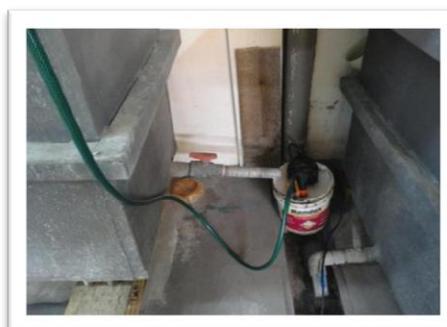


Figura 3.19: Sistema de pruebas de aspersores modelo GG mediante agua y Ladi Fos Ultra.

Los resultados de las pruebas con Ladi Fos Ultra se muestran a continuación.

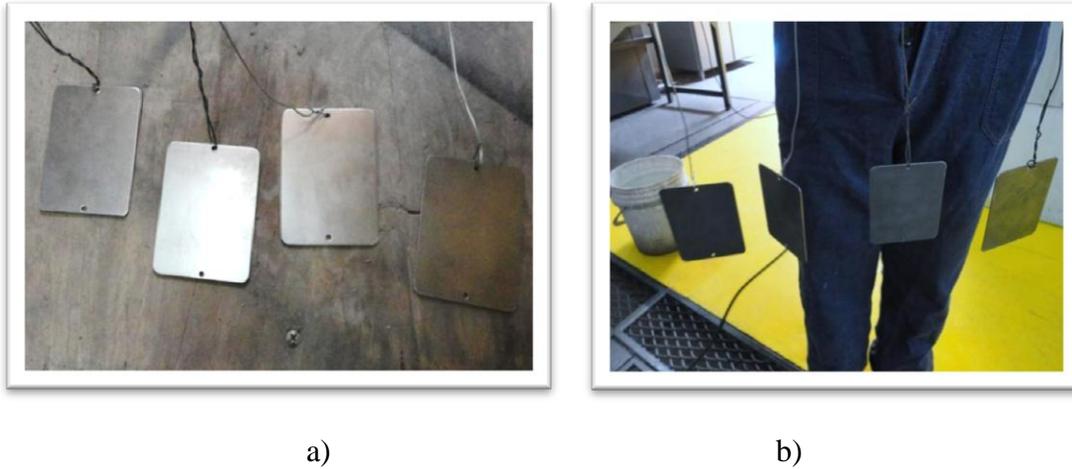


Figura 3.20: a) Placas de prueba antes de someterse al fosfatado, b) Las mismas placas después del fosfatado mediante Ladi Fos Ultra.

Los resultados reflejan un cambio visible en el color de las placas. El color azulado muestra que las piezas fueron fosfatadas correctamente. Esto significa que tanto los tiempo de prueba propuestos en el capítulo 2 y las condiciones de operación del aspersor fueron las indicadas. Con estos resultados se concluye que tanto el fosfato de zinc y el aspersor adquirido son los necesarios para realizar el proyecto. Sin embargo el proceso de fosfatado podría mejorar con la ayuda de temperatura.

3.2.10. Diseño de la red de tuberías

En la Figura 3.21 se muestra la disposición de las tuberías con todos sus accesorios a excepción de los aspersores y válvulas.

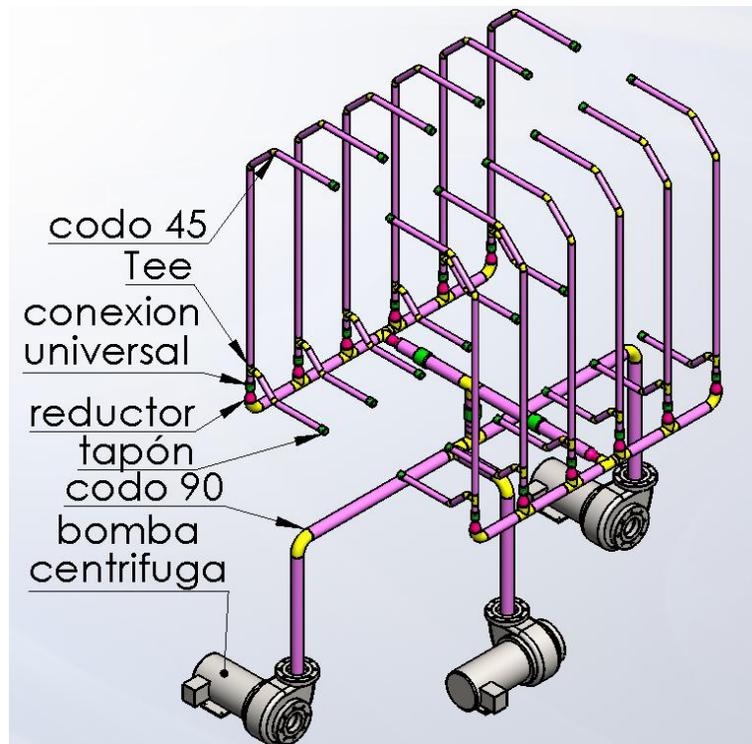


Figura 3.21: Tubería con sus accesorios.

Como se puede apreciar en la figura toda la tubería es ensamblada con la ayuda de Tees y codos a 45° y 90°. La parte de la tubería que no está conectada tiene tapones para que no se salga el fluido. También hay conexiones universales en varias partes claves para que la tubería pueda ser desarmable. Toda la tubería está hecha a la medida a excepción de las bombas que podrían ser más pequeñas. Para más detalle ver los planos del montaje de la tubería en anexos.

3.2.11. Sistema de válvulas neumáticas para la entrada de fluidos de la bomba hacia los aspersores

Para lograr controlar la entrada de los diferentes fluidos hacia la cabina se utilizaron válvulas de bola adheridas al resto de la tubería. Estas válvulas están colocadas lo más cerca posible a la T en la parte inferior, que conecta el cuarto de máquinas con la parte superior de la cabina. Son 3 válvulas, una por cada tanque. (Figura 3.22) Las válvulas son abiertas con un actuador neumático giratorio con un torque de 5.5Nm (50lb-in). Para adaptar el actuador neumático a la válvula fue necesario un mecanismo que conecta el actuador a la llave de la válvula. Asimismo

fue necesario el diseño de ciertos soportes para mantener al actuador en su lugar. En la figura 3.22 muestra la válvula neumática con todos sus componentes.

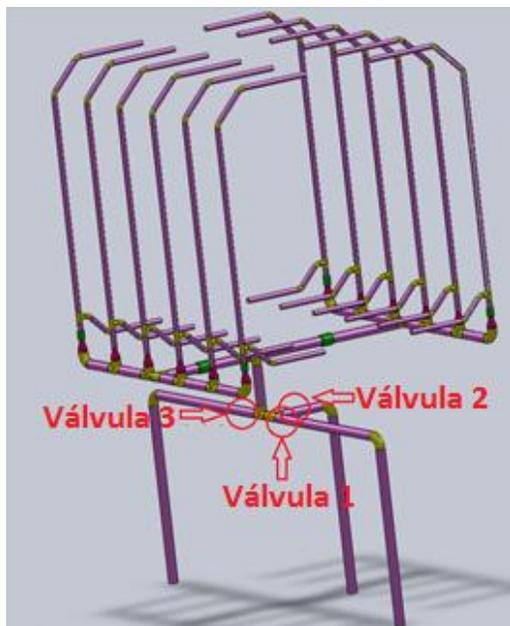


Figura 3.22: Posición de las válvulas en la tubería

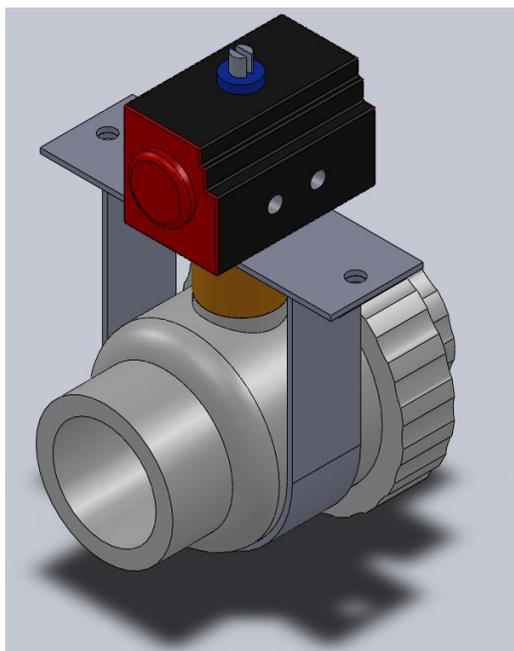


Figura 3.23: Válvula de bola neumática

Como se puede apreciar en la figura 3.23 el actuador es adaptado a la válvula de bola con la ayuda de un tipo de una llave que conecta el actuador a la válvula. Además una abrazadera y una placa son construidas para soportar al actuador y permitir que este funcione.

3.2.12. Sistema válvula neumática para el desagüe de los fluidos

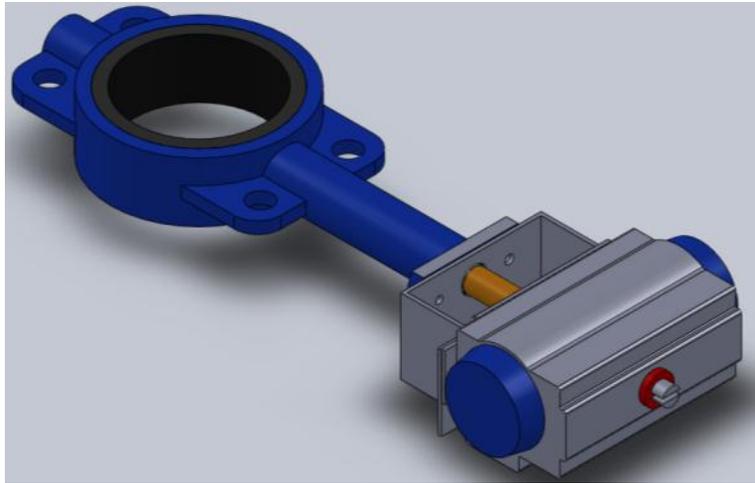
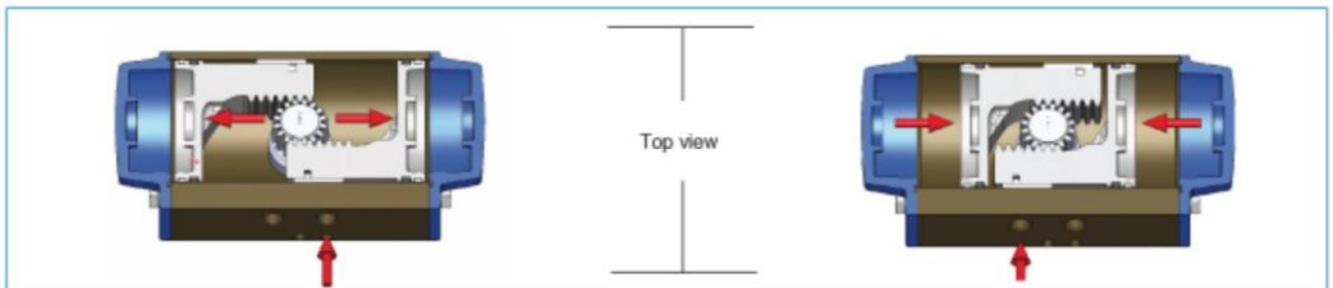
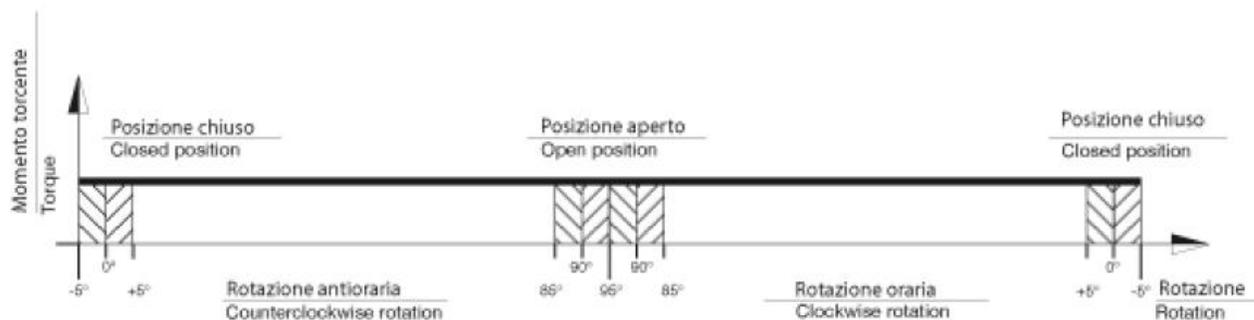


Figura 3.24: Mecanismo de desagüe sumidero.

Se seleccionó un actuador de torque (100 – 125 lb-in medido con torqui metro) de marca Valbia, modelo DA63 (Italia) para accionar la válvula de mariposa.



a)



b)

TYPE	AIR SUPPLY PRESSURE (bar)							
	2,5	3	4	5	5,5	6	7	8
TORQUE OUTPUT DOUBLE ACTING ACTUATORS (Nm)								
DA 63	15,5	19	26	33	36	39,5	46,5	53,5

c)

Figura 3.25: a) Elementos mecánicos interiores, b) Rango de rotación del actuador con 5 grados de tolerancia y c) tabla de presión de trabajo y su torque.

En la figura 3.25 a) se observa el mecanismo del actuador. Este se define como un actuador rotativo de doble efecto sin retorno por muelle o resorte. Este modelo trabaja de 0 a 90 grados con +/- 5 grados como se puede observar en la parte b) de la figura. La medición por el torquímetro marcó un rango entre 11.5 y 14 Nm que está dentro del rango de trabajo deseado en c). Se trabajó con una presión baja para ahorrar costos y desgaste en los elementos mecánicos que envuelven el sistema.

3.2.13. Hidráulica

Un análisis hidráulico es necesario para calcular los tipos de tubería que se necesitan utilizar, las pérdidas en la red y las bombas necesarias.

3.2.13.1. Diámetros de la tubería

Cada ramal porta-aspersores contiene 6 aspersores HH de 1/4 de pulgada con un caudal de 1.4 gal/min a 20psi (Tabla 2 Anexos A). Los aspersores pueden ser colocados en tuberías de varios diámetros mediante abrazaderas. Para determinar el diámetro necesario se hizo un cálculo sencillo que relaciona caudal, velocidad y área. El rango de velocidades recomendadas por la hidráulica en tuberías es de 1.64 ft/s (0.5 m/s) a 9.84 ft/s (3 m/s). (Franco Salas & Pérez Urrestarazu, 2008)

$$Q = n \cdot q = 6 \cdot 1.4 \frac{\text{gal}}{\text{min}} = 8.4 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \left(\frac{1 \text{ft}^3}{7.48 \text{gal}} \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} \right) = 1.87 \times 10^{-2} \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

Ecuación 2.9

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1.87 \times 10^{-2} \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{9.84 \frac{\text{ft}}{\text{s}}} = 1.90 \times 10^{-3} \text{ft}^2 \cdot \left(\frac{12 \text{in}}{1 \text{ft}} \right)^2 = 0.274 \text{in}^2$$

Ecuación 2.2

Con un área de 0.274 in^2 el diámetro necesario es de 0.591 pulgadas, esto suponiendo una velocidad máxima de 9.84 ft/s. Dado que esta velocidad puede variar entre 1.64 ft/s (0.5 m/s) y 9.84 ft/s (3 m/s) el diámetro de la tubería puede ser de $\frac{3}{4} \text{ in.} - 1\frac{1}{2} \text{ in.}$ Por razones de simplicidad se escogió una tubería de 1in.

Para calcular el diámetro de la tubería porta-ramal, que contiene 6 ramales, se utilizó el mismo cálculo.

$$Q = 1.87 \times 10^{-2} \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} \times 6 = 0.112 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.112 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{9.84 \frac{\text{ft}}{\text{s}}} = 1.38 \times 10^{-2} \text{ft}^2 \cdot \left(\frac{12 \text{in}}{1 \text{ft}} \right)^2 = 1.64 \text{in}^2$$

Con un área de 1.64 in^2 el diámetro necesario es de 1.45 in. Con las velocidades recomendadas de 1.64 ft/s (0.5 m/s) y 9.84 ft/s (3 m/s), el diámetro de tubería puede variar entre $1 \frac{1}{2} \text{ in.} - 3 \frac{1}{2} \text{ in.}$ Para el diseño se escogió una tubería de 2 in para los porta-ramales.

Los porta-ramales son conectados a otra tubería que proviene de los tanques. Esta tubería carga con el caudal de todos los ramales. Se usó el mismo cálculo para determinar el diámetro de esta tubería.

$$Q = 1.87 \times 10^{-2} \frac{ft^3}{s} \times 12 = 0.224 \frac{ft^3}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.224 \frac{ft^3}{s}}{9.84 \frac{ft}{s}} = 2.77 \times 10^{-2} ft^2 \cdot \left(\frac{12in}{1ft} \right)^2 = 3.28in^2$$

Con un área de 3.28 in^2 el diámetro necesario es de 2.25 in. Con las velocidades recomendadas el diámetro de tubería puede variar entre $2 \text{ in.} - 5 \text{ in.}$ Por razones de simplicidad se escogió una tubería de 2 in.

3.2.13.2. Pérdidas en la tubería

En el capítulo 2 se especifica cómo se pueden calcular las pérdidas dentro de una tubería con la fórmula de Darcy-Weibach. Para simplificar el cálculo solo se encontrarán las pérdidas en el aspersor más alejado (desde la bomba de entrada) o con la mayor cantidad de accesorios dependiendo de dónde se tengan las mayores pérdidas. La figura 3.26 muestra esta ruta.

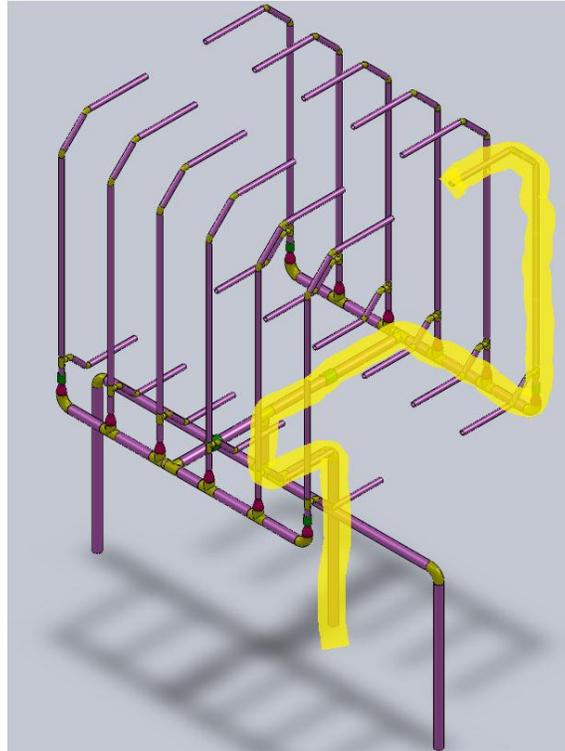


Figura 3.26: Ruta con mayores accesorios desde la bomba hasta el aspersor más alejado.

Se comienza con el cálculo de pérdidas en la tubería porta-aspersor con un diámetro de 1 in y un caudal de $1.87 \times 10^{-2} \frac{ft^3}{s}$.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1.87 \times 10^{-2} \frac{ft^3}{s}}{\frac{\left[1in\left(\frac{1ft}{12in}\right)\right]^2 \cdot \pi}{4}} = 3.43 \frac{ft}{s}$$

Ecuación 2.2

$$Re = \frac{DV}{\nu} = \frac{(1in)\left(\frac{1ft}{12in}\right)\left(3.43 \frac{ft}{s}\right)}{1.924 \times 10^{-5} \frac{ft^2}{s}} = 14856$$

Donde Re es el número de Reynolds y ν la viscosidad cinemática del agua.

El fluido es turbulento y mediante el diagrama de moody (figura 1 en anexos):

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0015 \text{ (PVC y plasticos en mm)}}{1 \text{ in} \left(\frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ in}} \right)} = 5.9 \times 10^{-5}$$

Donde ε es una constante determinada por el material y f una constante para determinar las pérdidas en una tubería.

$$f = 0.027$$

Utilizando la ecuación de Darcy-Weibach para calcular las pérdidas, con una longitud del ramal porta aspersores de alrededor de 100 pulgadas se tiene:

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g} = (0.027) \left(\frac{100 \text{ in}}{1 \text{ in}} \right) \left(\frac{\left(3.43 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}} \right) = 0.493 \text{ ft}$$

Ecuación 2.4

En el ramal porta-aspersor se tiene 2 codos a 45° . Según la tabla 1 de anexos para determinar la pérdida en cada codo ($K=0.9$):

$$h_L = 0.9 \frac{\left(3.43 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}} = 0.16 \text{ ft}$$

Ecuación 2.5

$$0.16 \text{ ft} \times 2 = 0.32 \text{ ft}$$

También se tiene una Tee bilateral ($K=2$). Con la ayuda de la tabla 1 en anexos:

$$h_L = 2 \frac{\left(3.43 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}} = 0.365 \text{ ft}$$

Ecuación 2.5

La pérdida total en el ramal por fricción es de 1.18 ft.

Para la tubería porta-ramal con un diámetro de 2 in y un caudal de $0.112 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$ tenemos:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.112 \frac{ft^3}{s}}{\frac{\left[2in\left(\frac{1ft}{12in}\right)\right]^2 \cdot \pi}{4}} = 5.15 \frac{ft}{s}$$

$$Re = \frac{DV}{\nu} = \frac{(2in)\left(\frac{1ft}{12in}\right)(5.15 \frac{ft}{s})}{1.924 \times 10^{-5} \frac{ft^2}{s}} = 44590$$

El fluido es turbulento y mediante el gráfico de la figura 1 de anexos:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0015 \text{ (PVC y plasticos en mm)}}{2in\left(\frac{25.4mm}{1in}\right)} = 2.95 \times 10^{-5}$$

$$f = 0.021$$

Utilizando la ecuación de Darcy-Weibach para calcular las pérdidas, con una longitud del porta ramal de alrededor de 87 pulgadas se tiene:

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g} = (0.021) \left(\frac{87in}{2in}\right) \left(\frac{\left(5.15 \frac{ft}{s}\right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}}\right) = 0.376ft$$

Ecuación 2.4

En la porta-ramal se tiene una Tee bilateral, un codo y un reductor. Según la tabla 4 de los anexos:

Codo (K=0.9):

$$h_L = 0.9 \frac{\left(5.15 \frac{ft}{s}\right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}} = 0.370ft$$

Ecuación 2.5

Tee (K=2):

$$h_L = 2 \frac{\left(5.15 \frac{ft}{s}\right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}} = 0.823 ft$$

Ecuación 2.5

Reductor (K=0.37):

$$h_L = 0.37 \frac{\left(5.15 \frac{ft}{s}\right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}} = 0.152 ft$$

Ecuación 2.5

Pérdidas totales porta ramal: 1.72ft

Para la tubería terciaria con un diámetro de 2 in y un caudal de $0.225 \frac{ft^3}{s}$ tenemos:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.225 \frac{ft^3}{s}}{\frac{\left[2in\left(\frac{1ft}{12in}\right)\right]^2 \cdot \pi}{4}} = 10.3 \frac{ft}{s}$$

$$Re = \frac{DV}{\nu} = \frac{(2in)\left(\frac{1ft}{12in}\right)(10.3 \frac{ft}{s})}{1.924 \times 10^{-5} \frac{ft^2}{s}} = 89179$$

El fluido es turbulento y mediante el gráfico de la figura 1 de anexos:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0015 \text{ (PVC y plasticos en mm)}}{2in\left(\frac{25.4mm}{1in}\right)} = 2.95 \times 10^{-5}$$

$$f = 0.019$$

Utilizando la ecuación de Darcy-Weibach para calcular las pérdidas, con una longitud de la tubería terciaria de alrededor de 80 pulgadas, hasta la bomba del tanque central, se tiene:

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g} = (0.019) \left(\frac{80in}{2in} \right) \left(\frac{\left(10.3 \frac{ft}{s} \right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}} \right) = 1.25ft$$

Ecuación 2.4

En la tubería terciaria se tiene 1 codo, 1 Tee bilateral y 2 Tees laterales. Según la tabla 4 de los anexos para determinar las pérdidas:

Codos (K=0.9):

$$h_L = 0.9 \frac{\left(10.3 \frac{ft}{s} \right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}} = 1.48ft$$

Ecuación 2.5

Tee Bilateral (K=2):

$$h_L = 2 \frac{\left(10.3 \frac{ft}{s} \right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}} = 3.29ft$$

Ecuación 2.5

Tee Lateral (K=0.9):

$$h_L = 0.9 \frac{\left(10.3 \frac{ft}{s} \right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}} \times 2 = 2.96ft$$

Ecuación 2.5

Pérdidas totales tubería terciaria: 8.99 ft

Sumando las pérdidas por fricción en la tubería tenemos 11.9 ft de pérdida.

La pérdida de presión por la altura es de alrededor de 12 ft. Con esto la pérdida total en la tubería, desde la bomba hasta el aspersor más alejado es de alrededor de 24ft.

3.2.13.3. Diseño de las bombas

En nuestro diseño se necesitan tres bombas con las mismas características dado que las tres van a cumplir la misma función con diferentes productos. Para escoger las bombas fue necesario hacer un análisis para determinar la presión o altura necesaria que la bomba necesita superar. Para esto se hizo el siguiente cálculo:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + h_p = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + h_L \quad \text{Ecuación 2.3}$$

$$h_p = (z_B - z_A) + \left(\frac{p_B}{\gamma} - \frac{p_A}{\gamma}\right) + \left(\frac{V_B^2}{2g} - \frac{V_A^2}{2g}\right) + h_L$$

$$h_p = (12ft - 0) + \left(\frac{20psi \left(\frac{144in^2}{1ft^2}\right)}{62.42 \frac{lb}{ft^3}} - 0\right) + \left(\frac{\left(3.43 \frac{ft}{s}\right)^2}{2 \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2}} - 0\right) + 11.9ft$$

$$h_p = 70.2ft$$

Se necesita una bomba con 100.8 gpm y 70.2 ft (alrededor de 21 m) de altura.

Dado que el sistema no va a trabajar exactamente en las condiciones antes mencionadas y va a oscilar en un rango de presiones y caudales; es necesario rehacer los cálculos con la información proporcionada por la figura 3 de los anexos A. En la tabla 3.4 se muestran los resultados de los cálculos para un rango de presiones en los aspersores de 5, 10 y 20 psi. Los diámetros de la tubería y los accesorios utilizados no cambian.

PRESION EN LOS ASPERSORES(psi)	CAUDAL EN CADA ASPERSOR(GPM)	CAUDAL TOTAL CABINA(GPM)	ALTURA NECESARIA BOMBA (ft)	ALTURA NECESARIA BOMBA (m)
5	0.73	52.56	26.89	8
10	1.00	72	41.29	12.6
20	1.40	100.8	70.22	21

Tabla 3.4 Resultados de los cálculos del caudal y la altura necesaria para la bomba.

Con estos resultados es posible diagramar la curva del rendimiento requerido del sistema en el gráfico de desempeño de las bombas. Este gráfico se muestra a continuación, figura 3.27.

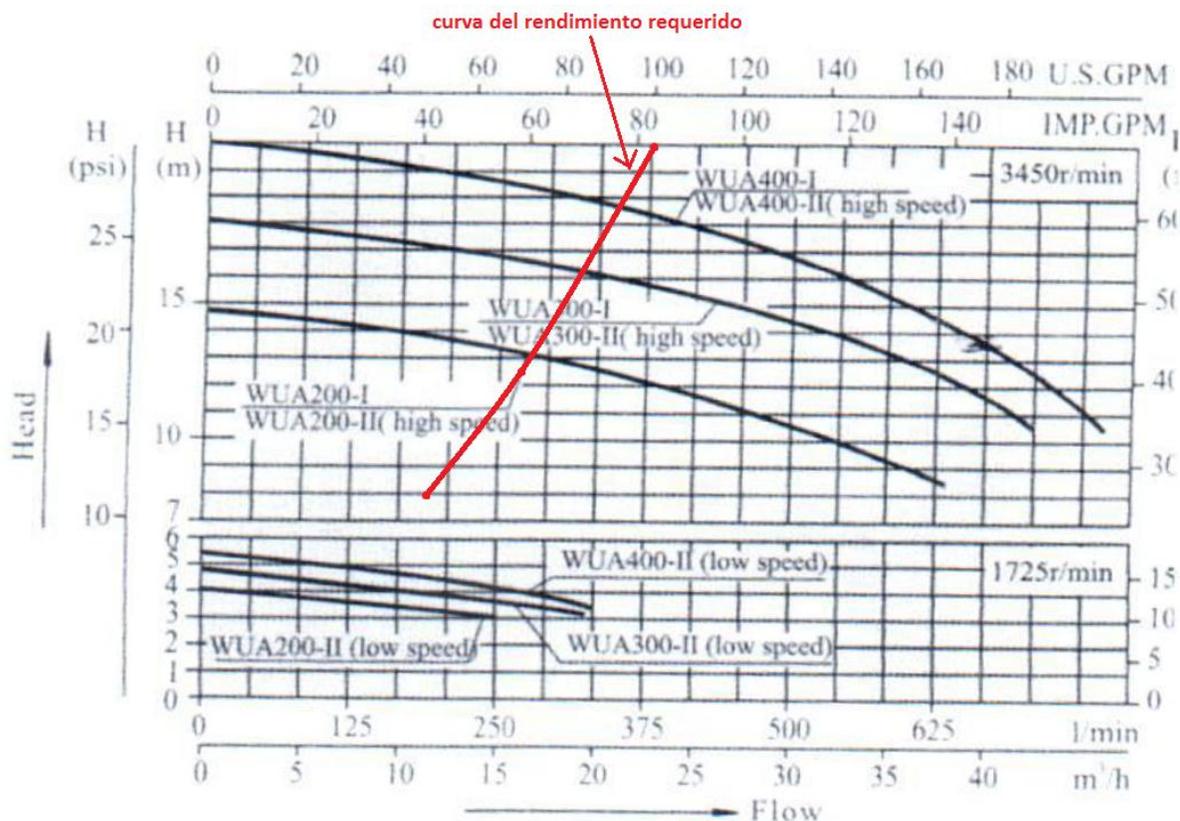


Figura 3.27: Grafico del desempeño de las bombas WUA utilizadas en la cabina. Señalización de la curva del rendimiento requerido en el sistema.

Como se muestra en la figura, una bomba WUA400 I o II son ideales para tener una presión cercana a los 20 psi en los aspersores, con un caudal cercano a los 90 gpm, y una altura a ser superada por la bomba de alrededor de 63ft (19 m).

3.2.14. Circuito de Control y de Potencia

Para elaborar un proceso automático o semi automático básicamente se considera los siguientes aspectos. Es necesario entender bien el proceso o como se necesita que este trabaje. Una vez que está claro el objetivo y a qué nivel de control se requiere alcanzar, se procede analizar el trabajo del proceso en el tiempo. Para visualizar el control del proceso en el tiempo se elabora un diagrama de tiempos. Este diagrama nos demuestra de una manera más grafica cómo funcionará el sistema de acuerdo a cada elemento que se esté controlando. Este diagrama se lo construye de

la siguiente manera: en el eje de las abscisas se maneja la variable tiempo y en el eje de las ordenadas se maneja los elementos que se van a controlar. El diagrama expondrá claramente en que tiempo cada elemento funcionara y por cuanto tiempo, exponiendo idealmente la lógica que manejará el control del sistema.

Para poder elaborar un circuito lógico de control hay que saber que variables se están utilizando como entradas y salidas en el proceso. Estas variables o señales pueden ser digitales o analógicas. Las variables digitales son de la naturaleza booleana como se las conoce. Es decir, la señal de la variable tiene dos opciones para que este elemento funcione, prendido o apagado. Por ejemplo, un motor, un pistón, una válvula, un foco, etc., son señales digitales. Por otro lado, la señal análoga es la variable física difícil de cuantificar, porque, trabaja alrededor de un rango. Por ejemplo, la temperatura, el pH, los sensores de nivel, un potenciómetro, un sensor inductivo, etc., son señales análogas. Usualmente las señales análogas son las estradas de un sistema que controlan las salidas que son señales digitales. Esto quiere decir si por ejemplo un sensor de nivel (señal análoga) detecto un nivel bajo de fluido en un tanque automáticamente se prenderá una bomba (señal digital) para llenarlo.

Básicamente el circuito de control se encarga de controlar las entradas (digitales o análogas) y las salidas (digitales) de un proceso. Este consta de contactos (relés, relés temporizadores, entre otros), pulsadores, bobinas, válvulas solenoides para actuadores con pilotaje automático, disyuntores, etc., y demuestra la lógica de funcionamiento de un sistema automático. En cuanto al circuito de potencia es el circuito que complementa al circuito de control. Este energiza los equipos de fuerza como las bombas, motores y se encuentra conectado a las líneas de corriente y voltaje. A continuación se muestran los diagramas y circuitos de este proyecto.

3.2.14.1. Diagrama de Tiempos

Para este proyecto se va a controlar seis válvulas, tres motores, un sensor de nivel y una niquelina eléctrica para calentar, pero las últimas dos serán responsabilidad de AICO. Las bombas son los elementos encargados de completar las etapas de lavado. La primera pertenece al producto de fosfato a una concentración, la segunda bomba corresponde al agua de enjuague y la

última bomba corresponde al mismo producto pero a diferente concentración. Tres válvulas serán usadas para controlar el ingreso de fluidos a la cabina y los otros tres para el desagüe de los mismos de retorno a los tanques para que no se mezclen entre sí. Como se muestra en la figura 3.28 el proceso entero se demora aproximadamente 23 minutos; la abertura de las válvulas hasta el minuto 23 no es de importancia ya que en este tiempo se puede sacar la pieza de la cabina. Cuando se presiona el botón de inicio el proceso empieza prendiendo la primera bomba y abriendo la primera válvula de salida y de entrada. Así las otras dos entradas a los tanques estarán cerradas y no se mezclarán los fluidos. Cuando se apaga la primera bomba se deja 2 minutos abierta la válvula de desagüe para que entre todo el fluido en el tanque y que el sumidero este limpio para la siguiente etapa, esto ocurrirá con todas las etapas como se expone en figura. Con esta lógica de eventos se puede elaborar la lógica del control que se especifica en las secciones continuas.

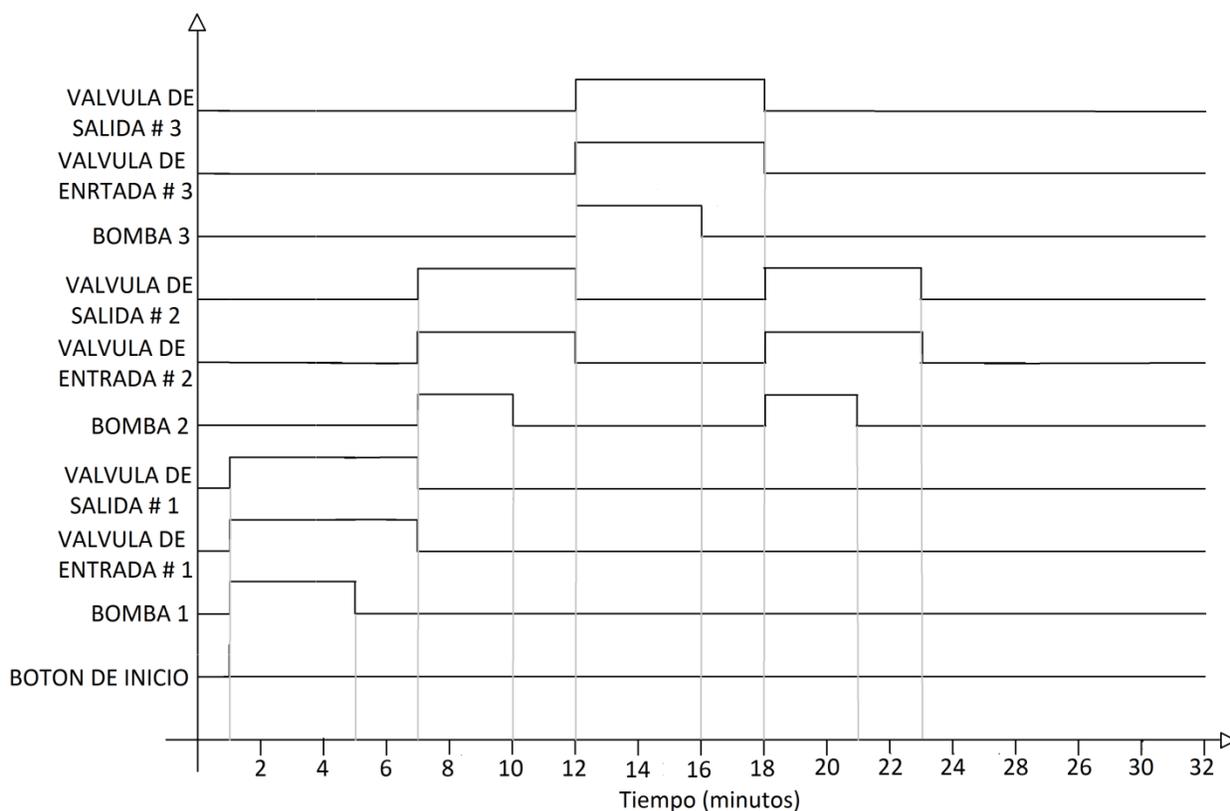


Figura 3.28: Proceso de fosfatado en el tiempo para la cabina de fosfatado en relación a sus elementos mecánicos y eléctricos.

3.2.14.2. Circuito de Control y de potencia

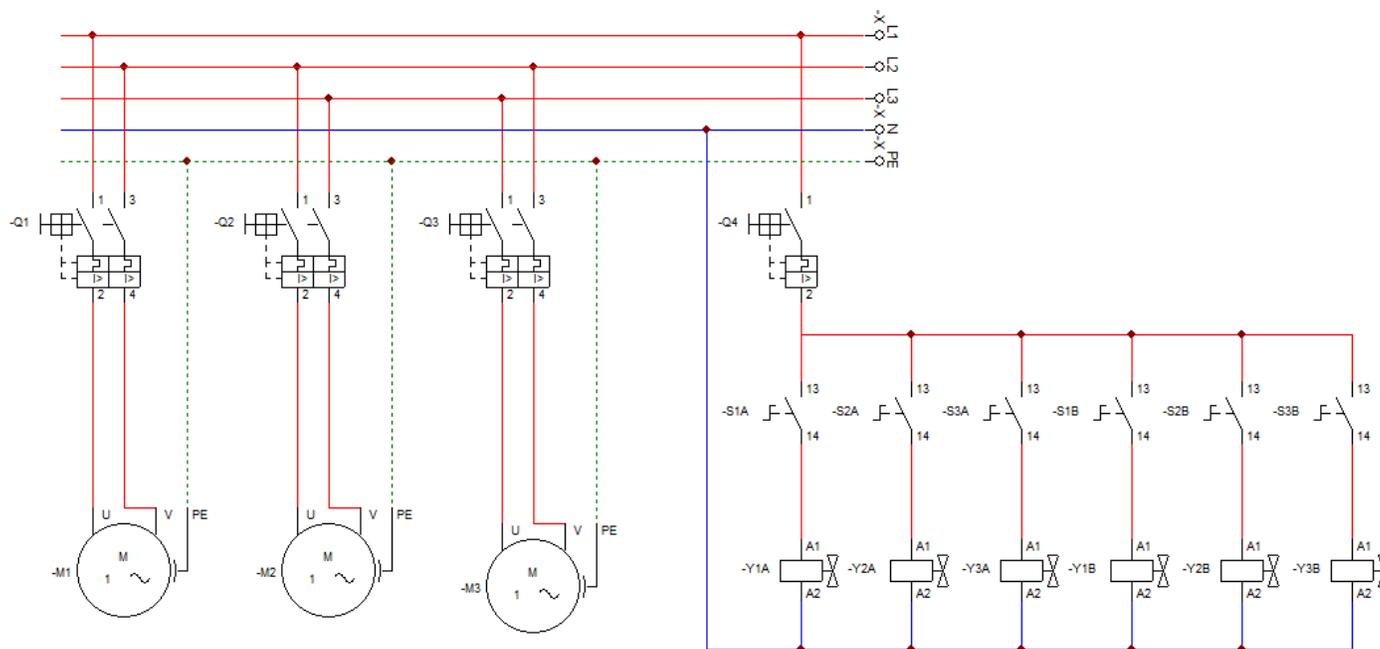


Figura 3.29: Lógica de control mediante contactos y bobinas solenoides.

En la figura anterior podemos observar en concepto la lógica del control de las válvulas y las bombas. El control es muy simple, ya que, se lo realiza manualmente. Se utilizaron 6 interruptores o contactos con los que se prenderán las electroválvulas, se lo puede apreciar en la parte derecha de la figura 3.29. Al accionar cualquier interruptor S se energiza la bobina de la electroválvula abriéndola y dejando que el aire pase para accionar los actuadores rotativos. Los elementos Q son los disyuntores los cuales energizar todo el circuito para poder controlarlo manualmente. Se utilizó un disyuntor por cada motor con lo que se los controla independientemente.

En la parte izquierda de la figura se puede apreciar los circuitos de potencia de los motores. Las tres líneas superiores L1, L2, L3 son las líneas de energía que corresponde a una conexión trifásica de potencia. La línea superior N es el neutro para cerrar el circuito y la línea superior PE es la conexión a tierra. Los disyuntores Q1, Q2 y Q3 son los que prenderán las bombas una vez que entre en funcionamiento el circuito de control mencionado anteriormente. Por último, M1, M2 y M3 representan a las bombas del sistema de las cuales se especifican a 220 V que

consumen 12 A de corriente a 60 Hz de frecuencia y son de 5HP de potencia como dicen en su placa. Es importante saber las especificaciones de los equipos eléctricos utilizados, porque, así se escoge los elementos de control y los cables adecuados para no causar corto circuitos o incendios y además daños en los mismos equipos que se utilizan.

3.2.14.3. Circuito Neumático

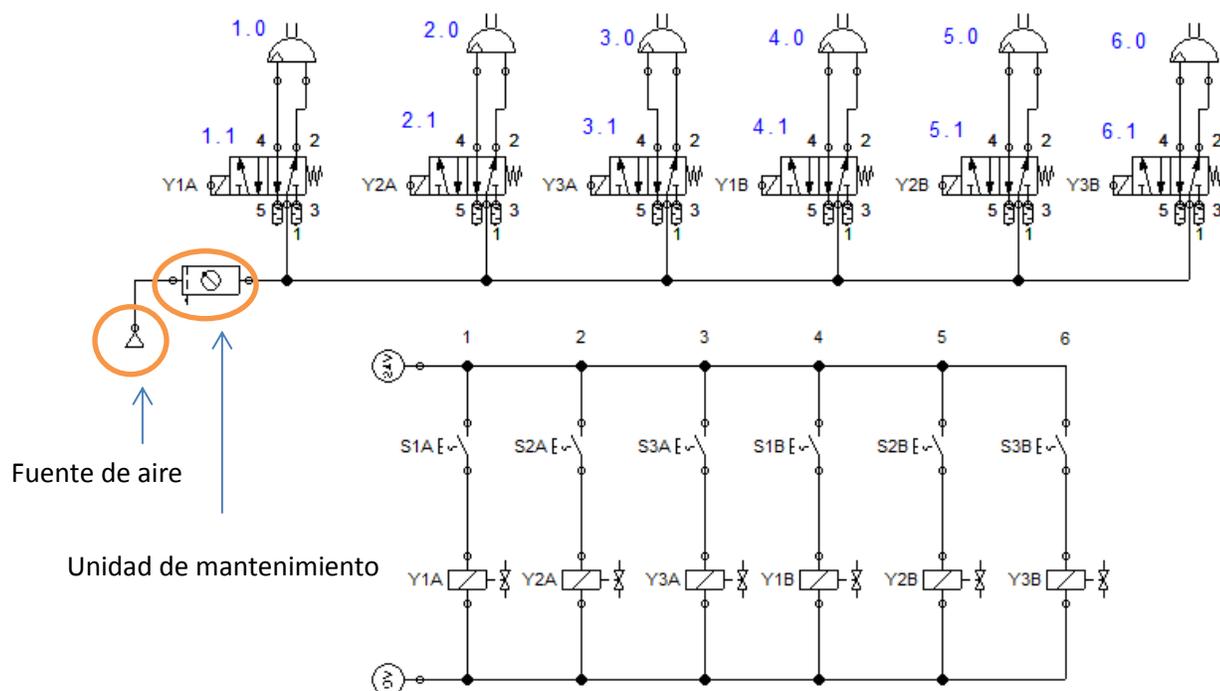


Figura 3.30: Circuito neumático completo de los actuadores rotativos doble efecto con sus electroválvulas 5/2 con retorno por muelle y su circuito de control expuesto arriba.

En el circuito de control se observan las bobinas solenoides Y1A, etc., las cuales controlan las electroválvulas. Para las válvulas neumáticas de desagüe de fluidos del sumidero se utiliza el mecanismo anteriormente descrito que consta de un actuador giratorio de doble efecto. En la figura 3.28 se observa el control del circuito neumático para manejar el mecanismo de la válvula mariposa con interruptores, es el mismo circuito de la figura 3.30. Cuando se acciona S1A por ejemplo se energiza la bobina Y1A por lo que se mueva el electro válvula Y1A (1.1) y deja pasar el aire y se accione el actuador (1.0) el cual abre la válvula mariposa. Si se apaga el interruptor S1A se va la energía de Y1A y como el aire es constante se cierra 1.1 y se cierra el actuador y la

mariposa. Así se puede controlar manualmente todas las demás también. Por otro lado, tanto para las válvulas de desfogue del sumidero como para las válvulas de bola de las tuberías de entrada a la cabina se utiliza el mismo método o mecanismo mediante actuadores rotativos de doble efecto. Por lo que no es necesario redundar en el tema, ya que, son los mismos actuadores giratorios de 0 a 90 grados pero de menor capacidad de torque.

Capítulo 4: Construcción

4.1 Obra civil

Para empezar con los trabajos civiles se picó el suelo de la fábrica de acuerdo a las medidas de los planos, entonces acto seguido se empezó con la excavación. A pesar de ello el hueco se lo hizo más largo y más hondo por el proceso de picadura. De acuerdo a la vista fue más conveniente aumentar las dimensiones de la excavación entonces se las mantuvo; dado que era más complicado rellenar el hueco y las nuevas medidas no estorbaban en absoluto en el diseño. La decisión de mantener una obra civil con 20 centímetros más grande no fue un inconveniente y la ventaja fue en ganar espacio dentro del hueco para un cuarto de máquinas más cómodo.



a)



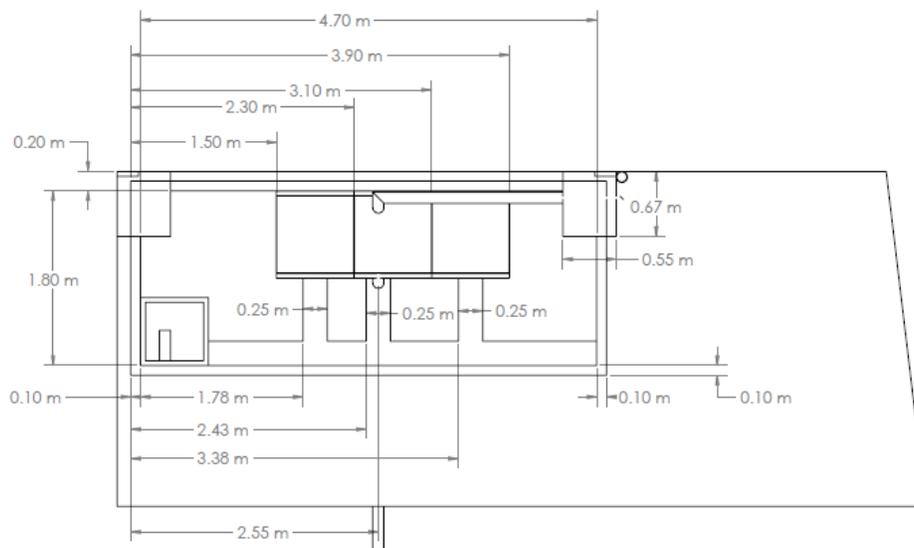
b)

Figura 4.1: a) y b) Proceso civil de picar el concreto del suelo y excavación.

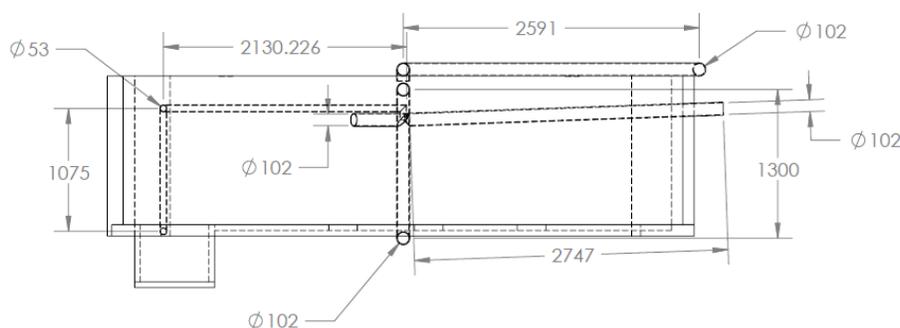
Una vez terminado el agujero se replantearon las medidas diseñadas para determinar y decidir las nuevas medidas terminadas del hueco con el concreto terminada. Los planos fueron nuevamente cambiados para incluir las canaletas de desagüe por cada tanque así como el diseño de las tuberías de desagüe para todos los elementos de salida del hueco. Esto no se lo incluyó en el diseño anterior porque no se sabía la posición exacta de la tubería de la fábrica así como la posición de los tanques en relación al agujero realizado, entonces esto se decidió una vez realizado la excavación.

En un principio se pensó en una excavación con unas medidas terminadas de 1.60 m de ancho por 4 m de largo y por 1.60 de profundidad. Pero analizando bien la situación del mantenimiento de los tanques y por la facilidad para la extracción del fluido se decidió que el piso tenga una caída conveniente de 10 cm hacia la caja de reserva, además, de un espacio más amplio. De esta manera los fluidos de los tanques se movilizan sin ningún problema a la caja de reserva principal de la obra civil para su posterior bombeo al desagüe principal de la planta. Finalmente para la caja de concreto se realizó de la siguiente manera. A lado de la pared de la planta se dejó una pared de concreto de 20 cm para un mayor soporte y seguridad. Mientras que para las otras tres paredes de concreto se las hizo de un espesor de 10 cm y en cuanto al piso se realizó la cimentación o lo que se llama un replantillo que posee de 15 cm de espesor por disposición del ingeniero civil. Este trabajo dejó como resultado final las dimensiones siguientes en cuanto a la obra terminada: 1.80 m de ancho por 4.70m de largo por 1.40 m de profundidad a la parte más honda y finalmente 1.30 m a la parte menos profunda.

En todo proceso civil para utilizar concreto se utilizan mallas de acero como esqueleto para la estructura y mantener la posición y rigidez del concreto. Era muy importante saber en qué parte de la cimentación iban situadas las tuberías. En estas mallas se incluían los pasos de las diferentes tuberías que van por debajo y en las paredes. Con las mallas y tubería colocadas se empezó a arrojar el concreto. Se necesitó $4.1 m^3$ aproximadamente de concreto para concluir con la obra.



a)



b)

Figura 4.2: a) Vista de planta del plano de la obra civil con sus dimensiones finales y b) vista lateral derecha con medidas en milímetros.

Como se observa en la figura 4.2 las dimensiones fueron cambiadas a las realizadas en el trabajo, pero además, se observa la posición de las canaletas de 25 cm en el piso en relación a los tanques de cada fluido. En la figura 4.2 a) la parte superior representa a la pared de la planta, se puede observar la posición de la caja de reserva de la obra en la parte inferior izquierda. Es decir, que la caída del piso se encuentra hacia ese costado de la obra. Todos los fluidos desaguados se recolectarán en esa caja para su posterior bombeo a la tubería que se observa en la parte b) de la figura. Se bombeará a través de la tubería de diámetro de 53 mm y llegará hasta la tubería central de diámetro de 102 mm, la cual, reúne los líquidos de la parte trasera de la planta y se une con

los fluidos desaguados de la cabina para posteriormente dirigirse al tratamiento de aguas de la fábrica.



Figura 4.3: Cimentación y caja de concreto casi finalizada.

Una vez terminado con el proceso de construcción de las paredes y la cimentación se remitió a las medidas generales diseñadas de la cabina. Con esto se visualizó donde se asentaría la base de la cabina y sus patas. Ya que, la cabina mide 2 m de ancho por 3 metros de largo, en cuanto al ancho no existía ningún inconveniente. Por otro lado, el largo de la cabina si era un inconveniente. Los 3 m de ancho no eran suficientes para asentarse de manera estable en sus cuatro puntos de apoyo. Es por esto, que se tomó la decisión de colocar unos marcos de acero en los extremos de la obra para que cumpla con dos objetivos como se observa en la figura 4.3. El primer objetivo es para que en sentido del vértice más largo la cabina se pueda asentar sin ningún problema y en cuanto al ancho para mantener una distancia propuesta prudencial de 20 cm entre la cabina y la pared de la fábrica. Y segundo para que el mismo marco sirva como estructura de las compuertas de ingreso al cuarto de máquinas.



a)

b)



c)

d)

Figura 4.4: a) Construcción de marco de acero y colocación de la base cabina, b) vista de los marcos de acero, c) construcción y colocación de las gradas y d) marco de acero compuertas de ingreso.

Como se observa en la figura 4.4 parte c) y d) tanto las gradas y las compuertas fueron construidas con perfiles de acero fabricados en AICO de planchas de acero de acuerdo a las dimensiones de los diseños en los planos. Para la unión de las piezas de acero laminado en frío o en caliente se utilizó la soldadora MIG.

4.2 Estructura: base y columnas principales

Se continuó con la construcción de la estructura. Para la base se soldaron 4 tubos cuadrados de 1½ pulgadas y 3mm de espesor. Después se soldaron los soportes esquineros a la base; planchas de acero de 9mm de espesor. Los patas de la cabina poseen de unas platinas del mismo material soldadas que cumplen dos funciones en específico. La primera función es prevenir que la cabina se mueva indeseadamente por vibraciones o movimientos en el piso y brindar rigidez a las patas. Para esto; cada platina tiene un agujero en el centro con un pasador o combinación perno tornillo que se ajustan al piso en el marco de acero situado en el concreto. La segunda función es corregir el desnivel que posee el piso de la planta en la parte lateral derecha de la cabina.

Con ayuda de un perno y una tuerca soldada en el agujero de la platina de la pata, las patas se pueden levantar asentados en otras platinas que se encuentran en el piso, girando en el mismo punto pero elevando la cabina gracias a la tuerca y el perno. El perno debe ser lo suficientemente fuerte para aguantar todo el peso de la cabina. Un tornillo de ¾ pulgadas en adelante es recomendado. Los soportes centrales se soldaron después de que se asentó la cabina en su lugar. Estos son tubos cuadrados del mismo perfil de los tubos de la base, soldados en forma de L para prevenir el pandeo en la parte más larga de la cabina que son los costados. Todas las sueldas en esta parte de la cabina fueron hechas con soldadura eléctrica tipo MIG. La foto de la base de la cabina se la pueda apreciar en la figura 4.4 a) y b), mientras que para las platinas de nivelación y sujeción, así como, las patas centrales se muestran a continuación.

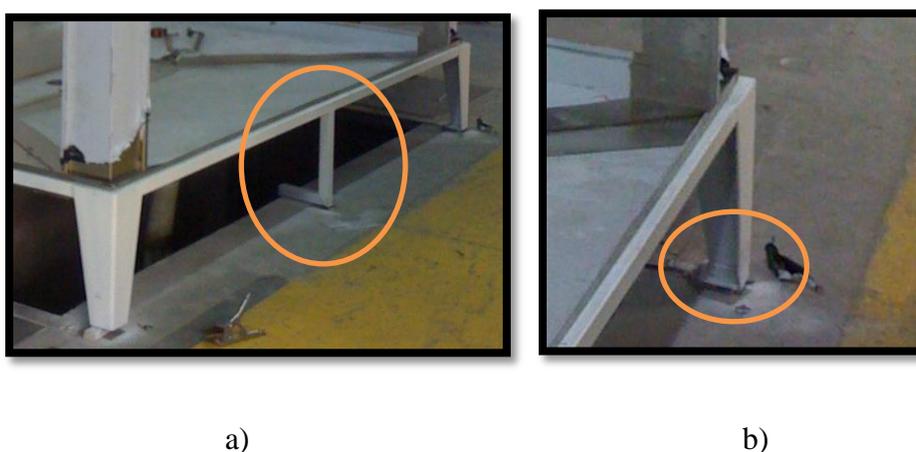


Figura 4.5: a) Soporte en L central de la cabina y b) platina de sujeción y nivelación en por cada pata.

Una vez completada la base y soportes se procedió con la construcción de las columnas principales. Estas se hicieron en base al diseño final descrito en el capítulo 3; son planchas de acero inoxidable de 2 mm de espesor. Estas fueron cortadas y dobladas en la planta con la maquinaria proporcionada: troqueladora EuroMac, cortadora Mach y dobladora Mach.

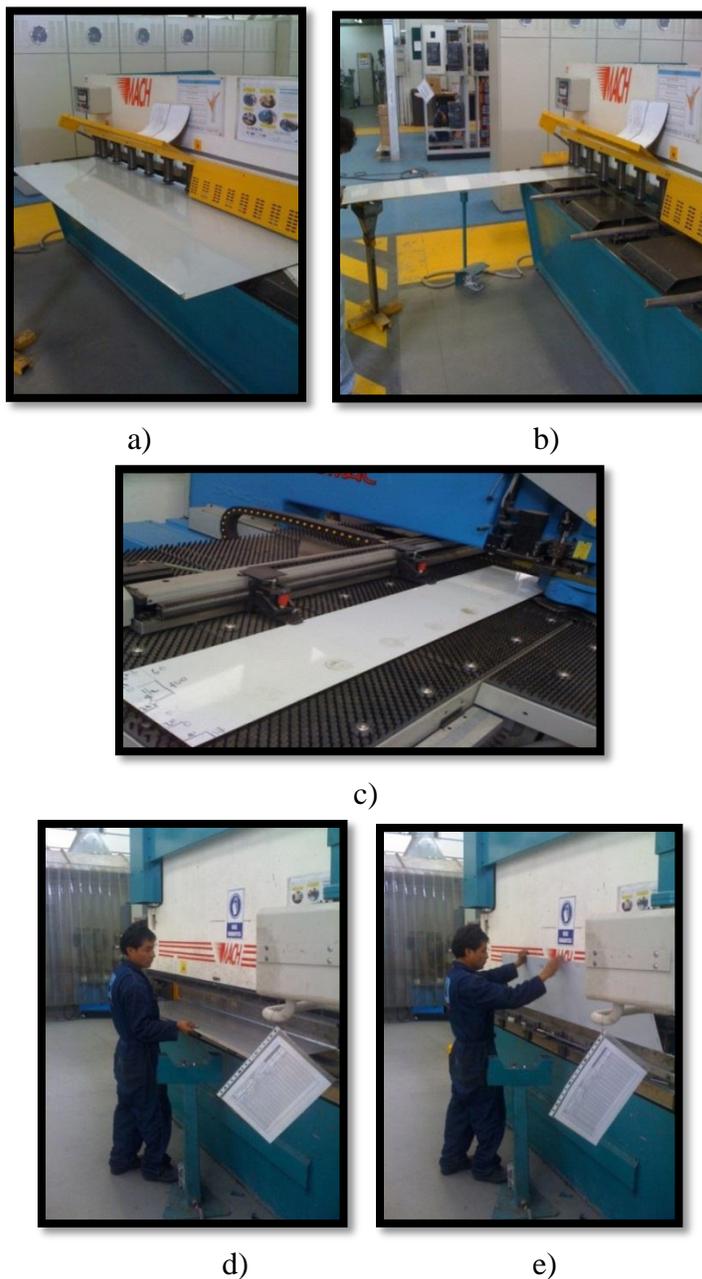


Figura 4.6: a) Corte de la plancha en estado de suministro, b) corte en las dimensiones deseadas, c) Troquelado de las columnas principales, d) primer doblado columnas y e) segundo doblado columnas.

Con las columnas listas para el montaje se procede hacer los huecos en la base para poder montar las columnas en su lugar. Se comienza haciendo los huecos con taladro primero con broca de 3/16 de pulgada, luego con una broca de 5/16 de pulgada y por último se pasa una broca de 3/8 de pulgada. Con el último orificio se realiza el montaje de las tuercas deformables (rivet nuts). Entonces mediante una pistola neumática se procede a deformar la capa de la tuerca para que quede empotrada en el perfil de la base y poder ajustar con un perno las columnas. A continuación se presenta el montaje de las columnas principales.



Figura 4.7: Montaje de las columnas principales en el conjunto base sumidero.

4.3 Sumidero

Para las partes laterales del sumidero se utilizó planchas de acero inoxidable de 3000 x 1200 mm con 1.5 mm de grosor y para la parte frontal y trasera una plancha de 2400 x 1200 m con 1.5 mm de grosor. Mientras que para la parte inferior del sumidero se la hizo con una plancha de 2 mm de espesor.

Pasos para realizar la construcción del sumidero:

1. Se comenzó por hacer un dibujo del sumidero en el piso.
2. Se cortó y dobló las planchas en base al dibujo y los planos.
3. Una vez terminadas las planchas se hizo pruebas colocándolas en la base de la cabina. No hubo mayores cambios más que de colocación y unos pequeños cortes.
4. El momento en que las planchas encajaban de la forma adecuada se soldaban con puntos de soldadura TIG hasta lograr la forma requerida.
5. Por último se colocó la base del sumidero y se la soldó al resto del sumidero con puntos de soldadura TIG. Cuando se obtuvo la forma necesaria se remató toda la soldadura.

Con el sumidero acabado era necesario asegurarlo a la base para después colocar las columnas principales. Para hacerlo se hizo huecos en la base, se los realizo uno por cada lado en la mitad. Después se colocaron las columnas principales y se constató si todos los huecos calzaban. Cuando los huecos de la columna o del sumidero no calzaban, se los lijaba hasta que calcen. Una vez que los huecos estaban listos se colocó una tuerca de remache o tuerca deformable (rivet nut) de 3/8 de pulgada en la base. Como se mencionó antes mediante la pistola neumática se aseguraron todas las tuercas deformables. Así se logró tener una rosca en la base para colocar el sumidero y las paredes. Una vez que se colocó el sumidero y las columnas, estos se aseguraron con arandelas y pernos. Se utilizó pernos de 3/8 de pulgada.



Figura 4.8: Sumidero soldado afuera y colocado luego en la base cabina.

4.4 Estructura – Base superior, techo interior y tarjeta protectora

Para comenzar con la parte superior de la cabina se construyó una estructura. Se hicieron dos rectángulos de tubos cuadrados de acero de 1.5 in x 1.5 in x 3mm. Se colocaron estos rectángulos a ambos lados de la parte superior de la cabina y se dejó un espacio en la mitad, para el paso del riel como esta descrito en el capítulo 3. Estos rectángulos, especificados en el diseño, fueron ajustados a las columnas principales de la cabina por medio de tuercas deformables, arandelas y tornillos de 3/8 de pulgada; tal como la base estructural fue ajustada al sumidero y columnas.



Figura 4.9: Base superior montada en la estructura principal.

Era fundamental que la cabina este nivelada y rígida. Para esto se ancló la cabina al techo siguiendo los siguientes pasos:

1. Se comenzó soldando dos tubos estructurales en C, a la entrada y salida de la cabina, entre las vigas del techo de la fábrica.
2. Se soldaron perfiles en C perpendiculares a la base superior de la cabina, para poder ajustarlos al tubo en C previamente soldado al techo.
3. Se aseguró que la cabina estuviese correctamente nivelada.
4. Con todos los apoyos soldados se empernó los perfiles verticales soldados a la base superior, al tubo en C soldado en el techo de la planta.

Se utilizaron pernos de 3/8 pulgadas y arandelas para empernar ambas estructuras. Con todo esto se cercioraba que la cabina estuviese nivelada, rígida y además, se pueda desarmar. Conjuntamente, mediante planchas de acero laminado al caliente se hizo la estructura del techo que previamente se la diseño mediante los mismo tubos de la base y el techo. En este caso se resolvió que era mejor hacer triángulos estructurados para manufacturar el esqueleto de la base superior. A continuación se presenta la foto del esqueleto del techo ensamblado.

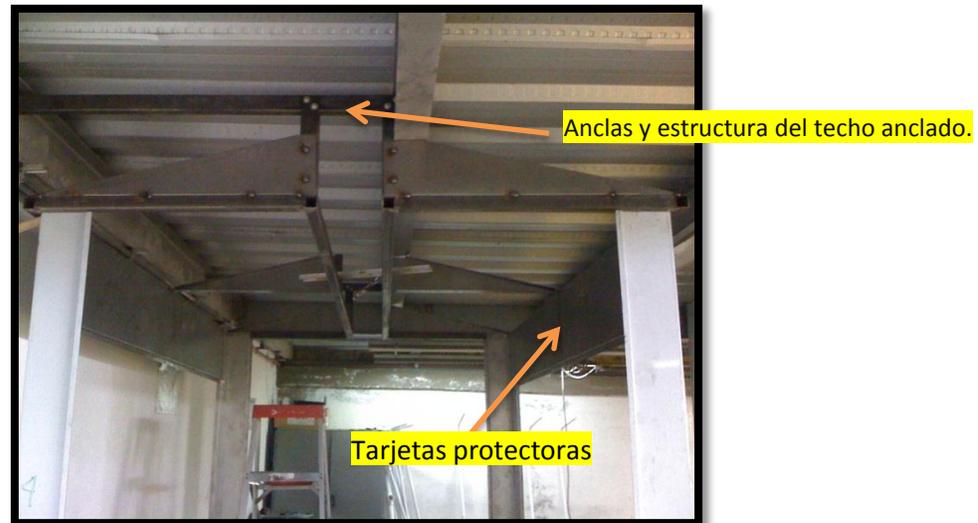


Figura 4.10: Esqueleto de la base superior o techo ensamblado a la estructura principal.

Con la base superior lista se comenzó a construir el techo interior. Se decidió hacerlo curvo para mejorar la recirculación de los fluidos hacia el sumidero, ahorrar planchas de acero inoxidable y darle una mejor apariencia a la cabina. La forma de este consta en el diseño final del capítulo 3. Para construir ambas partes del techo interior se necesitó de 2 planchas de acero de 3000mm de largo y 1200 mm de ancho y 1mm de grosor. Se utilizó la troqueladora, cortadora y dobladora de planchas antes mencionadas para manufacturar estos segmentos.

Para hacer y colocar la parte curva del techo interior:

1. Se hicieron agujeros en ambos bordes de las planchas para poder ajustarlas a la base superior y a la tarjeta protectora.
2. Se utilizó un molde con el radio necesario, en donde se colocó la plancha y se le dio la forma pretendida con la ayuda de la dobladora.

3. En los techos superiores o rectángulos de base superior se colocaron 5 tuercas de remache (rivet nuts) de 3/16 de pulgada por rectángulo para asegurar las piezas del techo interior. Este se ajustó a la tarjeta protectora y a las columnas principales con pernos arandelas y tuercas.

El techo interior se hizo un poco más largo de lo requerido para que de esta manera se tape el pequeño agujero formado en el borde de la tarjeta protectora y las paredes.

Para mejorar la apariencia de la cabina y para tener una estructura más sólida se añadieron planchas colocadas entre la estructura del techo y las paredes. Dado que esta tarjeta no va a estar en contacto con los fluidos corrosivos, es hecha de láminas de acero laminadas al frío.

Para ajustar la tarjeta:

- Se usó 3 tuercas de remache de 3/16 pulgadas para ajustar la plancha a la base estructural del techo.
- Estas planchas también son ajustadas al techo interior con 5 pernos, tuercas y arandelas.
- La plancha tiene una especie de doblez hacia afuera para ajustar la misma al doblez de las paredes.
- La tarjeta es emparejada a cada una de las paredes con pernos arandelas y tuercas de 3/16 pulgadas como se muestra en la figura 4.11.

4.5 Estructura – Paredes y puertas

Las paredes interiores se hicieron con planchas de acero inoxidable de 2400mmx1200mmx1mm de espesor. El acero inoxidable sobrante se utilizó para construir las abrazaderas que sostendrán a la tubería porta-aspersores. Las paredes están diseñadas para no permitir la salida de los fluidos al exterior de la cabina y también para sostener las abrazaderas.

Estas paredes son sujetas al sumidero, a la tarjeta protectora, a las columnas y entre ellas, con la ayuda de pernos, arandelas y tuercas. Todos los huecos hechos para sostener las paredes son huecos ovalados (chinos) de 5/16 in x 3/8 in hechos en la troqueladora. Se recomiendan este tipo de agujeros para no tener problemas si las paredes no calzan a la perfección. Se utilizan 5 pernos de M6 o de 6 mm para sostener las paredes a las columnas y entre ellas. Al colocar las paredes se

insertan las abrazaderas en el lugar por donde pasan los pernos de sujeción para que tanto las paredes como las abrazaderas se mantengan firmes y en su lugar. En el último doblez exterior de cada pared se sujetan pernos de M6; tanto al sumidero como a la tarjeta protectora.

En cuanto al diseño de las paredes y sus elementos previamente troquelados se realizaron los orificios en las paredes para las ventanas de inspección y los orificios de los guantes para la manipulación manual de producto si es necesario. El tamaño de las ventanas se las hizo de acuerdo al diseño final y su tamaño se lo hizo en relación al ancho de cada pared que es de 40 cm. Las esquinas de las ventanas tienen 50mm de radio. De esta manera se cuida que el caucho que sujeta los plásticos de las ventanas no se arrugue ni se dañe, además, que brinda una excelente hermeticidad y da buena estética. Para poder sujetar los guantes en las paredes se fabricaron unas bridas con 6 orificios para pernos de 4 mm con una plancha de espesor 1 mm y con un ancho de brida de 30 mm para un mejor agarre del caucho.



Figura 4.11: Montaje de las paredes internas a la estructura principal.



Figura 4.12: Puertas listas para el montaje.



a)



b)

Figura 4.13: a) Montaje y posición de los soportes de las puertas o Z y b) rieles de las puertas y sujeción de las puertas.

Las puertas se construyeron en base al diseño mostrado en el capítulo 3 con planchas de acero inoxidable troqueladas y dobladas como se muestra en la figura 4.12. Adicionalmente se soldaron las esquinas de las puertas con soldadura TIG para que estas sean una sola estructura. (Ver los planos de las puertas en anexos) Con las puertas construidas era necesario instalarlas a la cabina. Para esto se utilizó soportes de acero inoxidable troquelados y doblados en forma de Z. (figura 4.13) Para que los soportes superiores e inferiores de las puertas estén bien sujetos, se los empernó al techo y al sumidero. Los soportes inferiores fueron sujetos al último doblez del sumidero con 4 pernos M6. Los soportes superiores fueron sujetos al tubo cuadrado del techo con dos pernos M6.

El riel para las puertas, comprado en Edimca, es tal cual el presentado en el diseño. El mismo fue sujeto con 4 pernos M6 al soporte superior antes de que todo sea sujeto a la cabina. Con los soportes colocados se instalaron las puertas. Al probarlas se vio que los soportes superiores no estaban bien sujetos a la cabina. Por esto se utilizaron pernos avellanados en la parte frontal del soporte, para ayudar a su sujeción sin estorbar el paso. De esta manera los soportes quedaron estructurados tal y como se muestra en la figura 4.13. Con todo terminado se probó el deslizamiento de las puertas y se logró que se movieran con facilidad sin permitir que el fluido salga de la cabina.

4.6 Estructura – Tanques de reserva, rejilla para caminar dentro de la cabina y riel de transportación

Ya con la cabina casi terminada era necesario comenzar con la construcción de los tanques de reserva posicionados por debajo de la cabina. Los tanques se hicieron tal como en el diseño. Los agujeros en la parte superior del tanque ayudan en caso de que sea necesario empernar otros elementos en la parte superior del tanque. Adicionalmente el tanque fue reforzado en la mitad del mismo con almas. Estas almas son iguales a la parte superior del tanque y evitan que por el fluido la lámina se infle o se deforme. Por otro lado, estas almas también ayudaran a sujetar los tanques entre sí. Asimismo, se utilizaron dos vigas tipo U para alinear y colocar los tanques en el suelo. Los tanques y las vigas fueron ingresados y armados dentro del cuarto de máquinas. Fotografías de los tanques se muestran a continuación. Para más detalle ver los planos de los tanques en anexos.



a)

b)



c)

Figura 4.14: a) Doble parte superior tanque, b) alma en la mitad del tanque y c) vigas U para base de los tanques.

En las fotos a continuación se presenta la rejilla para caminar. Ésta fue construida como en el diseño. La rejilla tiene dos funcionalidades: se utiliza para caminar dentro de la cabina y además para nivelar el sumidero con la ayuda de tensores mostrados en la figura 4.15.



Figura 4.15: Caminadora dentro de la cámara de lavado y tensores para corregir el desnivel del sumidero.

Se realizó el diseño del riel transportador de acuerdo al espacio de la planta y el radio de giro necesario para empatarlo con la viga transportadora ya existente. El trabajo de barolado de la viga comprada en DIPAC (viga tipo IPE 100) se lo realizó en Proyectos Mecánicos según el plano del perfil IPE transportador en anexos.

El riel es colocado en el agujero formado entre los dos rectángulos de la estructura del techo. Este es soldado a los tubos en C estructurales antes soldados entre las dos vigas del techo de la planta. El riel también es soldado a otras vigas de la planta y se adjunta al riel que pasa por los otros procesos de pintura tal como se muestra en el diseño. Una vez colocado el riel se adjuntan los motores con los que van a ser transportadas las piezas. Tanto el riel como los motores son comprados listos para solo soldarlos a la estructura del techo de la planta. La viga barolada es mostrada en la figura a continuación.



Figura 4.16: Viga transportadora tipo IPE100 con su proceso de barolado.

4.7 Tubería

La tubería utilizada es tubería de presión plegable PVC, cédula 40. Se calculó la cantidad de tubería para lograr la geometría mostrada en el diseño. Una vez comprada se empezó a hacer los ramales porta aspersores. Los ramales al igual que toda la tubería son basados en el diseño con algunas diferencias: se utilizó casquillos (bushing) de 2 in a 1 in plegables como reductores, existe una conexión universal en la tubería que conecta la parte inferior con la superior y se añadieron válvulas de bola en los cuatro ramales esquineros de la tubería de 1 in y 2 válvulas de bola de 2 in en la entrada de los ramales a cada lado de la cabina como se muestra a continuación. Ver los planos de las tuberías en anexos.



a)



b)



c)

Figura 4.17: a) Conexión universal que conecta la parte inferior con la superior. b) Válvulas de bola en los cuatro porta ramales esquineros y muestra de los casquillos (bushings) reductores. c) Válvulas de bola en la entrada principal de los ramales en la parte superior de la cabina.

Pasos para lograr la geometría requerida:

1. Se corta la cantidad de tubo necesario, basándose en las medidas de los planos en anexos, con la ayuda de una herramienta de corte de tubos. (Figura 4.18a)
2. Se juntan estas piezas a los accesorios de tubería, como codos, Tees y válvulas, con una pega especial para tuberías (arrow adhesive color naranja). Es necesario que cada ramal sea simétrico y para esto se utiliza el piso como herramienta referencial; una vez colocada la pega los ramales son colocados rápidamente en el piso para nivelarlos.
3. Se repite el mismo proceso para las diferentes partes de la tubería y accesorios. Con las partes hechas se prueba que todo encaje de manera adecuada sin utilizar pega. (Figura 4.18 b, c, d)
4. Se hacen huecos en la tubería porta-aspersores con un taladro, para colocar los collarines y sus aspersores. Esto se hace antes de pegar los ramales porta-aspersores a la tubería porta-ramal. Los huecos son hechos en base a la posición de los aspersores mostrada en los planos en anexos.
5. Se adjuntan los collarines con la ayuda de pernos en donde se hicieron los huecos. (Figura 4.18 e, f)
6. Una vez acabadas todas las partes, estas son puestas en su lugar dentro de la cabina y pegadas entre sí con la pega especial para tuberías. (Figura 4.18 f)
7. Luego se empezó con la construcción que pertenece a la parte inferior de la cabina. Al igual que la parte superior se utilizó una herramienta de corte de tubos y pega para lograr la geometría requerida. En la tubería están incluidas las válvulas de bola que serán abiertas y cerradas con la ayuda de un actuador para controlar el paso de los fluidos. (Figura 4.18 g)
8. Para conectar las bombas a cada tanque se utilizó un tubo de 2 pulgadas, roscado con la ayuda de una tarraja. El tubo fue enroscado con teflón a neplós hembra soldados en el tanque. El mismo tubo es conectado a la bomba con la ayuda de una conexión universal. (Figura 4.18 h)



a)



b)



c)



d)



e)



f)



Figura 4.18: a) Corte de la tubería. b) pegado de tubería. c) pegado de tubería. d) Prueba de encaje de las piezas de la tubería sin pega. e) Collarín, casquete (bushing) y aspersor. f) Tubería con aspersores lista dentro de la cabina. g) Tubería pegada incluyendo válvulas, por debajo de la cabina. h) Conexión de la bomba.

4.8 Neumática

Con la tubería lista era necesario adaptar los actuadores para abrir y cerrar las válvulas con aire comprimido. Para esto fue necesario el diseño y construcción de abrazaderas que soporten a los actuadores y los conecten a su respectiva válvula. A más de las válvulas en la tubería se utilizaron válvulas mariposas conectadas al sumidero para controlar la recirculación de los diferentes fluidos. Estas válvulas son conectadas con la ayuda de pernos 3/4 in los cuales fueron previamente soldados al sumidero. Antes de soldarlos se calcularon las medidas necesarias para que las válvulas estén correctamente adaptadas a los mismos. Con las válvulas colocadas se utilizó silicón para asegurar que todo sea hermético.



Figura 4.19: Válvula de mariposa de desagüe del sumidero antes de reforzar su sujeción.

Después de las pruebas iniciales se percató que las válvulas estaban deformando a la base del sumidero en los orificios donde se sujetan y afectando la recirculación de los fluidos. Es por esto que se reforzó la base del sumidero con dos planchas de acero inoxidable extra de 3mm de espesor. Estas planchas fueron soldadas a la base del sumidero. Al mismo tiempo se percató que el empaque tipo brida de las válvulas de mariposa se estaban deformando con el ajuste. Por esto se compró un empaque de 7mm de espesor para colocarlo de tal manera que al ajustar la válvula de mariposa no se vean afectados los cauchos internos. Además este empaque es de nitrilo lo que nos asegura que aguanta aceite y químicos fuertes como el fosfato. Con todas las correcciones

necesarias como ultima protección se utilizó silicón para y asegurar el 100% de efectividad de hermeticidad.

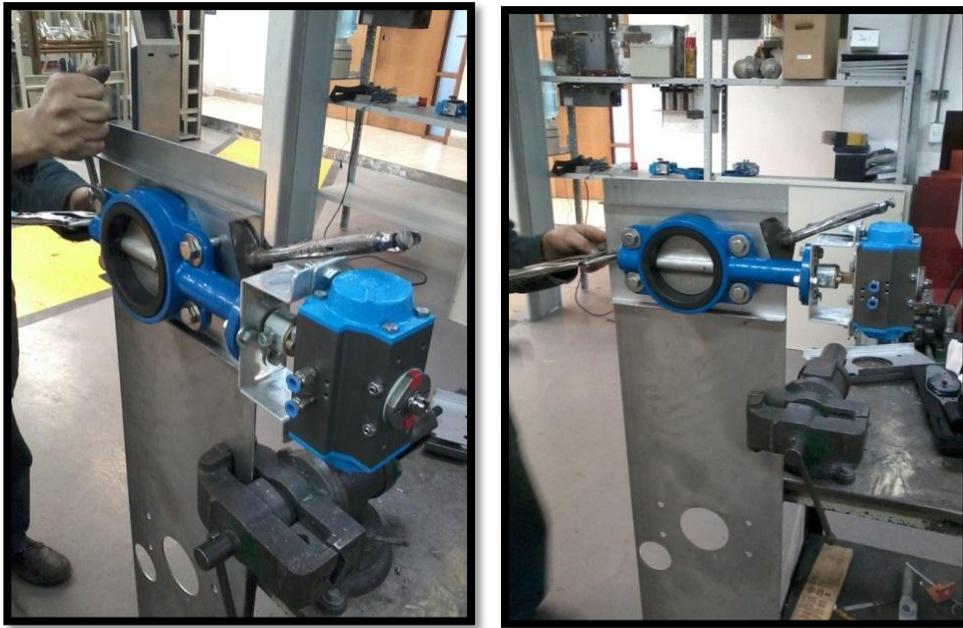


Figura 4.20: Válvula de mariposa de desagüe con sus dos planchas de refuerzo de 3 mm de espesor.

Luego de montar los elementos mecánicos relacionados a la neumática se empezó con el montaje del circuito neumático. Para esto se utilizó dos tipos de actuadores rotativos de doble efecto de aire, uno de ellos se muestra en la figura 4.20. Estos son los encargados de actuar las válvulas. Para completar el circuito neumático hay que considerar ciertos elementos esenciales para su funcionamiento. Estos son los siguientes: mangueras de aire a presión de 8 mm, racores y acoples rápidos para adaptar las mangueras a los actuadores y elementos de ingreso de aire, silenciadores, un manifold, electroválvulas 5/2, cable tipo sucre 3 x 18 y una unidad de mantenimiento para el aire.

Los racores y acoples rápidos simplemente son pernos con una entrada para manguera con su seguridad. Los silenciadores sirven para que cada que se desfoga el aire en el funcionamiento del circuito no sea molesto para los operadores, usualmente son hechos de piedras porosas. El manifold es el elemento que sostiene las electroválvulas y que entregan el aire a todas con una sola entrada. Las electroválvulas adquiridas son normalmente cerradas con retorno por resorte y

se activan con una señal de 110 v que se lo transmite por el cable sucre que posee un cable de fase un neutro y tierra y aguanta hasta 20 amperios de corriente. Y por último la unidad de mantenimiento se encarga de purificar el aire que entra al manifold y depura el agua que se genera al comprimir el aire y que no entre en las electro válvulas y en los actuadores neumáticos.



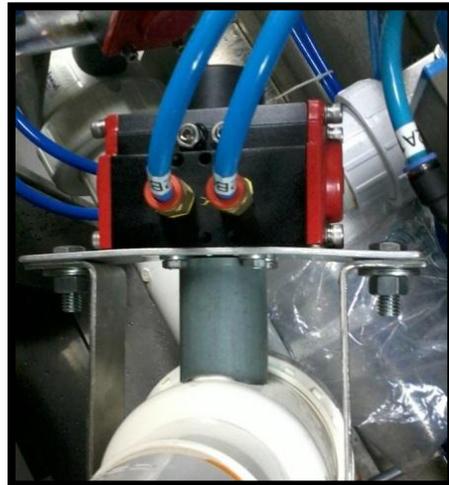
a)



b)



c)



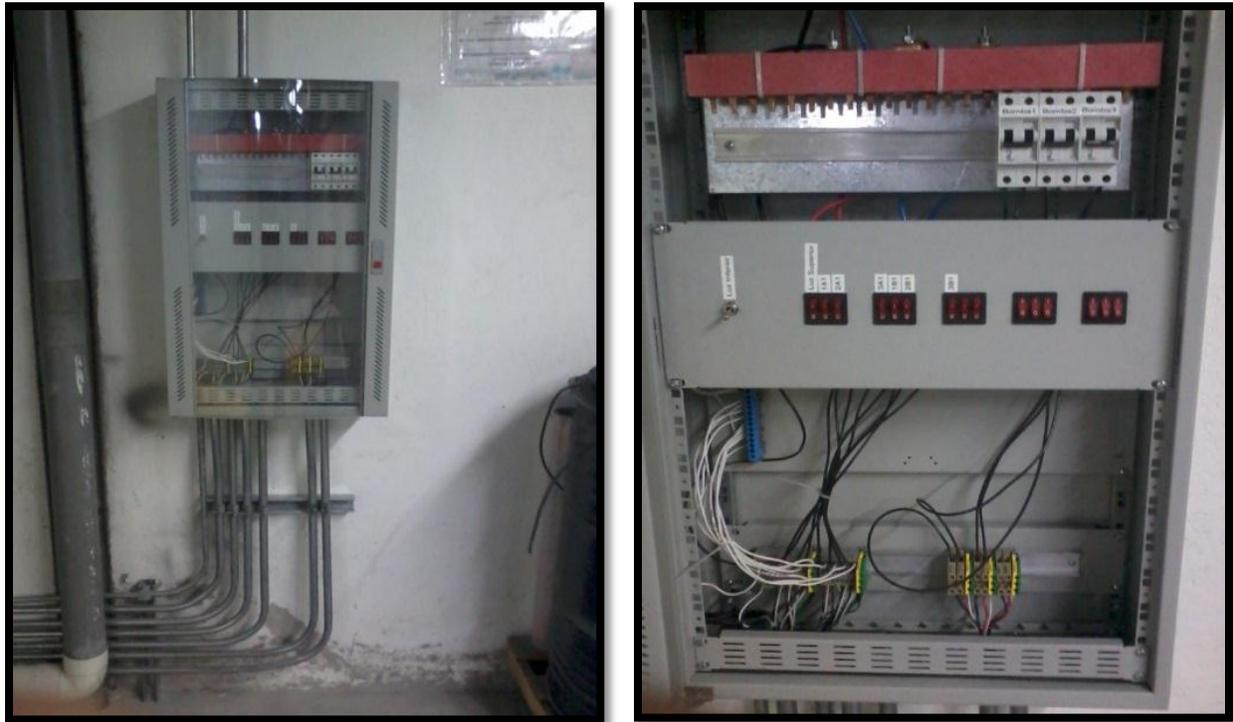
d)

Figura 4.21: a) Actuadores rotativos para válvulas de mariposa de desagüe, b) manifold, silenciadores, mangueras de presión de aire y electroválvulas, c) unidad de mantenimiento con la entrada principal de aire con su racor y acople rápido y d) actuador neumático rotativo para la válvula de bola para las tuberías.

4.9 Tablero de control

Para poder controlar tanto las bombas como el circuito neumático y todos los elementos mecánicos además de las luces se utilizó un tablero de control brindado por la empresa AICO. Este tablero en la industria de la automatización y control se lo conoce como un B-Line y su diseño viene dado por normas internacionales de acuerdo al manejo de tensión y corriente.

Para este tablero se utilizó tubería tipo conduit para llevar los cables a sus destinos, lo que son borneras de control, borneras de potencia, disyuntores de dos polos y un polo marca Siemens, un multipunto de neutro, borneras de tierra y rieles tipo DIN para sujetar cada uno de los elementos eléctricos, peinilla de cobre de 3 mm de espesor, contactos o interruptores y channels. La siguiente figura muestra el tablero de control y su distribución.



a)

b)

Figura 4.22: a) tablero de control tipo B-Line, sus conductos de cables y channels y b) distribución de los elementos eléctricos de control y de potencia.

En la parte de a) de la figura se observa los tubos superiores, estos llevan los cables de las fases y de las luces del interior de la cámara. Los tubos inferiores son los que mandan la señal de 110 o 220 V a los elementos de la cabina. Los dobleces de los tubos se los realizó con una dobladora de tubo manual y para sujetar los tubos a la pared se utilizó channels.

Por otro lado, en la parte b) de la figura en la parte superior podemos observar la peinilla de cobre que es la que en una conexión en paralelo nos brinda las fases que necesitamos para energizar los elementos de la cabina. En la parte superior derecha se encuentran los disyuntores o breakers, los cuales serán las seguridades para las bombas y lo demás del circuito. En la mitad del tablero se observa los mandos o los interruptores de control, con lo cual, el operador podrá operar la maquina con comodidad y sin ningún inconveniente. Seguido abajo del panel de mando se encuentra el multipunto neutro que cierra el circuito de todos los elementos de 110 V y es de color azul. Y por último, se encuentran en la parte inferior se encuentran las borneras de control al lado izquierdo y al lado derecho las borneras de potencia. Se refiere a las borneras de control a las conexiones eléctricas de las electroválvulas y borneras de potencia a las conexiones eléctricas de las bombas porque son siempre circuitos separados para la automatización.

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Una vez finalizado el diseño y la construcción de la cabina, se realizaron las pruebas de funcionamiento. Acto seguido se corrigieron los errores con lo cual se cumplieron los objetivos propuestos satisfactoriamente. Por otro lado, los costos fueron menores a los calculados inicialmente, con lo que también cumple con la optimización de la inversión del proyecto. A continuación se presentan los objetivos cumplidos, y los costos de la cabina:

- Se cumplió con la manufactura y la construcción de las piezas y partes diseñadas que funcionan perfectamente en el sistema.
- Las bombas transportan los fluidos hacia los aspersores sin ninguna dificultad.
- Con las pruebas y la ayuda del CAD se certifica que los aspersores logran lavar completamente la pieza crítica de 1200mm x 1200mm x 2400mm.
- El funcionamiento de los aspersores es el deseado y cumple con las expectativas de lavado. Esto es comprobado mediante el resultado de las pruebas con el aspersor tipo GG en la superficie de los testigos de color azul opaco (criterio válido y utilizado por AICO en lo referente al fosfatado).
- La cabina es hermética. El diseño de la estructura no permite que los fluidos salgan del interior de la cabina.
- La instalación del sistema neumático funciona en sus óptimas condiciones sin ninguna fuga y se presuriza el circuito perfectamente. Los actuadores neumáticos abren y cierran las válvulas al presionar los interruptores colocados en el panel de control.
- Los tanques almacenan la cantidad de fluido suficiente para un proceso continuo de aspersión de 2 minutos con recirculación.
- El sistema hidráulico tiene un rendimiento deseado con sus accesorios, y no posee de fugas en su ensamblaje.
- La caja de reserva y desagüe de fluidos de los tanques se evacua perfectamente por las canaletas en la estructura de la obra civil y su desfogue hasta el reservorio principal de planta por medio de la bomba sumergible.
- El costo aproximado de la cabina fue de 15 mil dólares, 15mil dólares menos que el precio calculado en el perfil de tesis al iniciar el proyecto.

5.2 Recomendaciones

A continuación se muestran algunas recomendaciones que se deberían tomar en cuenta durante el diseño y construcción de una cabina:

- Es necesario una investigación de soluciones implementadas antes de comenzar con el proyecto, para saber los productos que se pueden conseguir y en cuanto tiempo.
 - De esta manera se puede analizar si el diseño es factible realizarlo en el medio y que cambios se pueden realizar para obtener el resultado deseado pero con los elementos que se consiguen localmente, por tiempo y dinero.
- En una empresa es necesario tener un contrato firmado que estipule todo lo relacionado con el proyecto como el tiempo de elaboración y la disponibilidad de las partes.
 - De esta manera no aparecerán aspectos y cambios indeseados tanto para los clientes como para los diseñadores y mano de obra.
 - Por esto es muy importante aclarar bien el alcance del proyecto la flexibilidad de las partes interesadas.
- Es importante revisar la mayor cantidad de proyectos parecidos para así tomar ideas de diseños que ya funcionan.
 - Así con patentes existentes se puede mejorar un proceso ya hecho y no inventar algo que no funcione como lo esperado, protegiendo el recurso económico y el tiempo de todas partes.
- Es necesario revisar varias veces el diseño antes de comenzar con la construcción. Es siempre más fácil cambiar el diseño que un producto elaborado.
 - La ventaja actual de poseer herramientas digitales de diseño da la oportunidad de hacer simulación y pruebas sin gastar en recursos como materiales.
 - Así se ahorra dinero y material que luego será desechado sin ningún tipo de utilidad y de valor.
- Utilizar un programa de diseño como Auto Cad Inventor, Solidworks, etc., para facilitar el diseño y la interpretación de planos sea óptima.
- Una vez terminado el diseño, hacer las pruebas correspondientes de su función así por ejemplo utilizando material chatarra o reciclado y prevenir el desperdicio de material disponible para su construcción.

- Si las pruebas no se pueden realizar por computador es necesario reciclar material existente, que existe en una empresa, para asegurarse que el diseño es el correcto y luego proceder con el material seleccionado para no desperdiciar el mismo.
- Disponer de herramientas y maquinaria metal-mecánica y facilidades de espacio para desarrollar el proyecto.
 - Con la adecuada herramienta se hace un trabajo más limpio, profesional, se reduce los errores y lo más importante se ahorra tiempo en la construcción de una cabina.
- Ayuda de mano de obra tecnificada en cuanto por ejemplo a soldadura en acero inoxidable, soldadura en general y metal mecánica manual para también corregir y pulir detalles.
 - Se necesita gente con experiencia para realizar ciertos trabajos como la soldadura y para poder manipular la maquinaria necesaria.
 - Si no se dispone de estas herramientas y procesos sería aconsejable reconsiderar la planificación e ejecución del proyecto o tal vez averiguar cuánto cuesta el servicio de este tipo de trabajos pero con exigente supervisión para prevenir errores.

6. Bibliografía

- Clasificación de los aceros inoxidables*. (2013, Abril 07). Retrieved from bonnet.es:
<http://bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>
- AICO. (2010). *AICO engineering-Automatización industrial y control*. Retrieved September 27, 2011, from
http://www.aico.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=1
- ASM, I. (1994). *ASM Handbook*. USA: ASM International.
- AST bearings LLC. (1998-2012). *AST Bearings and Related Products and Services*. Retrieved Julio 2, 2012, from <http://www.astbearings.com/centrifugal-pump-bearings.html>
- Bateman, R. (2004, Noviembre 22). *IPARC Guide No. 1 HYDRAULIC SPRAY NOZZLES*. Retrieved Mayo 14, 2012, from International Pesticide Application Research Centre:
http://www.dropdata.org/download/IPARC_guide/Hyd_noz.pdf
- Beardmore, R. (2008, diciembre 01). *Wire & Tube Drawing Process*. Retrieved febrero 29, 2012, from http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Manufacturing/Drawing.html
- Franco Salas, A., & Pérez Urrestarazu, L. (2008, Agosto 05). *Hidraulica y Riegos*. Retrieved Junio 05, 2012, from OpenCourseWare Universidad de Sevilla:
<http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos>
- ILVE CHEMICALS. (n.d.). *Phosphate Conversion Coatings*. Retrieved febrero 29, 2012, from <http://www.phosphating.net/zinc-phosphating.html>
- King, H. W., Wisler, C. O., & Woodburn, J. G. (1980). *Hidráulica*. (A. Cotin Sanz, Trans.) Mexico D.F.: Editorial Trillas.
- Linsley, R. E., & Franzini, J. B. (1980). *Ingeniería de los recursos hidráulicos*. Mexico D.F.: Editorial Continental.
- Mindat. (2012). *Sphalerita*. Recuperado el 28 de febrero de 2012, de <http://www.mindat.org/min-3727.html>
- MULTIQUIP INC. (2003, Julio 3). *Pump Selection Handbook*. Retrieved Mayo 14, 2012, from multiquip: <http://www.multiquip.com/multiquip/pdfs/product-brochures/Pumps-selection-0703-handbook.pdf>
- Rodríguez Díaz, H. A. (2005). *Diseños hidráulicos sanitarios y de gas en edificaciones*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería .
- Tarjuelo, M.-B. J. (1995). *El riego por aspersión y su tecnología*. Madrid: Mundi-Prensa.

Trevathan, V. L. (2006). *A Guide to the Automation Body of Knowledge*. ISA-Instrumentation, Systems & Automation Society.

Trueba Coronel, S. (1986). *Hidráulica*. Mexico D.F.: Editorial Continental .

Waters, J. S. (1996, June). *Environmentally Conscious Painting*. Kansas.

Waters, J. S. (1996, June). *Environmentally Conscious Painting*. Kansas Small Business Environmental Assistance Program.

7. ANEXOS A

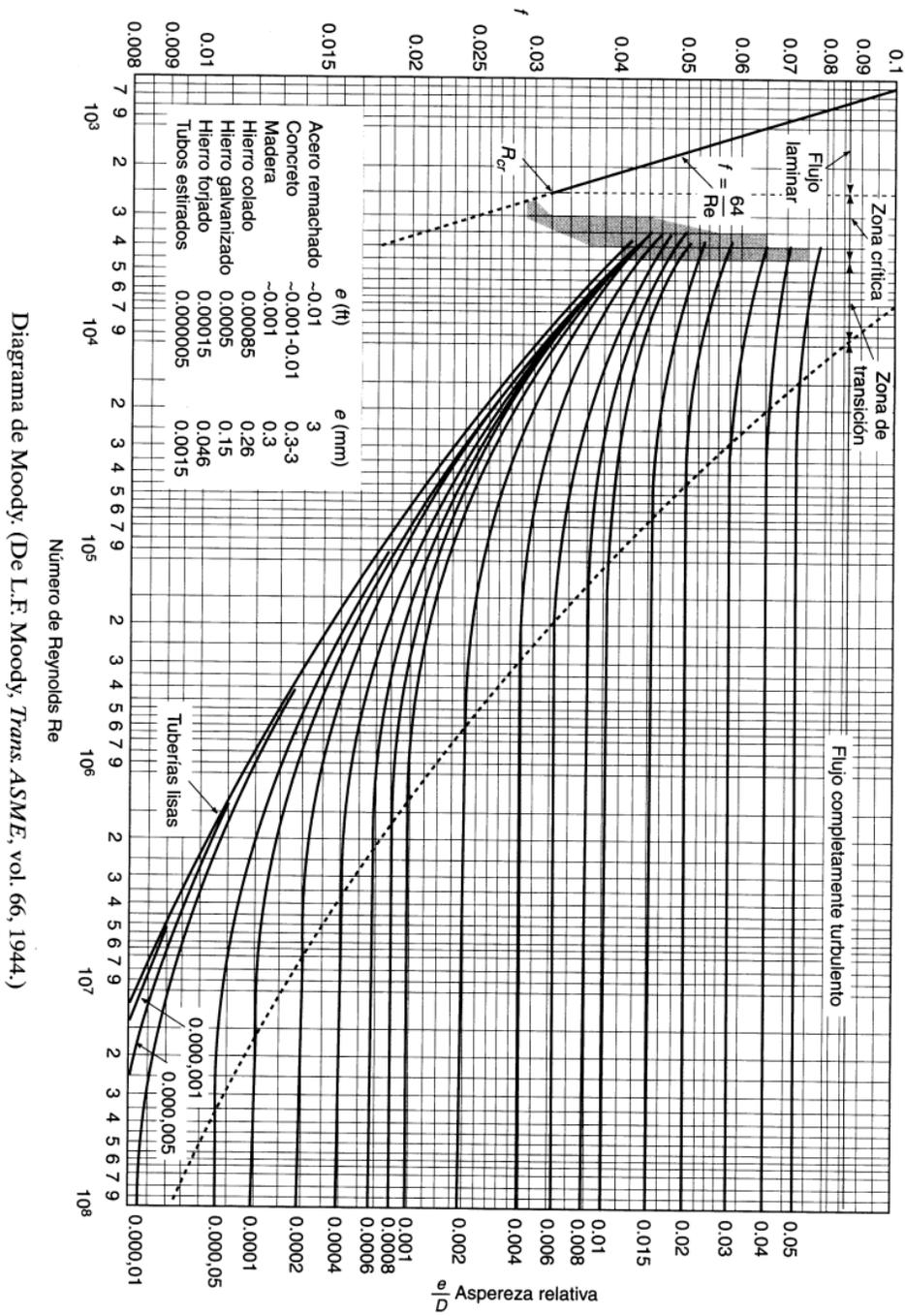


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

Figura1:Diagrama de Moody (12Ju).

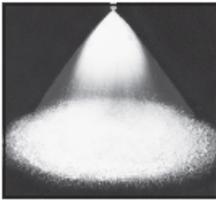
Tabla 3.3A
Pérdidas locales o por accesorios

Accesorios	Pérdida media de energía
1. ENTRADA (de tanque de almacenamiento a tubería)	$0,5 \cdot \frac{V^2}{2g}$
* conexión a ras de pared	$1,00 \cdot \frac{V^2}{2g}$
* tubería entrante	$1,00 \cdot \frac{V^2}{2g}$
2. SALIDA (de tubería a depósito) (Entrada al tanque del inodoro)	$1,00 \cdot \frac{V^2}{2g}$
3. AMPLIACIÓN GRADUAL	$K \cdot \frac{(V_{ENTRADA} - V_{SALIDA})^2}{2g}$ K se encuentra en la tabla 3.3B.2
4. CONTRACCIÓN BRUSCA	$K \cdot \frac{V_s^2}{2g}$ K se encuentra en la tabla 3.3B.1
5. CAMBIOS DE DIRECCIÓN (estándar)	$K \cdot \frac{V^2}{2g}$
* Codo	K = 0,9
7. BIFURCACIONES	
* Tee	1,5 < K < 2,0
* Tee (salida lateral)	K = 0,9
* Tee (salida bilateral)	K = 2,0
* Tee (paso directo)	K = 0,15
9. VÁLVULAS	
* de compuerta (abierta)	K aprox. = 0,25
* de cierre rápido	K aprox. = 7,7
* de check	K aprox. = 2,5

Tablas 3.3B.1 y 3.3B.2

Contracción brusca		Ensanchamiento gradual para un ángulo de:						
d1/d2	K	4°	10°	15°	20°	30°	50°	60°
1,2	0,08	0,02	0,04	0,09	0,16	0,25	0,35	0,37
1,4	0,17	0,03	0,06	0,12	0,23	0,36	0,50	0,53
1,6	0,26	0,03	0,07	0,14	0,26	0,42	0,57	0,61
1,8	0,34	0,04	0,07	0,15	0,28	0,44	0,61	0,65
2,0	0,37	0,04	0,07	0,16	0,29	0,46	0,63	0,68
2,5	0,41	0,04	0,08	0,16	0,30	0,48	0,65	0,70
3,0	0,43	0,04	0,08	0,16	0,31	0,48	0,66	0,71
4,0	0,45	0,04	0,08	0,16	0,31	0,49	0,67	0,72
5,0	0,46	0,04	0,08	0,16	0,31	0,50	0,67	0,72

Tabla 1: Pérdidas por accesorios (Rodríguez Díaz)



FEATURES AND BENEFITS

- Solid cone-shaped spray pattern with round impact area.
- Uniform distribution over a wide range of flow rates and pressures.
- Medium- to large-sized drops.
- Unique vane design with large flow passages provides superior control and uniform distribution.
- Removable caps and vanes for easy inspection and cleaning on most models.
- Removable vane has location marks for proper positioning after cleaning.
- Set screws in some models secure the vane in the nozzle to prevent dislocation caused by vibration.
- Polypropylene material option offers exceptional chemical and corrosion resistance and resists caking and buildup.
- Wall-mounted options for installation on room exterior, vessel or pipeline.
- For installations with space limitations, right-angle mounting options allow for mounting at a 90° angle.

B FULL-CONE NOZZLES

G



Removable cap and vane
1/8" to 1/2" NPT or BSPT (F)

GG



Removable cap and vane
1/8" to 1/2" NPT or BSPT (M)

H



One-piece body
3/4" to 1" NPT or BSPT (F)

H



Removable vane/cast body
1-1/4" to 8" NPT or BSPT (F)

H



Removable vane/Polypropylene
1-1/2" to 2" NPT or BSPT (F)
Maximum temperature rating is
150°F (66°C)

HF



Removable vane/cast body
4" to 10" flange connection

HH



One-piece body
1/8" to 1" NPT or BSPT (M)

GD



Wall-mounted
Removable cap and vane
1/8" to 1/2" NPT or BSPT (F)



Spraying Systems Co.
Experts in Spray Technology

PHONE 1-800-95-SPRAY, FAX 1-888-95-SPRAY
VISIT OUR WEB SITE: WWW.SPRAY.COM, EMAIL: INFO@SPRAY.COM

Figura 2: Tipos de aspersores que pueden ser proporcionados por "Spraying Systems" para el proyecto.



PERFORMANCE DATA

*At the stated pressure in psi.

Inlet Conn. (in.)	Nozzle Type									Capacity Size	Orifice Dia. Nom. (in.)	Max. Free Passage Dia. (in.)	Capacity (gallons per minute)*													Spray Angle (°)*		
	Standard Type			Wall Mounted			Angle						5	7	10	20	30	40	60	80	100	150	7	20	80			
	G	GG	H	HH	GD	HD	GGD	GA	GGA																			
1/8	•	•		•	•		•			1	.031	.025	.07	.08	.10	.14	.17	.19	.23	.26	.29	.35	-	58	53			
	•	•		•						1.5	.047	.025	.11	.13	.15	.21	.25	.28	.34	.39	.43	.52	52	65	59			
	•	•		•	•		•	•	•	2	.047	.040	.15	.17	.20	.28	.33	.38	.46	.52	.58	.70	43	50	46			
	•	•		•	•		•	•	•	3	.063	.040	.22	.25	.30	.41	.50	.57	.68	.78	.87	1.0	52	65	59			
	•	•		•	•		•	•	•	3.5	.063	.050	.25	.30	.35	.48	.58	.66	.80	.91	1.0	1.2	43	50	46			
	•	•		•	•		•	•	•	3.9	.078	.040	.28	.33	.39	.54	.65	.74	.89	1.0	1.1	1.4	77	84	79			
	•	•		•	•		•	•	•	5	.078	.050	.36	.42	.50	.69	.83	.95	1.1	1.3	1.4	1.7	52	65	59			
1/4							•	•		6.1	.094	.050	.44	.52	.61	.84	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	69	74	68			
	•	•		•	•		•	•	•	6.5	.094	.063	.47	.55	.65	.89	1.1	1.2	1.5	1.7	1.9	2.3	45	50	46			
	•	•		•	•		•	•	•	10	.109	.063	.73	.85	1.0	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6	2.9	3.5	58	67	61			
3/8							•	•		12.5	.125	.063	.91	1.1	1.3	1.7	2.1	2.4	2.9	3.3	3.6	4.3	69	74	68			
	•	•		•	•		•	•	•	9.5	.109	.094	.89	.81	.95	1.3	1.6	1.8	2.2	2.5	2.7	3.3	45	50	46			
	•	•		•	•		•	•	•	15	.141	.094	1.1	1.3	1.5	2.1	2.5	2.8	3.4	3.9	4.3	5.2	64	67	61			
							•	•		20	.156	.109	1.5	1.7	2.0	2.8	3.3	3.8	4.6	5.2	5.8	7.0	76	80	73			
	•	•		•			•	•	•	22	.188	.109	1.6	1.9	2.2	3.0	3.6	4.2	5.0	5.7	6.3	7.6	87	90	82			
1/2	•	•		•			•	•	•	16	.141	.125	1.2	1.4	1.6	2.2	2.7	3.0	3.6	4.2	4.6	5.6	48	50	46			
	•	•		•	•		•	•	•	25	.188	.125	1.8	2.1	2.5	3.4	4.1	4.7	5.7	6.5	7.2	8.7	64	67	61			
	•	•					•	•		32	.203	.141	2.3	2.7	3.2	4.4	5.3	6.1	7.3	8.3	9.2	11.1	72	75	68			
	•	•		•			•	•	•	40	.250	.141	2.9	3.4	4.0	5.5	6.6	7.6	9.1	10.4	11.5	13.9	88	91	83			
3/4							•	•		50	.268	.156	3.6	4.2	5.0	6.9	8.3	9.5	11.4	13.0	14.4	17.4	91	94	86			
		•	•		•					2.5	.188	.172	2.1	2.5	2.9	4.1	4.9	5.6	6.7	7.7	8.5	10.2	48	50	46			
	•	•		•	•		•	•	•	4.0	.250	.172	3.4	4.0	4.7	6.5	7.8	8.9	10.7	12.3	13.6	16.4	67	70	63			
1		•	•		•					7.0	.375	.203	6.0	7.0	8.2	11.3	13.7	15.6	18.8	21	24	29	89	92	84			
		•	•		•					4.2	.234	.219	3.6	4.2	4.9	6.8	8.2	9.4	11.3	12.9	14.3	17.2	48	50	46			
		•	•		•					7.0	.328	.219	6.0	7.0	8.2	11.3	13.7	15.6	18.8	21	24	29	67	68	62			
		•	•							8.0	.375	.219	6.9	8.0	9.4	13.0	15.6	17.8	21	25	27	33	72	81	82			
		•	•							10	.469	.219	8.6	10.0	11.8	16.2	19.5	22	27	31	34	41	78	90	94			
		•	•							12	.469	.250	10.3	12.0	14.1	19.4	23	27	32	37	41	49	89	92	84			

Maximum Free Passage Diameter is the maximum diameter as listed of foreign matter that can pass through the nozzle without clogging.



Tabla 2: Información técnica de algunos de los aspersores que pueden ser proporcionados por “Spraying Systems”



SPLIT-EYELET CONNECTORS

ACCESSORIES

FEATURES AND BENEFITS

- Fast and economical way to install nozzles, gauges, hoses and other fittings in piping systems.
- Eliminates cutting, threading, brazing.
- Reinstall nozzles in thread-stripped manifolds.
- Connector bodies machined from bar stock brass or stainless steel with a choice of outlet connection sizes.
- No body rotation within the flange when installing or removing nozzles.
- Reduced sediment and minimal clogging as inlet extends into the pipe.
- Leak-proof seal with Buna-N clamp gasket (optional fluoroeastomer gasket available).
- Available in a variety of clamp sizes and pressure ratings.

7521



1/2' to 1' clamp size
1/8' to 1/4' outlet connection
NPT or BSPT (F)

8370



1-1/4' to 2' clamp size
1/8' to 1/2' outlet connection
NPT or BSPT (F)

15475



2-1/2' to 4' clamp size
1/4' to 1' outlet connection
NPT or BSPT (F)

SPECIFICATIONS

Body Type	To Clamp On		Outside Conn. (in.)						Maximum Pressure psi (bar)	Capacity at Maximum Pressure gpm (l/min)
	Pipe Size (in.)	Outside Dia. Tubing in. (mm)	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1		
7521	1/2	13/16, 7/8 (20-22)	●	●					250 (17)	3.5 (13.2)
	3/4	1, 1-1/16 (25-27)	●	●						
	1	1-1/8, 1-1/4, 1-3/8 (32-35)	●	●						
8370	1-1/4	1-9/16, 1-11/16 (39-43)	●	●	●	●			125 (9)	5.5-20* (21-76*)
	1-1/2	1-3/4, 2 (44-51)	●	●	●	●				
	2	2-1/8, 2-3/8 (54-60)	●	●	●	●				
15475	2-1/2	2-1/2, 2-7/8 (63-73)		●	●	●	●	●	125 (9)	10-54* (38-204*)
	3	3, 3-1/2 (76-89)		●	●	●	●	●		
	4	4, 4-1/2 (102-114)		●	●	●	●	●		

Capacities of 8370 and 15475 Vary with Outlet Conn.	
Outlet Conn. (in.)	Capacity gpm (l/min)
1/8	5.5 (21)
1/4	10 (38)
3/8	15 (57)
1/2	20 (76)
3/4	33 (125)
1	54 (204)

*Capacities of 8370 and 15475 vary with outlet connection



Spraying Systems Co.
Experts in Spray Technology

PHONE 1 (630) 665-5000, FAX 1 (630) 260-0842

VISIT OUR WEB SITE: WWW.SPRAY.COM, EMAIL: INFO@SPRAY.COM

L14

Figura 3: Abrazaderas de acero inoxidable para colocar los aspersores en la tubería.



ADJUSTABLE BALL FITTINGS

ACCESSORIES

FEATURES AND BENEFITS

- Allow positioning of spray nozzles for more exact control of spray direction and reduced over-spraying.
- Assure accurate pipe alignment and convenient nozzle positioning without disturbing pipe connections.
- Large internal passages minimize clogging.
- Smooth finished surfaces assure leak-proof connections.
- **Key feature overview for 36275 adjustable ball fittings:**
 - Relatively small diameter fits applications requiring compact size.
 - Simple locking holds nozzle securely in position.
 - Maximum pressure rating 300 psi (20 bar).
- **Key feature overview for cast ball fitting with flange:**
 - Locking screws hold nozzle in position securely.
 - Maximum pressure rating 125 psi (9 bar).

36275



Male inlet/female outlet
1/8" to 3/4" NPT or BSPT

CAST BALL FITTING WITH FLANGE



Male inlet/female outlet
1" to 1-1/2" NPT or BSPT



Male inlet/male outlet
1-1/4" to 2-1/2" NPT or BSPT

SPECIFICATIONS

Adjustable Ball Fitting Number	Inlet Conn. (in.)	Outlet Conn. (in.)	Total Included Angle of Adjustment
36275	1/8	1/8	45°
	1/4	1/4	
	1/4	1/8	
	3/8	3/8	
	3/8	1/4	
	1/2	1/2	
	1/2	1/4	
	1/2	3/8	
	3/4	3/4	

Cast Ball Fitting Number	Inlet Conn. (in.)	Outlet Conn. (in.)	Total Included Angle of Adjustment
1 x 1	1	1	40°
1-1/4 x 1-1/4	1-1/4	1-1/4	
1-1/2 x 1-1/4	1-1/2	1-1/4	
1-1/4 x 1-1/4M	1-1/4	1-1/4*	
1-1/4 x 1-1/2M	1-1/4	1-1/2*	
1-1/2 x 1-1/2M	1-1/2	1-1/2*	
2 x 2M	2	2*	
2-1/2 x 2-1/2M	2-1/2	2-1/2*	

*Male outlet connection.

Figura 4: Conexión de bola ajustable para poder mover los aspersores.

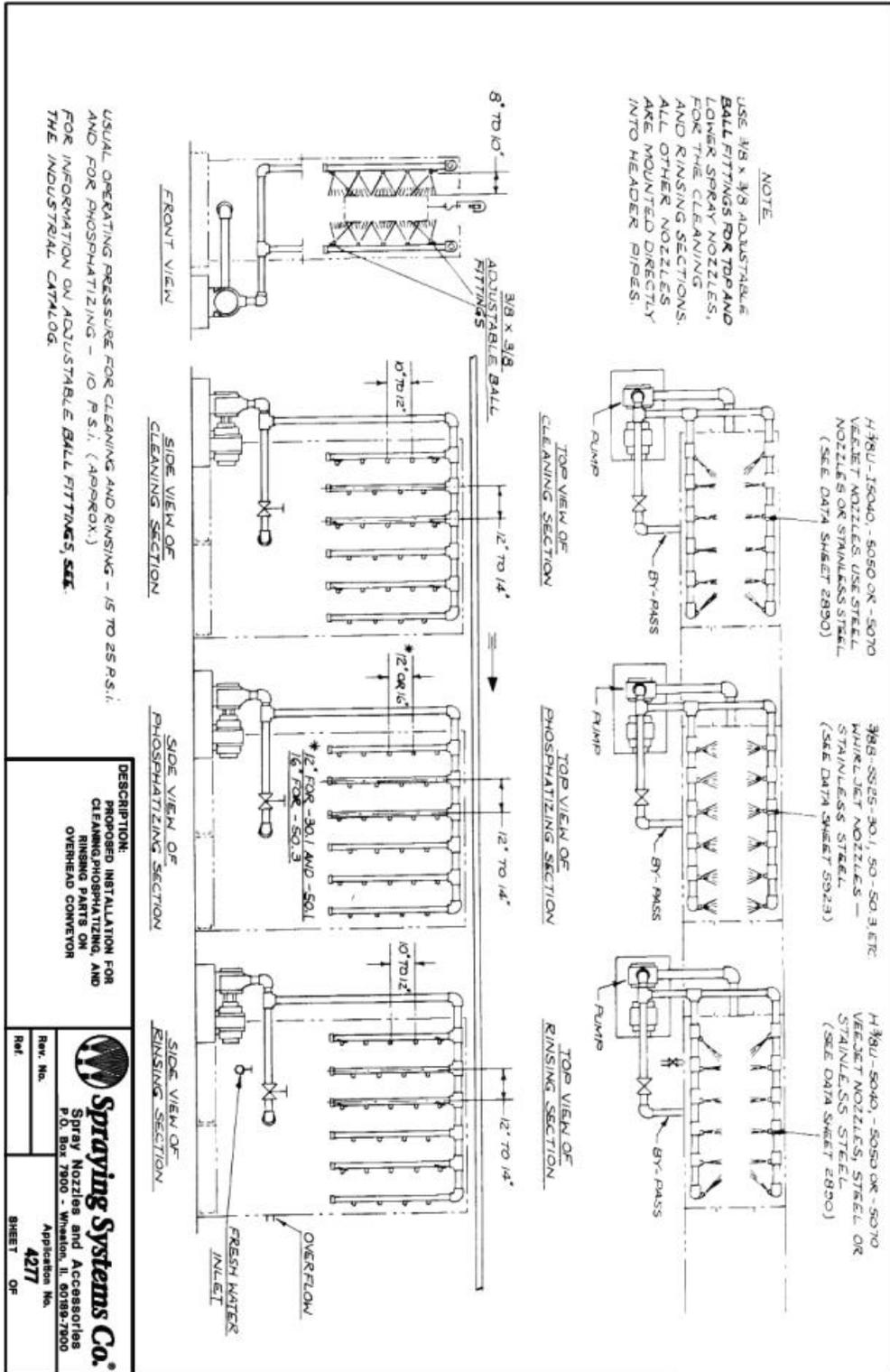


Figura 5: Diseño para el montaje de aspersores en un proceso de limpieza de tres etapas.

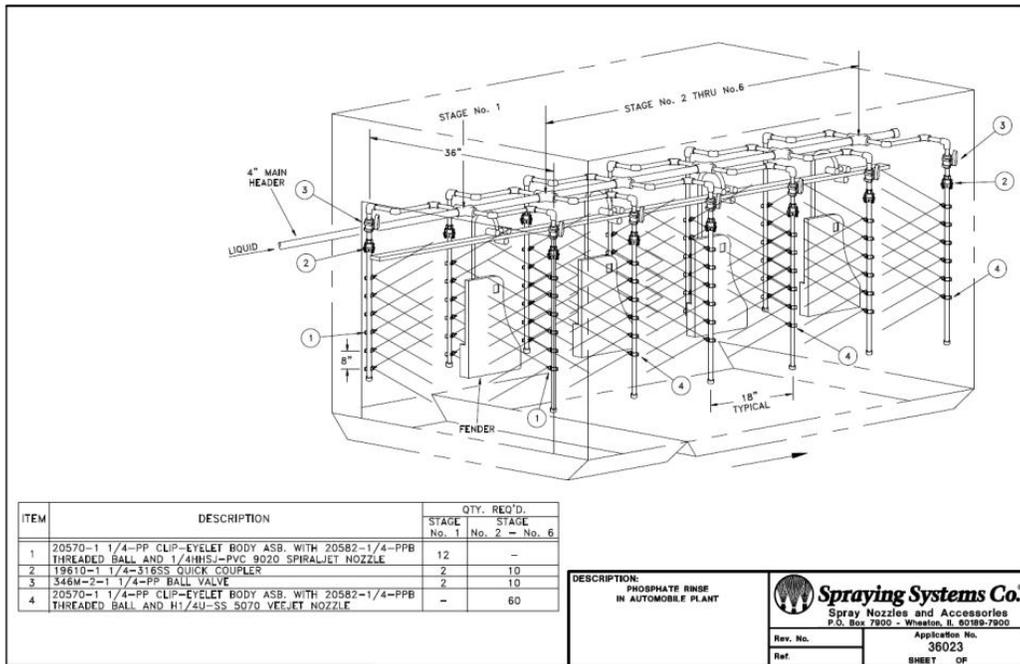


Figura 6: Diseño de una cabina de limpieza de dos etapas.

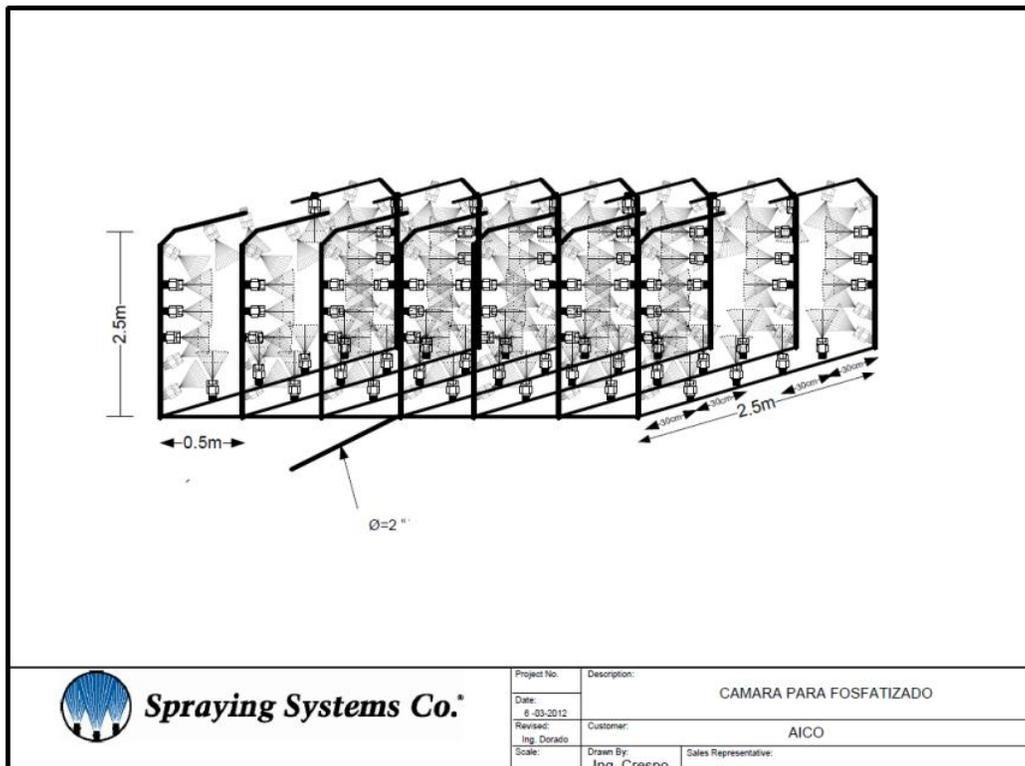


Figura 7: Diseño de “Spraying Systems” para el montaje de aspersores en la cámara de fosfatado de AICO.



Spraying Systems del Ecuador Cia. Ltda.

Cdla. Kennedy Norte, 1ra. Etp. Calle José Falconí, Mz. 103, Solar 12, Cond. Ana María, 1er. Piso • Telf.: (+593 4) 2294931 - (+593 4) 2693860

COTIZACION

Código : 1421
Compañía : AICO
Attn. : Ing. Sebastian Hidrobo
Dirección :
Teléfono :

Página : 01
Cotización #: 00447
Fecha Cotiz.: 05-03-2012
R.U.C.: 0991475095001

Artículo	Descripción	Cant.	Precio	SubTotal
3/8GG-SS15	FULLJET NOZ.,ST.STL.	140	\$56,44	\$7.901,60
36275-3/8X3/8-SS	LOCK RING ADJ JOINT	140	\$60,00	\$8.400,00
8370B-1-1/2X3/8	SPLT-EYLT CON,ALL SS	140	\$42,95	\$6.013,00
2TW-SS100	STRAINER,STAIN.STEEL	1	\$2.270,91	\$2.270,91

Forma de Pago Contado
Validez de la cotización: 15 días.
Tiempo de entrega: 12 días laborables.

Base Imponible	\$24.585,51
Descuentos	
Importe IVA	\$2.950,26
Total Pedido	\$27.535,77

Atentamente.

Leonardo Crespo
Spraying Systems del Ecuador

Experts in Spray Technology



Spray Nozzles



Spray Control



Spray Analysis



Spray Fabrication

Figura 8: Cotización de los elementos necesarios en la propuesta de diseño de “Spraying Systems”.



Spraying Systems del Ecuador Cía. Ltda.

Cda. Kennedy Norte, 1ra. Etp. Calle José Falconi, Mz. 103, Solar 12, Cond. Ana María, 1er. Piso • Telf.: (+593 4) 2294931 - (+593 4) 2693860

COTIZACION

Código : 1456
Compañía : AICO
Attn. : ING SEBASTIAN HIDROBO
Dirección :
Teléfono :

Página : 01
Cotización #: 01286
Fecha Cotiz.: 07-06-2012
R.U.C.: 0991475095001

Artículo	Descripción	Cant.	Precio	SubTotal
1/8HH-316SS5	FULLJET NOZ.,316 SS	1	\$34,13	\$34,13
1/8GG-316SS5	FULLJET NOZ.,316 SS	1	\$42,95	\$42,95
1/4HH-316SS10	FULLJET NOZ.,316 SS	1	\$19,40	\$19,40
1/4GG-316SS10	FULLJET NOZ.,316 SS	1	\$45,30	\$45,30
3/8HH-316SS15	FULLJET NOZ.,316 SS	1	\$51,29	\$51,29
3/8GG-316SS15	FULLJET NOZ.,316 SS	1	\$63,30	\$63,30
3/8HH-316SS22	FULLJET NOZ.,316 SS	1	\$51,29	\$51,29
3/8GG-316SS22	FULLJET NOZ.,316 SS	1	\$63,30	\$63,30
2TW-SS50	STRAINER,STAIN.STEEL	1	\$2.270,91	\$2.270,91

Forma de Pago Contado
Validez de la cotización: 15 días.
Tiempo de entrega: 12 días laborables.

Base Imponible	\$2.641,87
Descuentos	
Importe IVA	\$317,02
Total Pedido	\$2.958,89

Atentamente.

Verónica Paredes

Spraying Systems del Ecuador

Experts in Spray Technology



Spray
Nozzles



Spray
Control



Spray
Analysis



Spray
Fabrication

Figura 9: Cotización de los diferentes aspersores que podrían ser útiles.

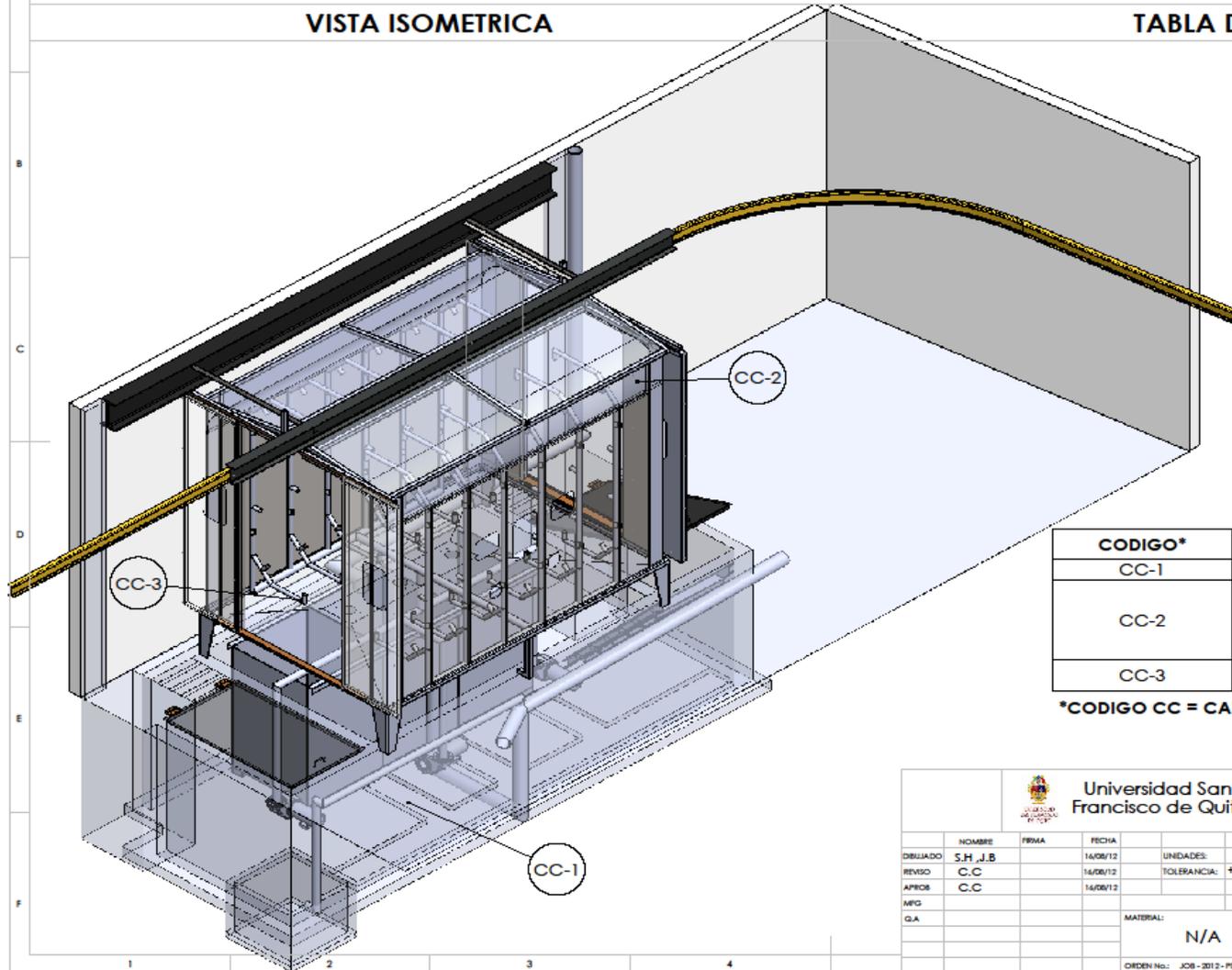
8. ANEXOS B (PLANOS)

CABINA COMPLETA

VISTAS EXTERNAS

VISTA ISOMETRICA

TABLA DE CONTENIDOS



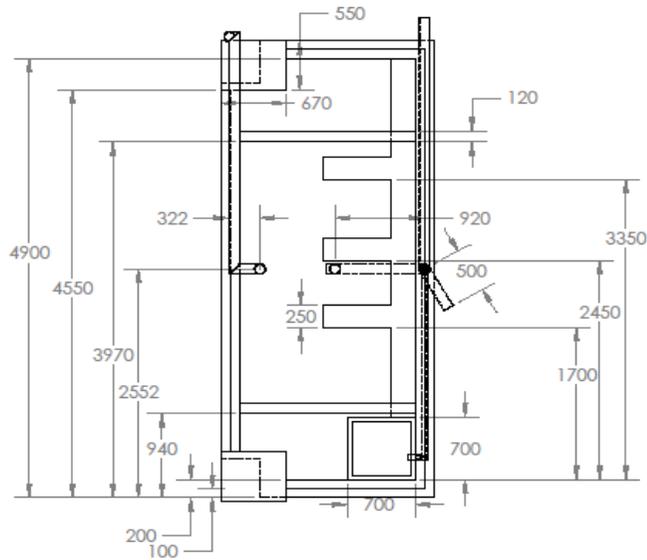
CODIGO*	NOMBRE	CODIGOS PROPIOS
CC-1	OBRA CIVIL ESTRUCTURA:	N/A
CC-2	MONTAJE ESTRUCTURA, MONTAJE TECHO, PUERTAS	ME, MT, P
CC-3	TUBERIA: MONTAJE HIDRAULICO	MH

*CODIGO CC = CABINA COMPLETA

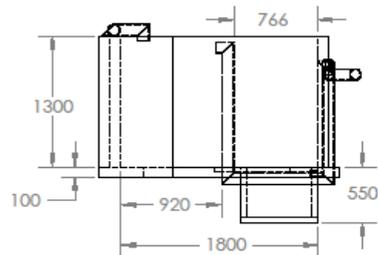
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO: S.H., J.B. FECHA: 14/08/12				PROYECTO: CABINA DE FOSFATADO	
REVISO: C.C. 14/08/12				CONTENIDO: CABINA COMPLETA	
APROB: C.C. 14/08/12				PLANO No.: PL-CLF-M-VE	
MFG:				ESCALA: 1:30	
G.A.				PAG.	
MATERIAL: N/A				A4	
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				A4	

OBRA CIVIL CABINA DE FOSFATIZADO
VISTAS EXTERNAS / INTERNAS

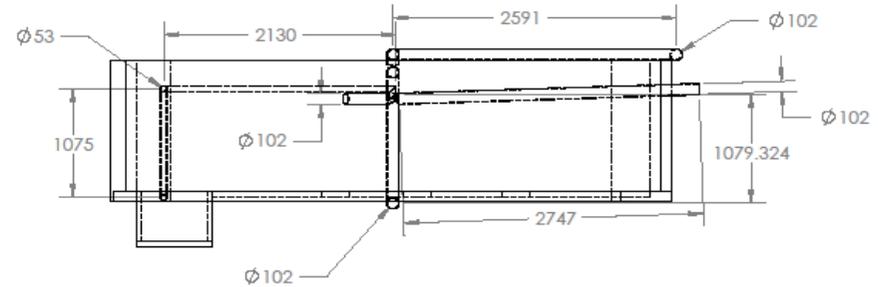
VISTA DE PLANTA



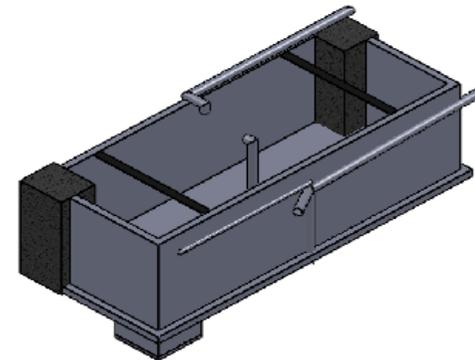
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA



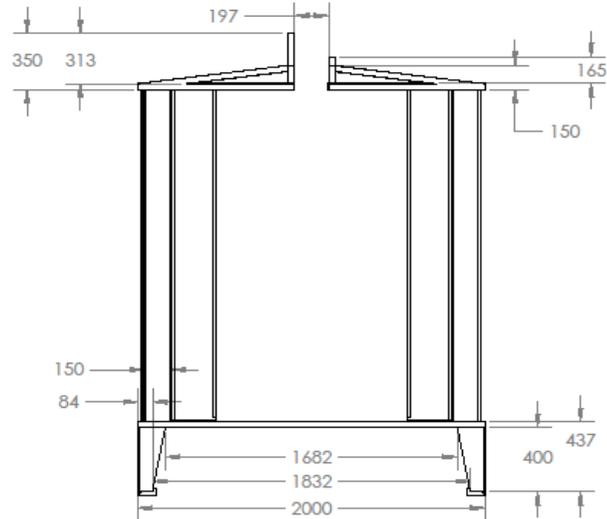
VISTA ISOMETRICA



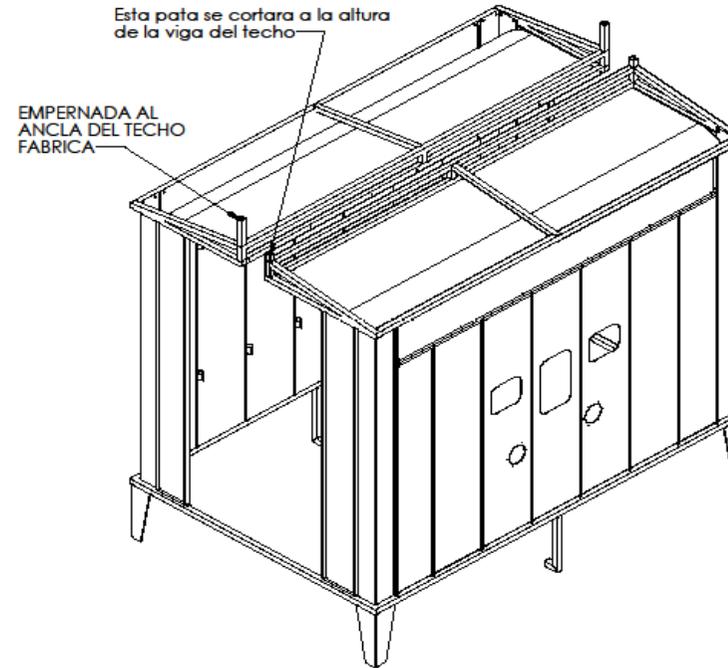
 Universidad San Francisco de Quito		CLIENTE:		 AICO Engineering
		PROYECTO:		Diseño y construcción cabina de fosfatado
DISEÑADO: S.H., J.B.		FECHA:		CONTIENE: Vista externa e interna Obra Civil
REVISO: C.C.		UNIDAD:		mm
APROB: C.C.		TOLERANCIA:		±2 mm
		MATERIAL:		PLANO No.: PL-CLF-M-VE/VI
		Concreto, Tubo PVC		A4
		ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014		ESCALA: 1:40

DETALLE MEDIDAS EXTERNAS ESTRUCTURA CABINA
VISTAS EXTERNAS

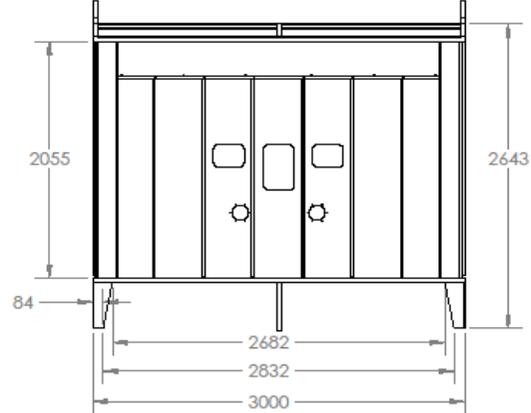
VISTA FRONTAL



VISTA ISOMETRICA



VISTA LATERAL DERECHA



 Universidad San Francisco de Quito		CLIENTE:  AICO Engineering	
		PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DIBUJADO: S.H., J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. FECHA: 16/08/2012	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	CONTIENE: Dimensiones generales estructura	
MATERIAL:		PLANO No.: PL-CLF-M-VE	A4
ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014		ESCALA: 1:50	

CONJUNTO DE LA ESTRUCTURA

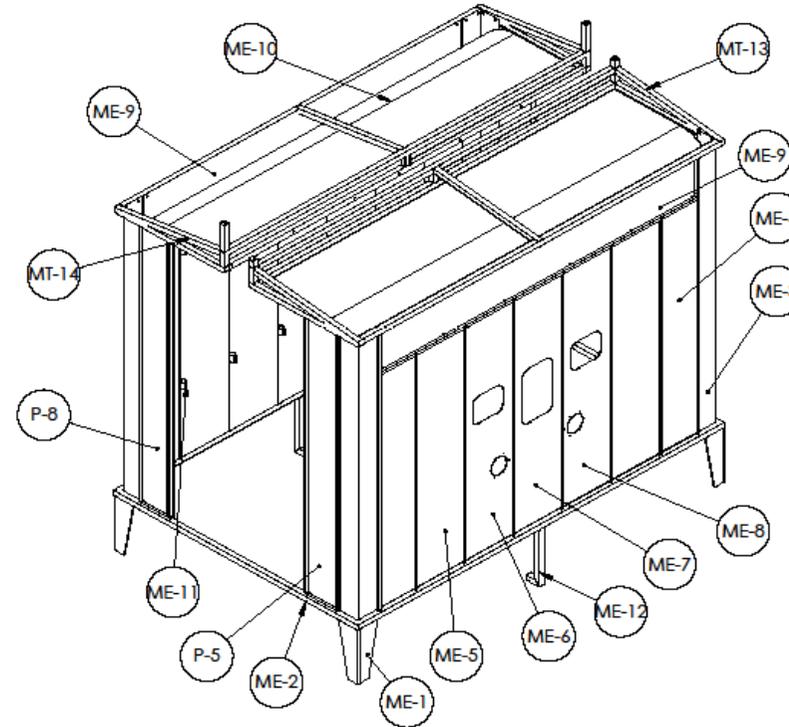
VISTA EXTERNA

TABLA DE CONTENIDOS

VISTA ISOMETRICA

CODIGO*	ITEM NOMBRE	DESCRIPCION	CANT.
ME-1	PATAS ESQUINERAS	Plancha de acero laminada al frio. Espesor: 9 mm	4
ME-2	BASE CABINA	Tubo estructural cuadrado negro. Perfil: 1 1/2" x 1 1/2" x 2mm	1
ME-3	COLUMNA PRINCIPAL	Plancha acero inoxidable. Espesor: 2 mm	4
ME-4	PARED INTERIOR FRENTE Y ATRAS	Plancha acero inoxidable. Espesor: 1 mm	4
ME-5	PARED INTERIOR	Plancha acero inoxidable. Espesor: 1 mm	4
ME-6	PARED INTERIOR VENTANAS IZQUIERDA	Plancha acero inoxidable. Espesor: 1 mm	2
ME-7	PARED INTERIOR VENTANAS CENTRO	Plancha acero inoxidable. Espesor: 1 mm	2
ME-8	PARED INTERIOR VENTANAS DERECHA	Plancha acero inoxidable. Espesor: 1 mm	2
P-5	PARED PUERTAS DERECHA	Plancha acero inoxidable. Espesor: 1 mm	2
P-8	PARED PUERTAS IZQUIERDA	Plancha acero inoxidable. Espesor: 1 mm	2
ME-9	TARJETAS SUPERIORES PARED	Plancha acero laminado al frio. Espesor: 1 mm	2
ME-10	TECHO CURVO	Plancha acero inoxidable. Espesor: 1 mm	2
ME-11	ABRAZADERAS TUBERIAS	Acero inoxidable. Espesor: 1 mm	24
ME-12	PATAS CENTRALES	Tubo estructural cuadrado negro. Perfil: 1 1/2" x 1 1/2" x 2mm	2
MT-13	TECHO DERECHA	Tubo estructural cuadrado negro. Perfil: 1 1/2" x 1 1/2" x 2mm	1
MT-14	TECHO IZQUIERDA	Tubo estructural cuadrado negro. Perfil: 1 1/2" x 1 1/2" x 2mm	2

*CODIGO: ME=MONTAJE ESTRUCTURA, MT= MONTAJE TECHO, P=PAREDES



 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering A.I.C.O.	
DISEÑADO: S.H. J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C.	FIRMA: _____ FECHA: 14/08/12 14/08/12 14/08/12	Unidad: mm Tolerancia: +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado		
MFG: _____ Q.A: _____			CONTENIDO: Lista de Materiales Estructura		
MATERIAL: _____			PLANO No.: PL-CLF-M-VE		A4
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014			ESCALA: 1:25		

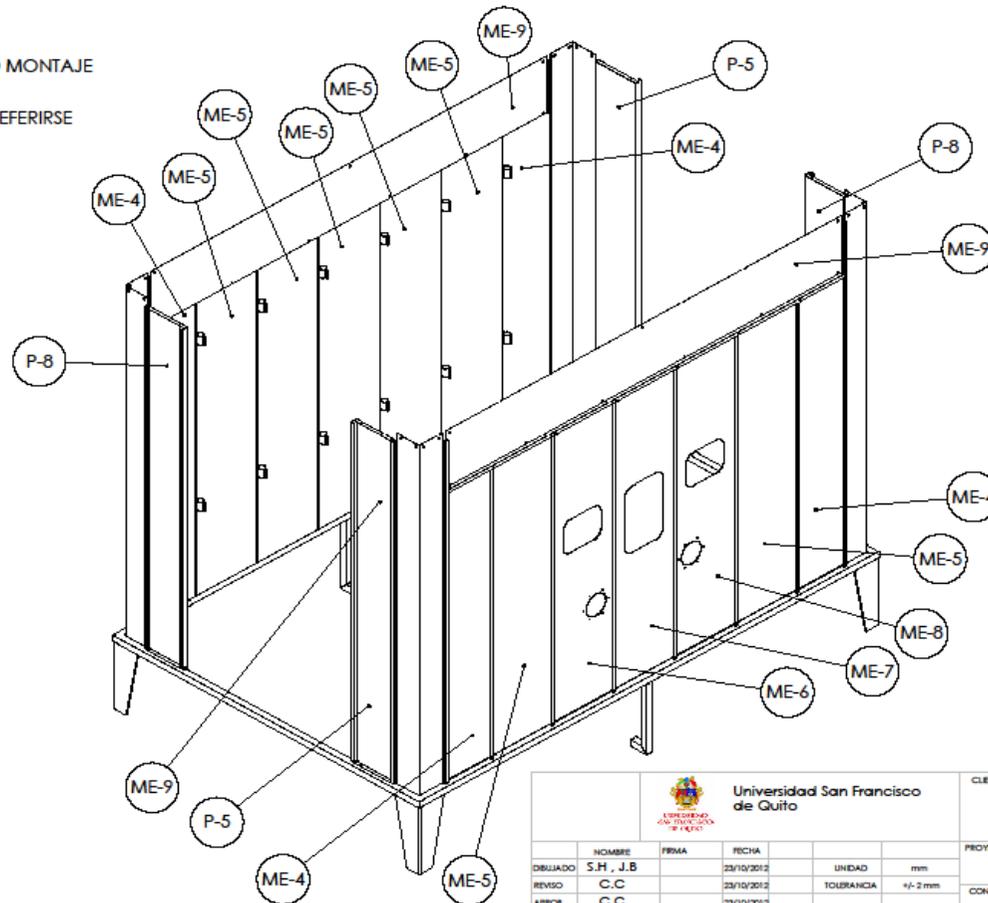
DISTRIBUCION PAREDES DE LA CABINA

VISTAS INTERNAS / EXTERNAS

VISTA ISOMETRICA

*ESTE PLANO ES UNA AYUDA PARA EL MONTAJE DE LAS PAREDES INTERNAS SE PUEDE REFERIR A LA TABLA DEL PLANO MONTAJE ESTRUCTURA

Y PARA SUS DIMENSIONES DETALLADAS REFERIRSE A LOS PLANOS DE CODIGO ME-4, ME-5, ME-6, ME-7, ME-8, P-5, P-7 Y ME-9

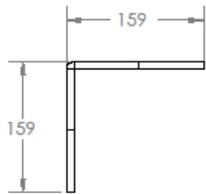


 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO: S.H., J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. FECHA: 23/10/2012	NOMBRE: FIRMA: FECHA: 23/10/2012	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	CONTIENE: Montaje paredes estructura cabina	
MFC: GLA:	MATERIAL:	PLANO No.: PL-CLF-M-VI/VE	A4		
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				ESCALA: 1:20	

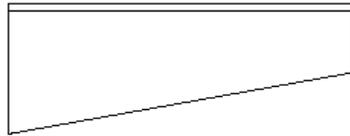
SOPORTES ESQUINEROS CABINA

VISTAS EXTERNAS

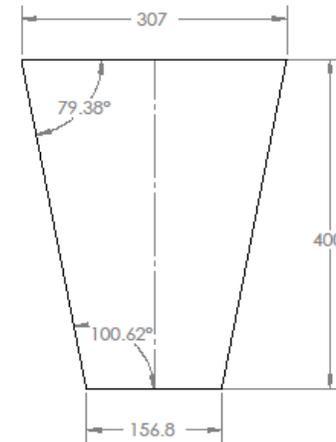
VISTA DE PLANTA



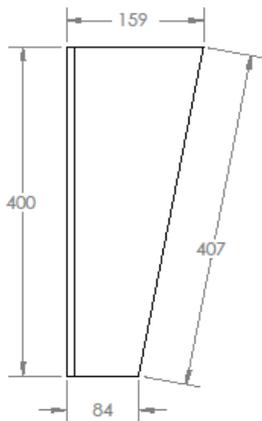
VISTA LATERAL DERECHA



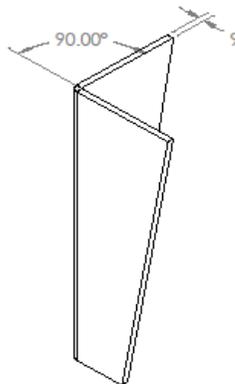
FORMATO PLANCHA



VISTA FRONTAL



VISTA ISOMETRICA



 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering AICO	
DIBUJADO S.H. J.B.	NOMBRE S.H. J.B.	FIRMA 	FECHA 16/08/12	UNIDAD mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado
REVISO C.C.	NOMBRE C.C.	FIRMA 	FECHA 16/08/12	TOLERANCIA ± 2 mm	CONTENIDO: Vistas externas soportes cabina
APROB. C.C.	NOMBRE C.C.	FIRMA 	FECHA 16/08/12	MATERIAL: Acero laminado al caliente	CODIGO ME-1
MFC	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:	CODIGO ME-1
G.A.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:	CODIGO ME-1
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				ESCALA: 1:5	A4

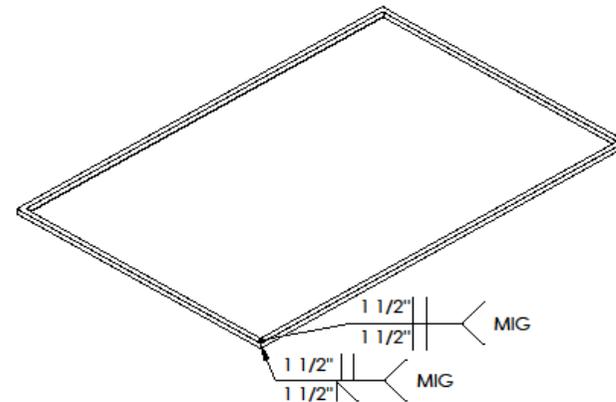
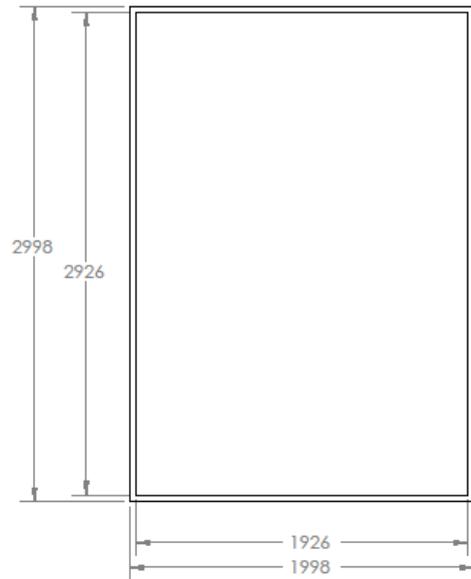
PLANO BASE DE LA CABINA

VISTAS EXTERNAS

VISTA DE PLANTA

VISTA LATERAL DERECHA

VISTA ISOMETRICA



VISTA FRONTAL

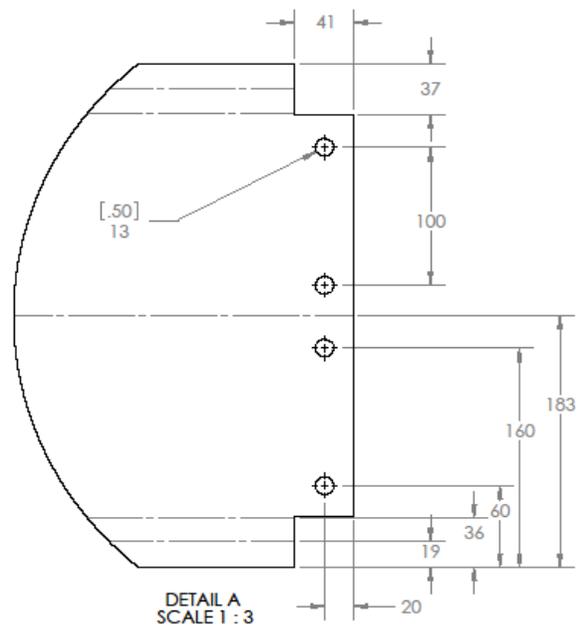
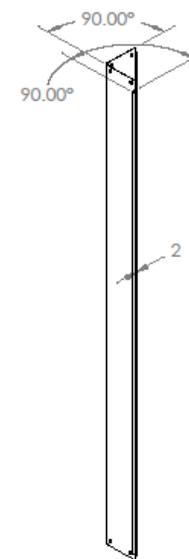
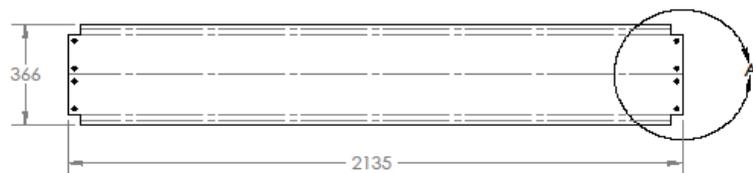


 Universidad San Francisco de Quito		CLIENTE:  AICO Engineering
DESEÑADO: S.H. J.B.	FIRMA:	FECHA: 14/06/12
REVISO: C.C.	FECHA: 14/06/12	UNIDAD: mm
APROBADO: C.C.	FECHA: 14/06/12	TOLERANCIA: +/- 2 mm
MFG: G.A.	MATERIAL: Tubo Estructural cuadrado negro	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado
CODIGO: ME-2	ESCALA: 1:25	CONTENIDO: Vistas externas base
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014	A4	

PARANTE PRINCIPAL CABINA DE FOSFATIZADO
VISTAS INTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA



 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatizado	
DIBUJADO: S.H. J.B	FIRMA:	FECHA: 16/08/2012	UNIDAD: mm	CONTENIDO: VISTAS INTERNAS PARANTE PRINCIPAL	
REVISO: C.C	FIRMA:	FECHA: 16/08/2012	TOLERANCIA: ±/- 2mm	CODIGO: ME-3	
APROB: C.C	FIRMA:	FECHA:	MATERIAL: Acero Inox. 2mm	ESCALA: 1:15	
MFG:	FIRMA:	FECHA:	MATERIAL:	A4	
G.A:	FIRMA:	FECHA:	MATERIAL:	ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014	

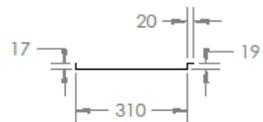
PAREDES INTERNAS PARED FRENTE Y ATRAS

VISTAS INTERNAS

VISTAS DE PLANTA

VISTA ISOMETRICA

VISTA FORMATO PLANCHA



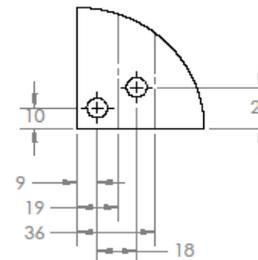
VISTA FRONTAL



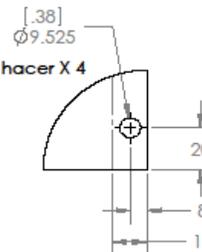
NOTA: LAS DISTANCIAS DE LOS DOBLES DE LOS TRES TIPOS DE PAREDES SON IGUALES.



DETAIL F SCALE 1 : 2



DETAIL G SCALE 1 : 2



Cantidad por hacer X 4
SCALE 1:20

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DIBUJADO: S.H, J.B REVISO: C.C APROB: C.C MFG: G.A.	NOMBRE: FIRMA: FECHA: 23/10/2012	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	CONTENIDO: Puerta interna pared frente y atrás		
MATERIAL: Acero Inox. 1 mm			CODIGO: ME-4	A4	
ORDEN No.: JOB - 2012 - POI - 014			ESCALA: 1:10		

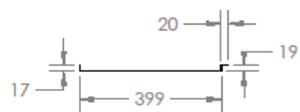
PAREDES INTERNAS MEDIO

VISTAS INTERNAS

VISTAS DE PLANTA

VISTA ISOMETRICA

VISTA FORMATO PLANCHA



VISTA FRONTAL



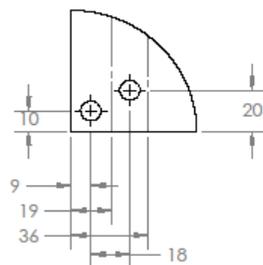
NOTA: LAS DISTANCIAS DE LOS DOBLECES DE LOS TRES TIPOS DE PAREDES SON IGUALES.



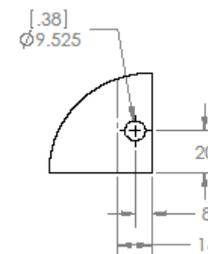
Cantidad por hacer X 7

SCALE 1:20

DETAIL F
SCALE 1 : 2



DETAIL G
SCALE 1 : 2



 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DISEÑADO: S.H. J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MFG: G.A.	FIRMA: 	FECHA: 23/10/2012 23/10/2012 23/10/2012	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado CONTIENE: Puerta interna pared medio	
MATERIAL: Acero Inox. 1 mm				CODIGO: ME-5	A4
ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014				ESCALA: 1:10	

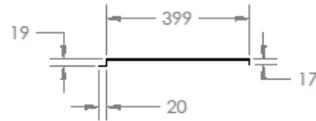
PAREDES INTERNAS CABINA LADO IZQUIERDO

VISTAS INTERNAS

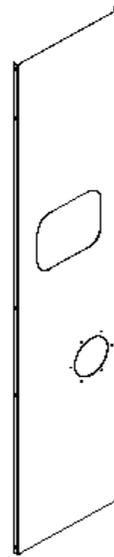
VISTAS DE PLANTA

VISTA ISOMETRICA

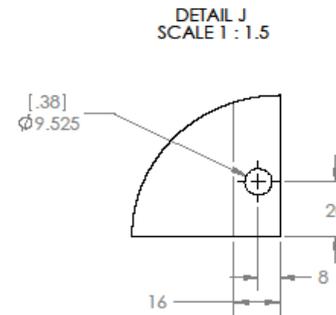
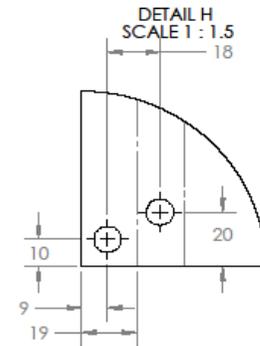
VISTA FORMATO PLANCHA



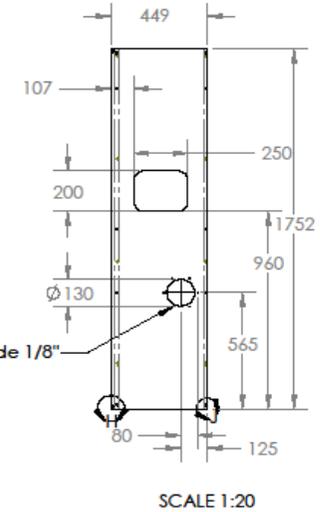
VISTA FRONTAL



NOTA: LAS DISTANCIAS DE LOS DOBLES DE LOS TRES TIPOS DE PAREDES SON IGUALES.



Bridas: 6 orificios de 1/8"

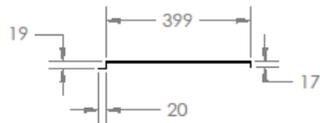


 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DISEÑADO: S.H., J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MPG G.L.A.	FIRMA: _____ FECHA: 23/10/2012	UNIDAD: mm TOLERANCIA: ± 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado		
MATERIAL: Acero Inox. 1 mm			CONTENIDO: Puerta interna ventana izquierda		
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014			PLANO No.: ME-6		A4
ESCALA: 1:30					

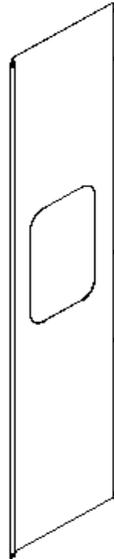
PAREDES INTERNAS CABINA CENTRO

VISTAS INTERNAS

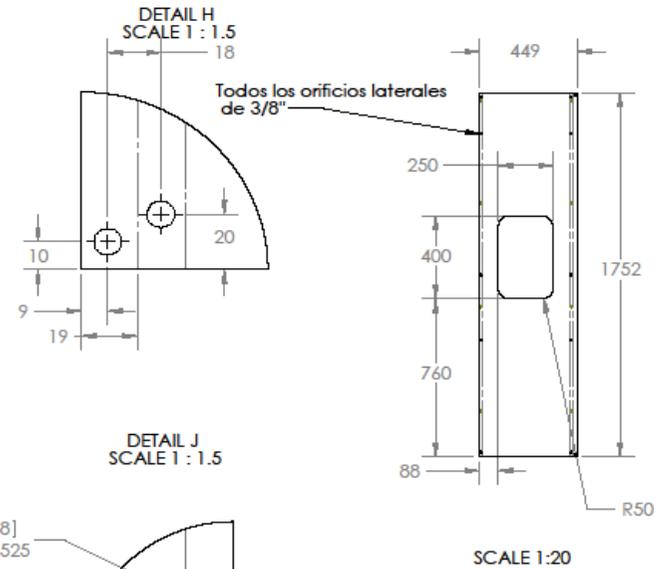
VISTAS DE PLANTA



VISTA ISOMETRICA



VISTA FORMATO PLANCHA



VISTA FRONTAL



NOTA: LAS DISTANCIAS DE LOS DOBLECES DE LOS TRES TIPOS DE PAREDES SON IGUALES.

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DISEÑADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	UNIDAD	mm
REVISO	C.C		23/10/2012	TOLERANCIA	±/- 2 mm
APROB	C.C		23/10/2012		
MFG				MATERIAL:	
G.A				Acero Inox. 1 mm	
PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado				PLANO No.: ME-7	
CONTENE: Puerta interna ventana centro				A4	
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				ESCALA: 1:10	

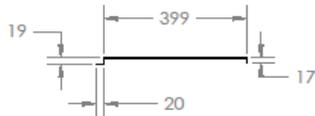
PAREDES INTERNAS CABINA LADO DERECHO

VISTAS INTERNAS

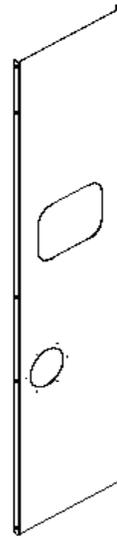
VISTAS DE PLANTA

VISTA ISOMETRICA

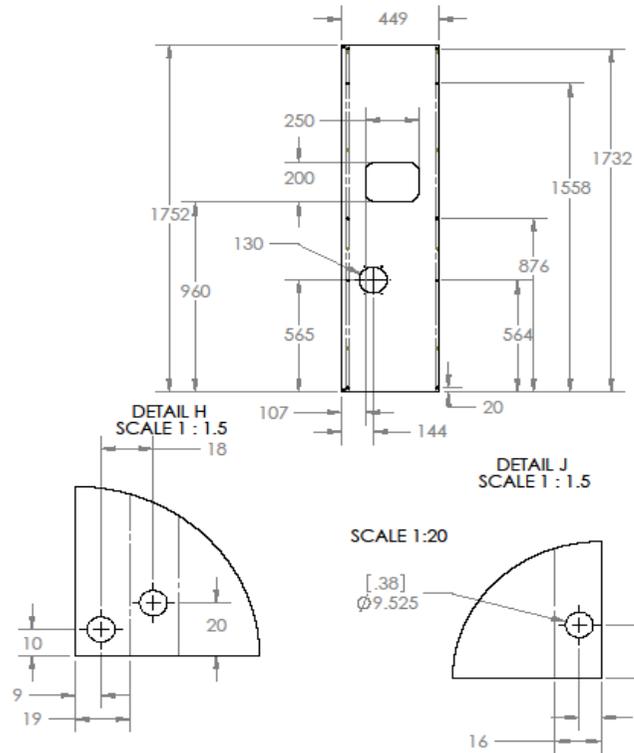
VISTA FORMATO PLANCHA



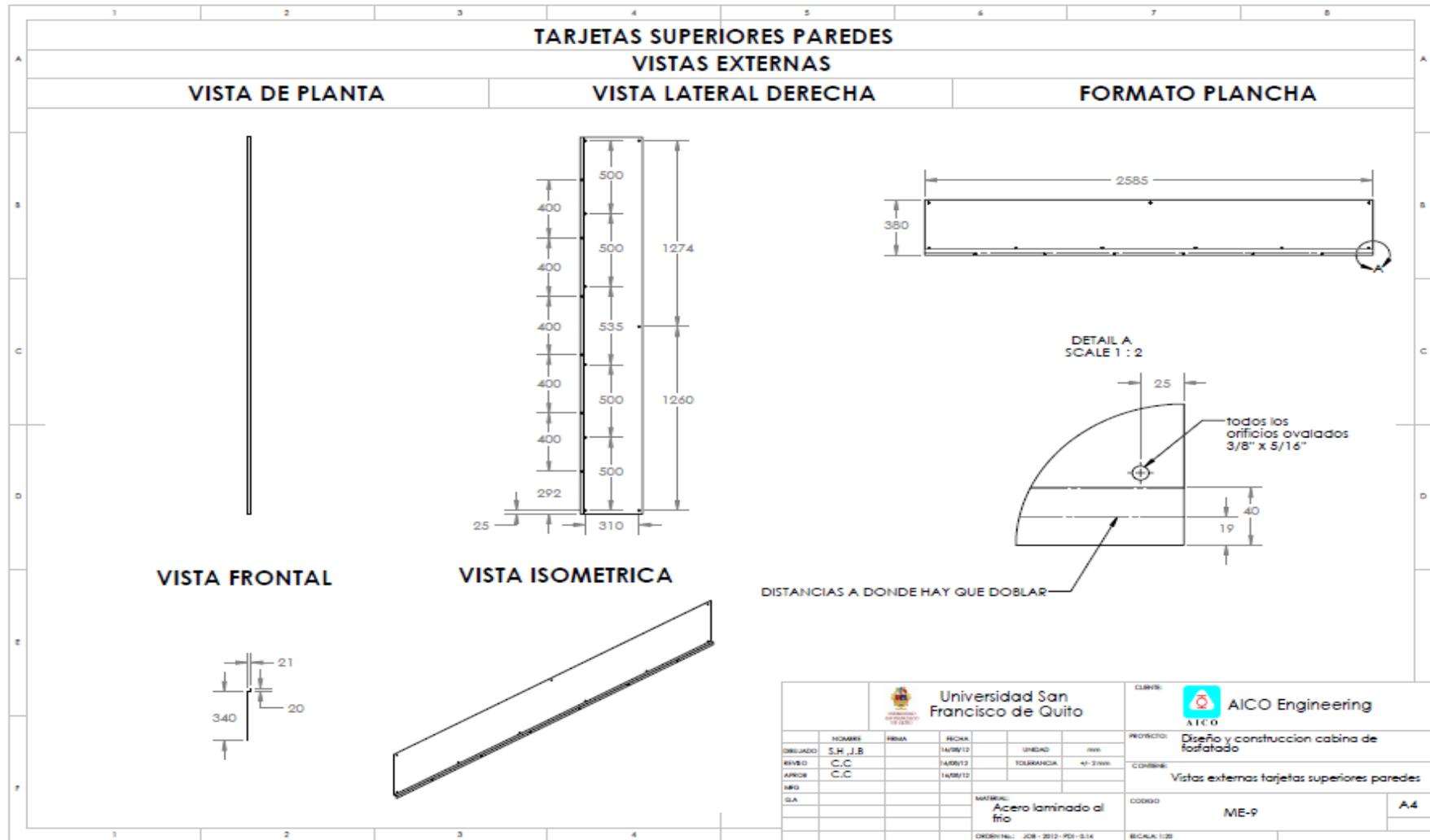
VISTA FRONTAL



NOTA: LAS DISTANCIAS DE LOS DOBLECES DE LOS TRES TIPOS DE PAREDES SON IGUALES.



 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DISEÑADO: S.H., J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MFG: Q.A.	NOMBRE: FIRMA: FECHA: 23/10/2012	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	CONTENIDO: Puerta interna ventana derecha	
MATERIAL: Acero Inox. 1 mm			PLANO No.: ME-8	A4	
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014			ESCALA: 1:10		



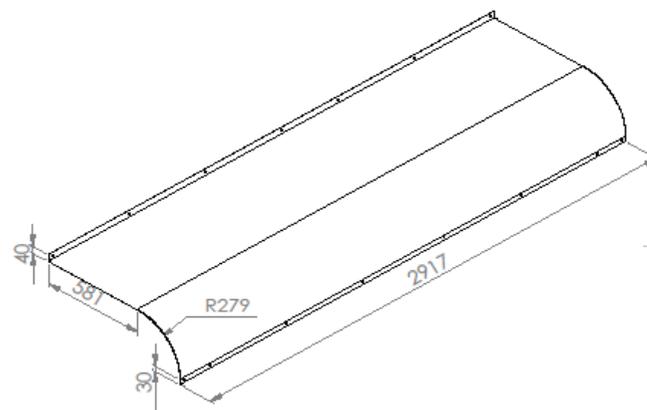
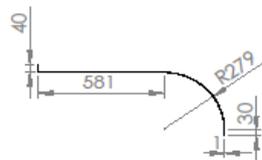
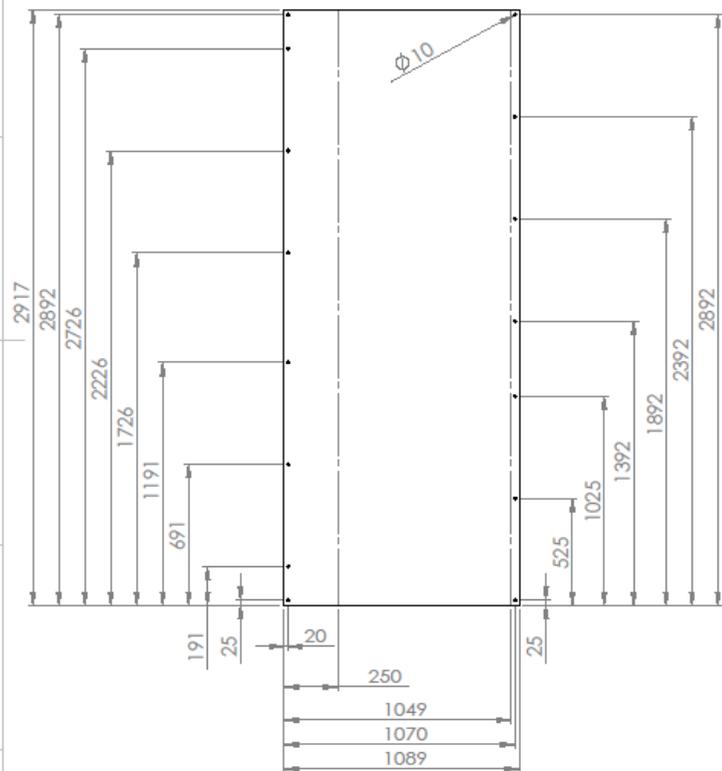
TECHO CURVO

VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA FRONTAL

VISTA ISOMETRICA

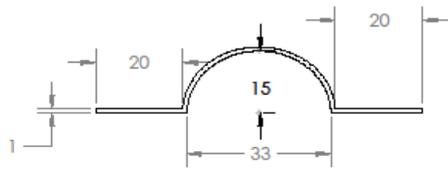


 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering AICO	
				PROYECTO: CABINA DE FOSFATADO	
DIBUJADO: S.H., J.B.	FIRMA:	FECHA: 14/08/12	UNIDAD: mm	CONTENIDO:	
REVISO: C.C.	APROB: C.C.	FECHA: 14/08/12	TOLERANCIA: +/-2mm	TECHO CURVO	
MFC:	MFC:	MFC:	MATERIAL:	PLANO No.:	A4
G.A.	G.A.	G.A.	ACERO INOX. 1mm	ME-10	ESCALA: 1:20
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014			ESCALA: 1:20	PAG.	

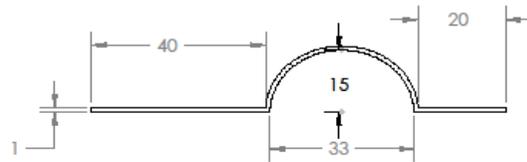
VISTAS Y ENSAMBLE DE LAS ABRAZADERAS CONJUNTO PARED / TUBERIA

VISTAS EXTERNAS

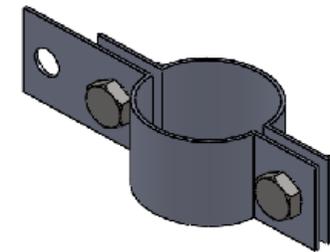
VISTA FRONTAL



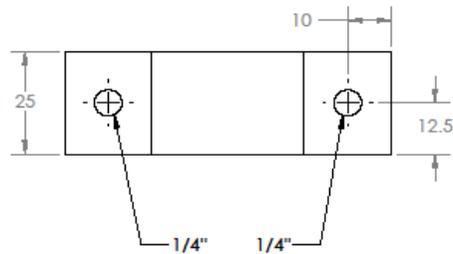
VISTA FRONTAL



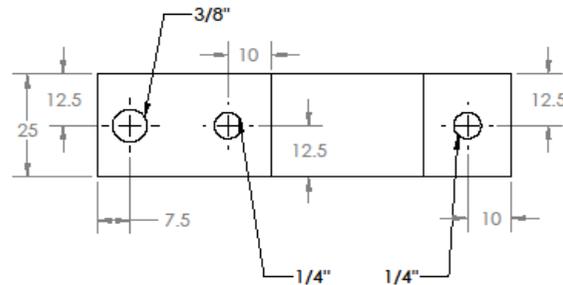
ENSAMBLE ABRAZADERA



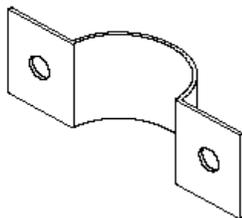
VISTA DE PLANTA



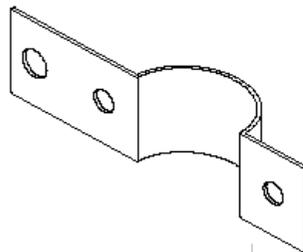
VISTA PLANTA



VISTA ISOMETRICA



VISTA ISOMETRICA

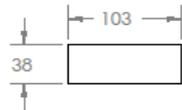


 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering AICO	
DISEÑADO	NOMBRE	FECHA	UNIDAD	PROYECTO:	
REVISO	C.C	16/06/12	mm	Diseño y construcción cabina de fosfatado	
APROB	C.C	16/06/12	TOLERANCIA	CONTENE:	
MFG				Vistas externas abrazaderas	
G.A.			MATERIAL:	CODIGO:	
			Acero Inox. 1 mm	ME-11	
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				ESCALA: 2:1	
				A4	

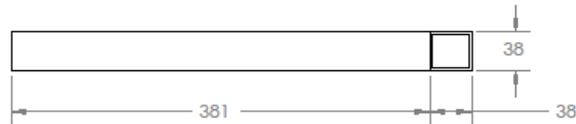
SOPORTES ESQUINEROS CABINA

VISTAS EXTERNAS

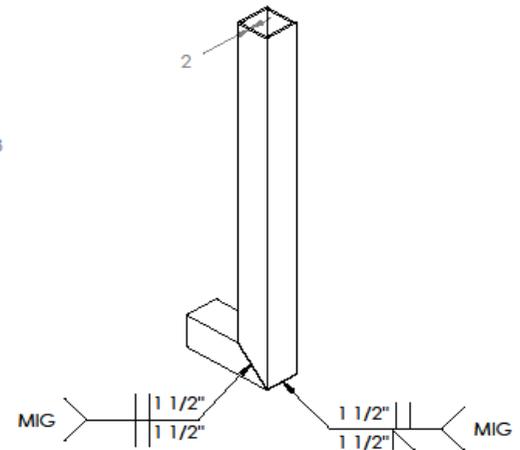
VISTA INFERIOR



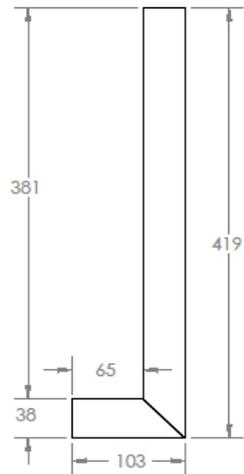
VISTA LATERAL DERECHA



VISTA ISOMETRICA



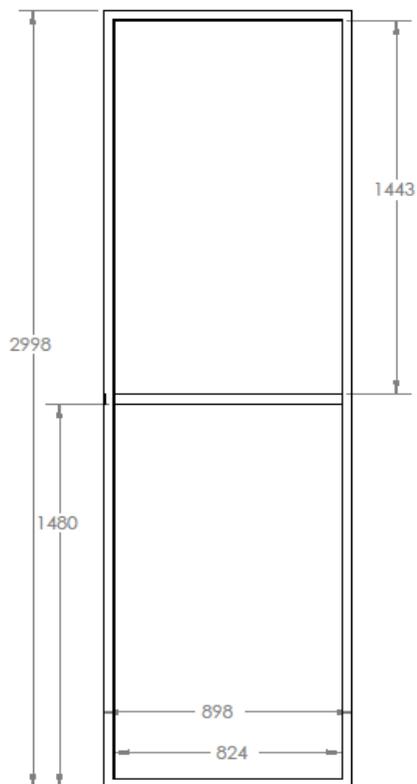
VISTA FRONTAL



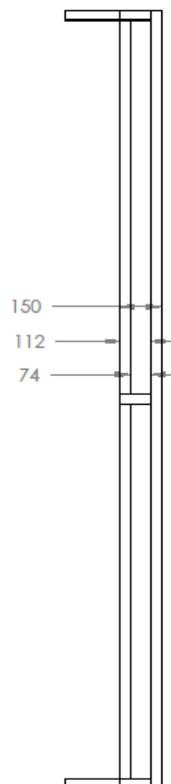
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO: S.H., J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MIG Q.A.	FIRMA: _____ _____ _____	FECHA: 16/08/12 16/08/12 16/08/12	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado CONTENIDO: Vistas externas soportes centrales cabina	
MATERIAL: Tubo estructural cuadrado negro				CODIGO: ME-12	A4
ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014				ESCALA: 1:1	

ESTRUCTURA TECHO DE LA CABINA DE FOSFATIZADO
VISTAS EXTERNAS

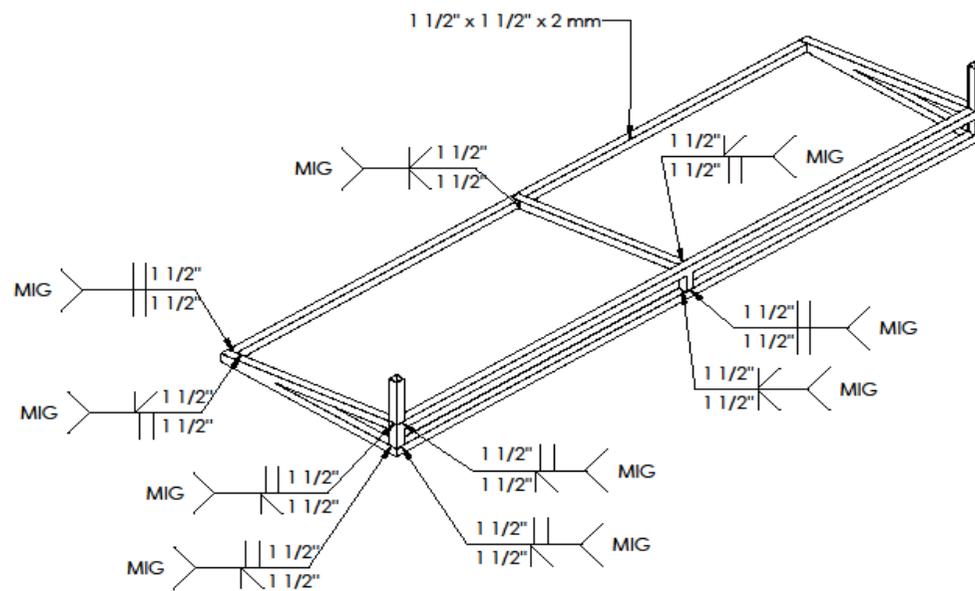
VISTA DE PLANTA



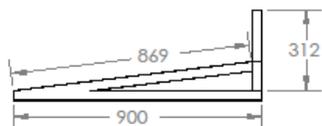
VISTA LATERAL DERECHA



VISTA ISOMETRICA



VISTA FRONTAL



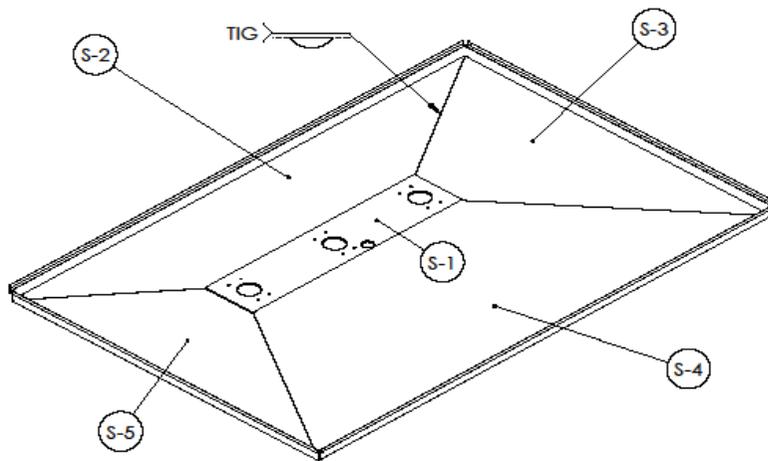
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	UNIDAD	mm
REVISO	C.C		16/08/2012	TOLERANCIA	+/- 2 mm
APROB	C.C		16/08/2012		
MFG				MATERIAL:	
QA				Tubo estructural cuadrado negro	
PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado				CODIGO: MT-13 / MT-14	
CONTENIDO: VISTAS EXTERNAS TECHO CABINA				A4	
ORDEN No.: JOB - 2012 - PD1 - 014				ESCALA: 1:25	

SUMIDERO MONTAJE

VISTAS EXTERNAS

VISTA ISOMETRICA

PARTES



CODIGO	NOMBRE	DESCRIPCION
S-1	BASE	Plancha de acero inoxidable de 8mm de espesor
S-2	PLANCHA A	Plancha de acero inoxidable de 1.5mm de espesor
S-3	PLANCHA B	Plancha de acero inoxidable de 1.5mm de espesor
S-4	PLANCHA C	Plancha de acero inoxidable de 1.5mm de espesor
S-5	PLANCHA D	Plancha de acero inoxidable de 1.5mm de espesor

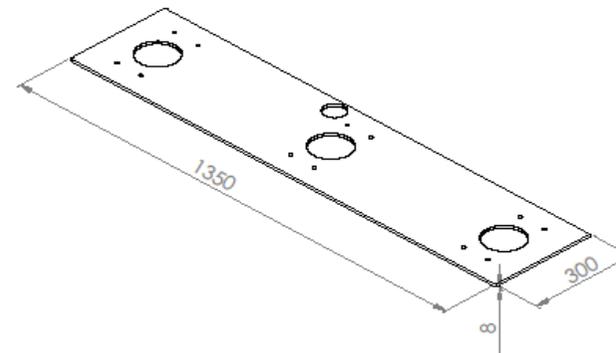
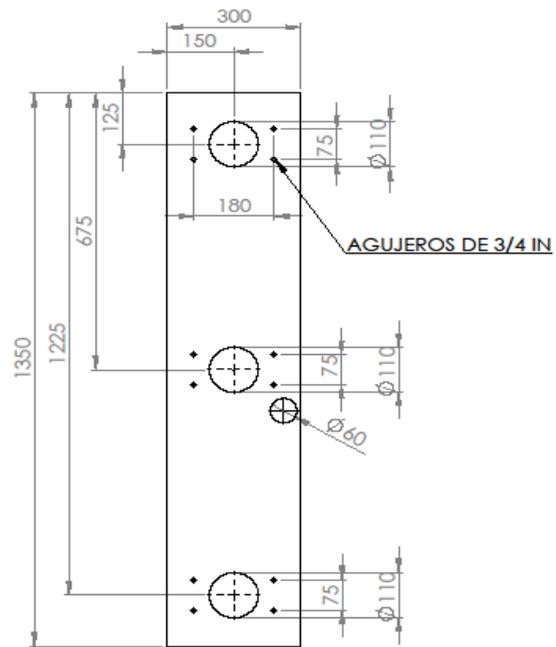
S-XX = SUMIDERO - XX

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado				CONTENIDO: SUMIDERO PARTES	
DISEÑADO: S.H., J.B. REVISÓ: C.C. APROBÓ: C.C. MFG: QLA:	FIRMA: 	FECHA: 16/08/12 16/08/12 16/08/12	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	MATERIAL: ACERO INOX.	PLANO No.: PL-CLF-M-VE
ORDEN No.: JOB - 2012 - PDR - 014				ESCALA: 1:20	A4

BASE SUMIDERO
VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA



 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering AICO	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DISEÑADO: S.H., J.B.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	UNIDAD: mm	CONTENIDO: BASE SUMIDERO
REVISO: C.C.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	TOLERANCIA: ± 2 mm	PLANO No.: S1
APROB. C.C.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	MATERIAL: ACERO INOX.	ESCALA: 1:10
MFG.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	MATERIAL:	PLANO No.: S1
Q.A.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	MATERIAL:	PLANO No.: S1
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				ESCALA: 1:10	

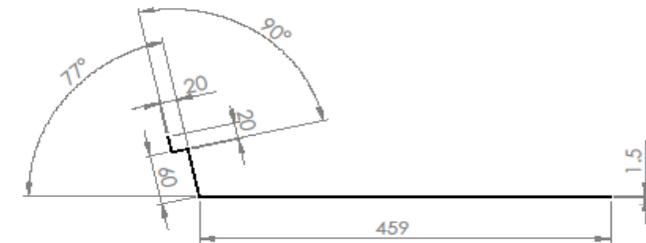
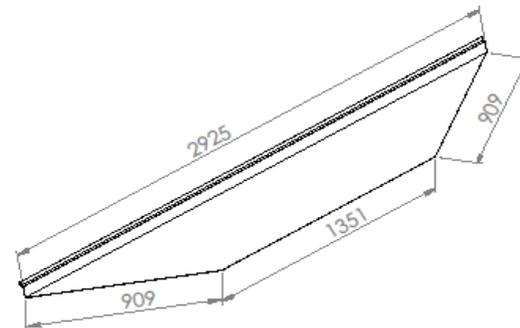
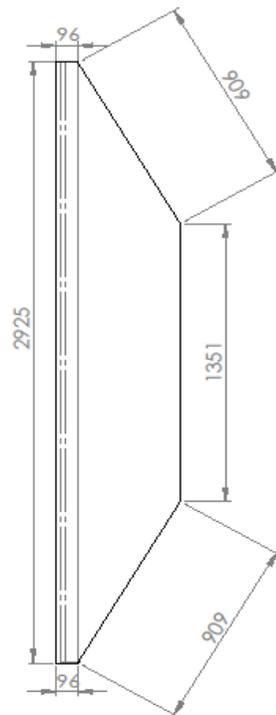
PLANCHA A SUMIDERO

VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA

VISTA FRONTAL



ESCALA 1:5

 Universidad San Francisco de Quito		CLIENTE:  AICO Engineering		
		PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado		
DEBUCADO: S.H. J.B	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	UNIDAD: mm
REVISO: C.C	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	TOLERANCIA: +/- 2 mm
APROB: C.C	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	CONTENIDO: BASE SUMIDERO
MFG:	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	PLANO No.: S2
Q.A:	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	ESCALA: 1:20
MATERIAL: ACERO INOX.				A4
ORDEN No.: JOB-2012-PDR-014				ESCALA: 1:20

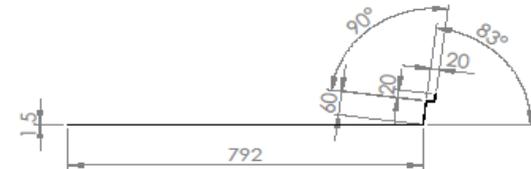
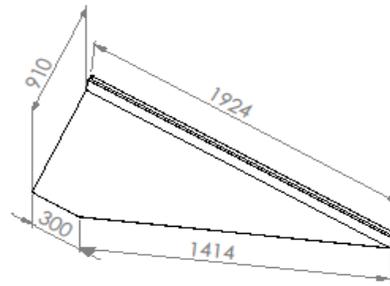
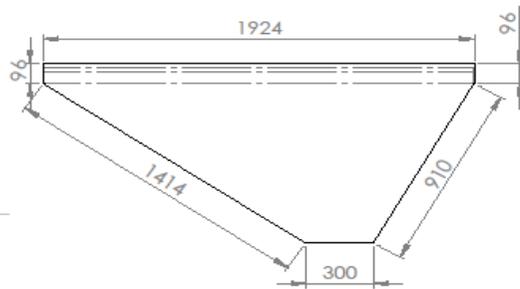
PLANCHA B SUMIDERO

VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA

VISTA LATERAL IZQUIERDA



ESCALA 1:10

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO: S.H. J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MFG: QLA:	NOMBRE: FIRMA:	FECHA: 16/06/12 16/06/12 16/06/12	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado CONTENIDO: BASE SUMIDERO	
MATERIAL: ACERO INOX.				PLANO No.: S3	A4
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				ESCALA: 1:20	

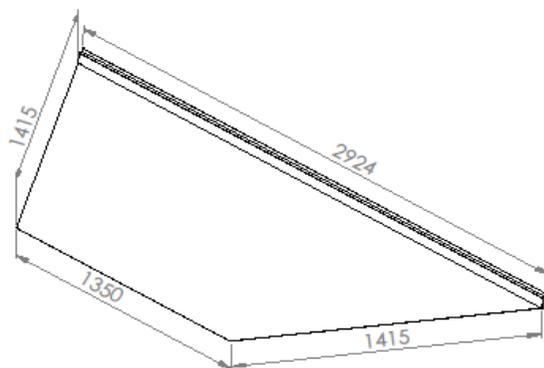
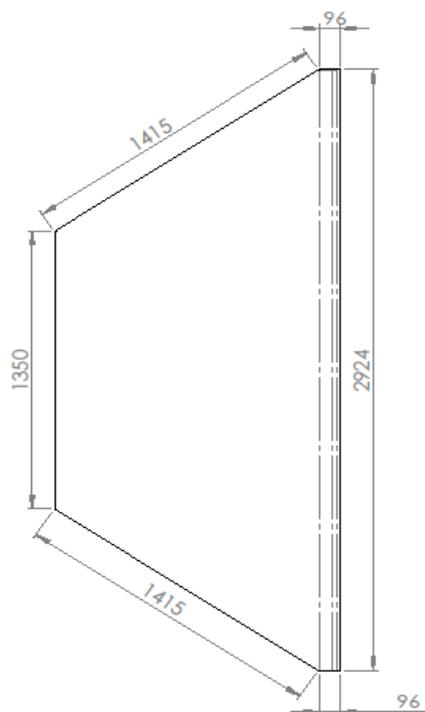
PLANCHA C SUMIDERO

VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA

VISTA FRONTAL



ESCALA 1:10

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	UNIDAD	mm
REVISO	S.H. J.B		14/08/12		
APROB	C.C		14/08/12	TOLERANCIA	+/- 2mm
IMP	C.C		14/08/12		
QA					
MATERIAL:				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
ACERO INOX.				CONTIENE: BASE SUMIDERO	
ORDEN No.: JOB-2012-POI-014				PLANO No.:	S4
				ESCALA:	1:20
					A4

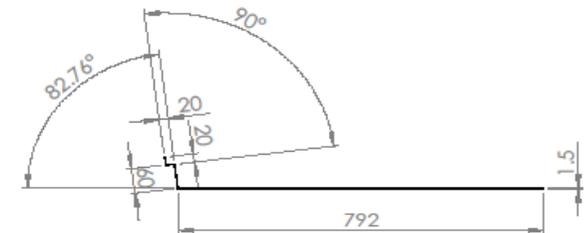
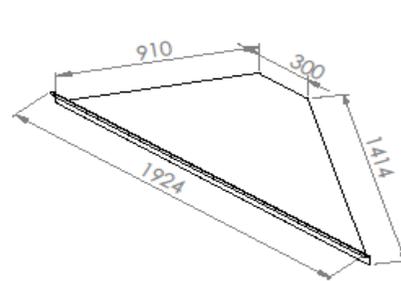
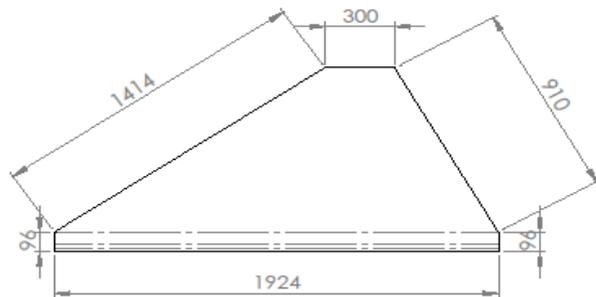
PLANCHA D SUMIDERO

VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA

VISTA LATERAL DERECHA



ESCALA 1:10

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	UNIDAD	mm
REVISO	C.C		14/08/12	TOLERANCIA	±0.2 mm
APROB	C.C		14/08/12		
ING					
QA					
				MATERIAL: ACERO INOX.	
				ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014	
				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
				CONTIENE: BASE SUMIDERO	
				PLANO No.: S5	
				A4	
				ESCALA: 1:20	

PUERTAS Y SUS ELEMENTOS

VISTAS EXTERNAS

VISTA ISOMETRICA

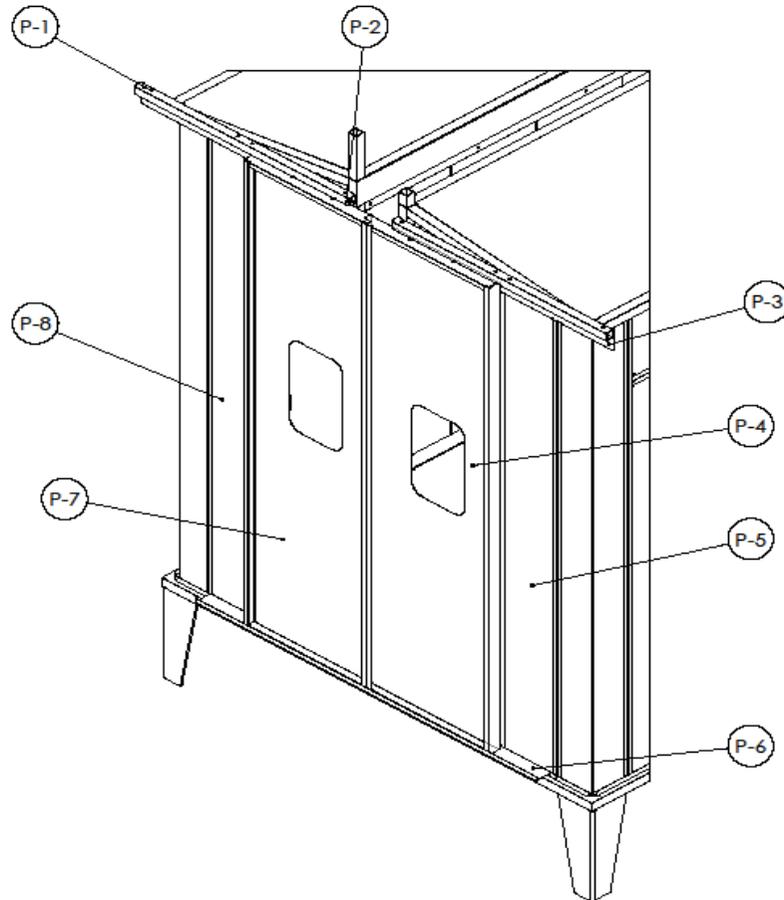


TABLA DE CONTENIDOS

CODIGO	NOMBRE	DESCRIPCION	CANTIDAD**
P-1	Soporte superior 1	Plancha de acero inoxidable de 1.5mm de espesor en forma de Z	2
P-2	Riel	Cuadrada 33x33mm comprada en Edimca	4
P-3	Soporte superior 2	Plancha de acero inoxidable de 1.5mm de espesor en forma de Z	2
P-4	Puerta 1	Plancha de acero inoxidable de 1mm de espesor	2
P-5	Pared puerta 1	Plancha de acero inoxidable de 1mm de espesor	2
P-6	Soporte inferior	Plancha de acero inoxidable de 2mm de espesor en forma de Z	2
P-7	Puerta 2	Plancha de acero inoxidable de 1mm de espesor	2
P-8	Pared puerta 2	Plancha de acero inoxidable de 1mm de espesor	2

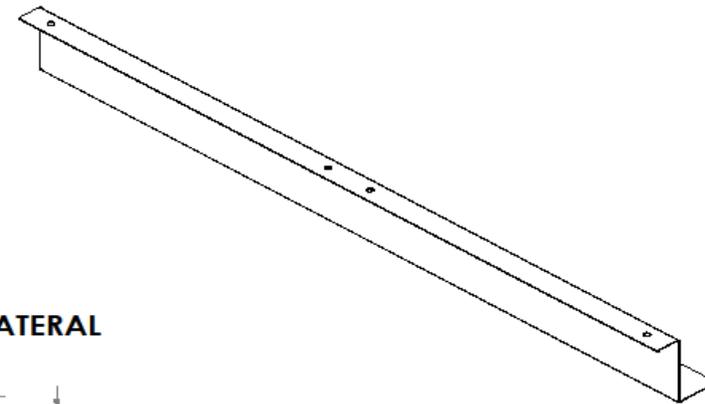
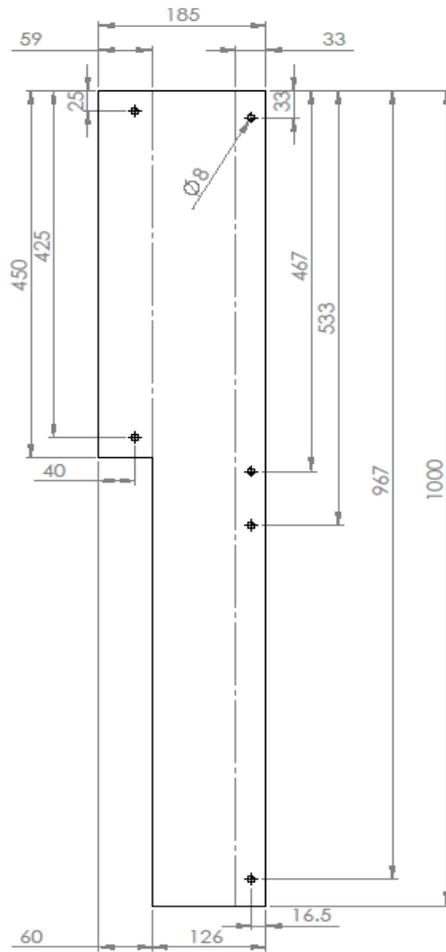
**No todas las partes son mostradas en el dibujo. La cantidad mostrada incluye los elementos de las puertas al otro lado de la cabina.

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO: S.H., J.B. FECHA: 14/08/12				PROYECTO: CABINA DE FOSFATADO	
REVISO: C.C. FECHA: 14/08/12				CONTENIDO: PUERTAS Y SUS ELEMENTOS	
APROB: C.C. FECHA: 14/08/12				PLANO No.: PL-CLF-M-VE	
MFG:				UNIDADES: mm	
G.A.				ESCALA: 1:20	
MATERIAL:				PAG.	
ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 0.14					

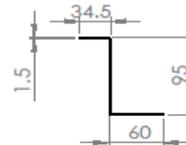
SOPORTE SUPERIOR 1
VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA



VISTA LATERAL



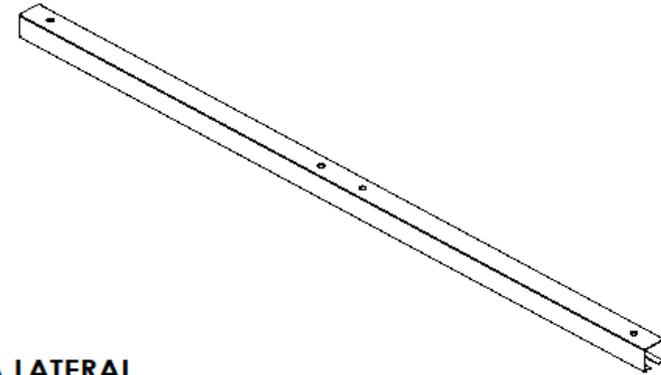
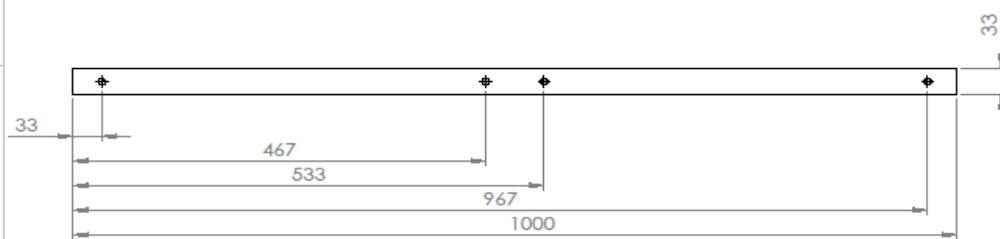
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado.	
DIBUJADO: S.H.J.B	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	UNIDAD: mm	CONTENIDO: SOPORTE SUPERIOR 1	
REVISO: C.C	FECHA: 16/08/12	TOLERANCIA: +/- 2 mm	MATERIAL: ACERO INOX. 1.5mm		
APROB: C.C	FECHA: 16/08/12	PLANO No.: P1			A4
MFC:	MATERIAL: ACERO INOX. 1.5mm			ESCALA: 1:5	
G.A:	ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014			ESCALA: 1:5	

RIEL SUPERIOR PUERTAS

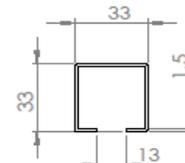
VISTAS EXTERNAS

VISTA SUPERIOR

VISTA ISOMETRICA



VISTA LATERAL



ESCALA 1:2

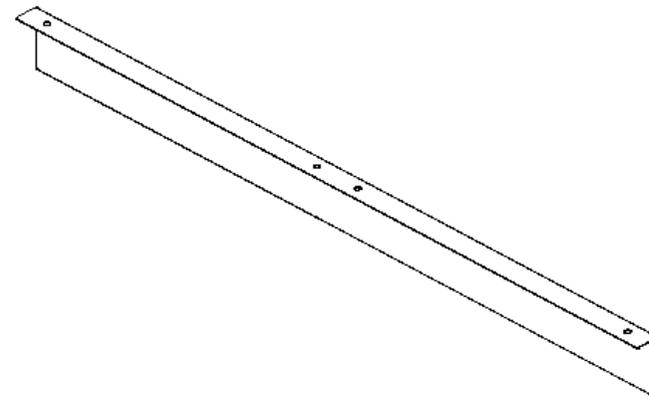
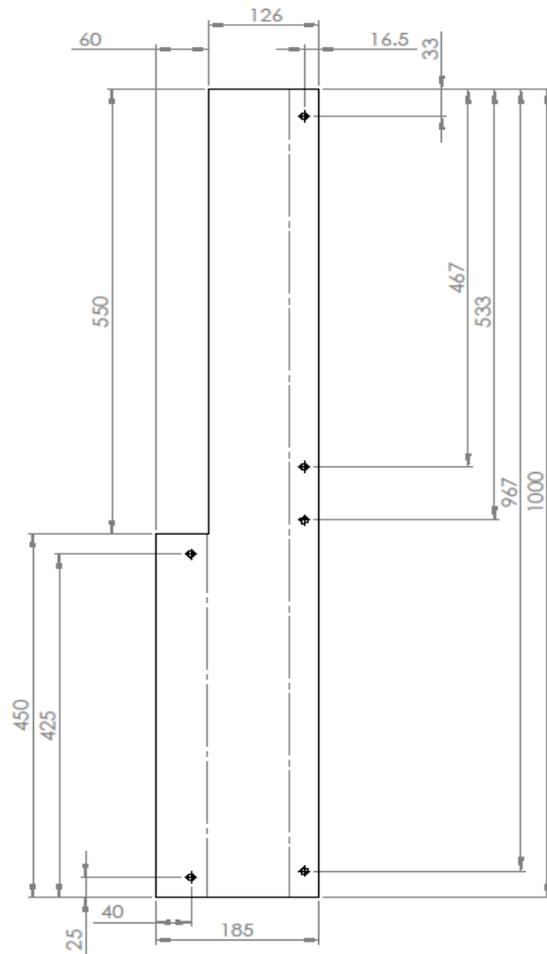
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DISEÑADO: S.H., J.B. FECHA: 16/06/12 UNIDAD: mm				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
REVISO: C.C. FECHA: 16/06/12 TOLERANCIA: +/- 2 mm				CONTENIDO: RIEL EDIMCA	
APROB: C.C. FECHA: 16/06/12				PLANO No.: P2	
MFG:				ESCALA: 1:5	
Q.A.				A4	
MATERIAL: Acero zincado				ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014	

SOPORTE SUPERIOR 2

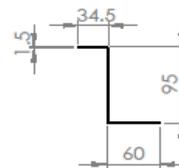
VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA



VISTA LATERAL



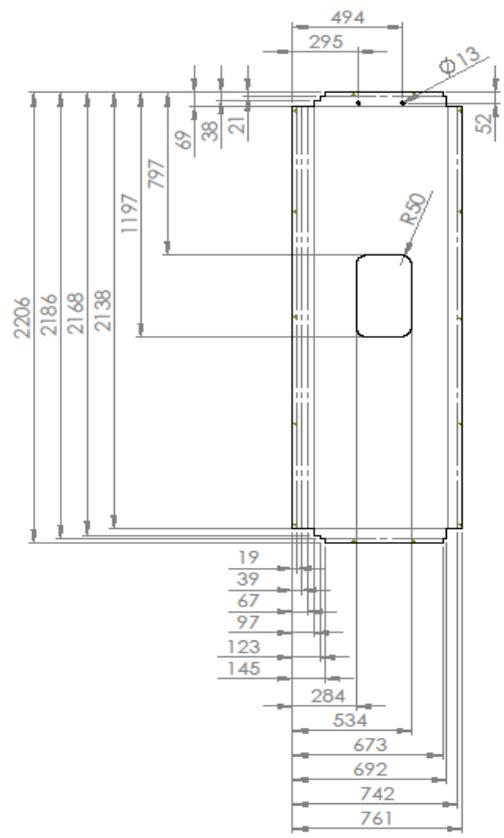
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DISEÑADO REVISO APROB. MFG Q.A.	NOMBRE S.H. J.B C.C C.C	FIRMA 	FECHA 16/01/12 16/01/12 16/01/12	UNIDAD mm TOLERANCIA +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado
				CONTENIDO: SOPORTE SUPERIOR 2	
				MATERIAL: ACERO INOX. 1.5mm	PLANO No.: P3
				ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014	ESCALA: 1:5
					A4

PUERTA LADO DERECHO

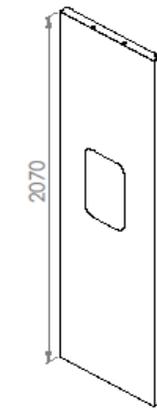
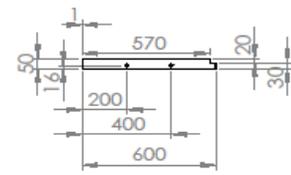
VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA



VISTA SUPERIOR



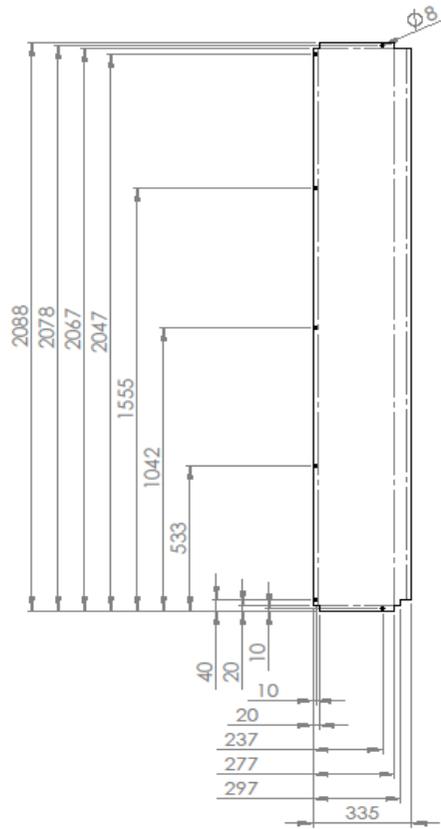
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DISEÑADO: S.H. J.B.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	UNIDAD: mm	CONTENIDO: PUERTA LADO DERECHO
REVISO: C.C.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	TOLERANCIA: +/- 2 mm	CODIGO: P4
APROB: C.C.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	MATERIAL: acero inox. 1mm	A4
MFG:	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014	ESCALA: 1:20
QA:	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	MATERIAL:	ESCALA:

PARED PUERTA LADO DERECHO

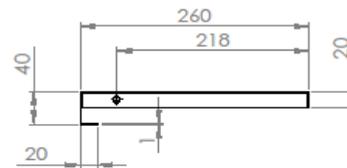
VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA



VISTA SUPERIOR



ESCALA 1:5



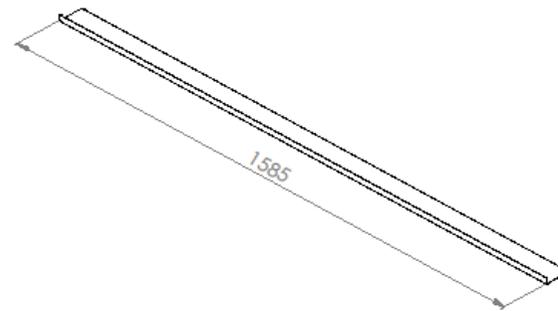
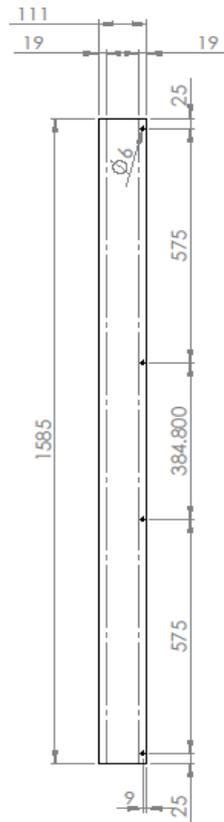
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatizado	
DIBUJADO: S.H. J.B.	NOMBRE: S.H. J.B.	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	UNIDAD: mm	TOLERANCIA: +/- 2 mm
REVISO: C.C.	APROB: C.C.	MFG:	G.A:	MATERIAL: ACERO INOX. 1mm	
				CODIGO: P5	A4
ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014				ESCALA: 1:15	

PERFIL TIPO Z INFERIOR

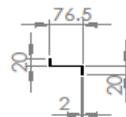
VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA



VISTA LATERAL

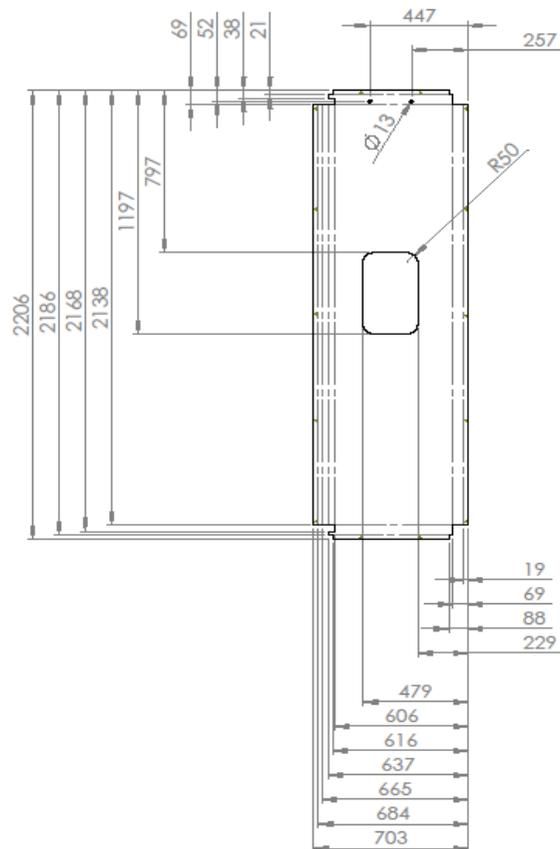


 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DIBUJADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	UNIDAD	mm
REVISO	C.C		16/08/12	TOLERANCIA	±/- 2 mm
APROB	C.C		16/08/12		
WFG					
QA					
				MATERIAL:	
				ACERO INOX. 2mm	
				PLANO No.: P6	
				A4	
ORDEN No.: JOB-2012-PDR-0.14				ESCALA: 1:10	

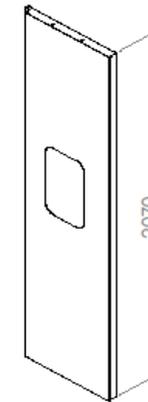
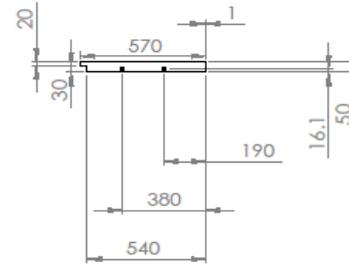
PUERTA LADO IZQUIERDO
VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

VISTA ISOMETRICA



VISTA SUPERIOR



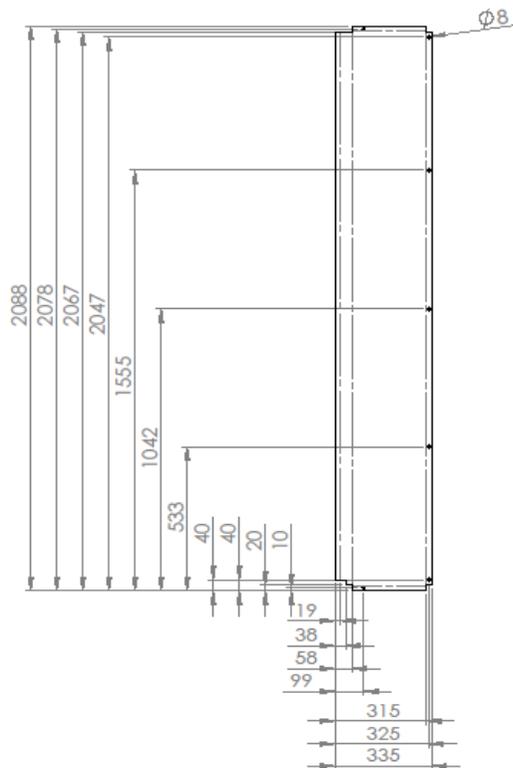
 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DISEÑADO: S.H., J.B.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 14/06/12	UNIDAD: mm	CONTENIDO: PUERTA LADO IZQUIERDO
REVISO: C.C.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA: 14/06/12	TOLERANCIA: +/- 2 mm	
APROB: C.C.	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	TOLERANCIA:	
MEC:	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	TOLERANCIA:	
QA:	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:	TOLERANCIA:	
MATERIAL: ACERO INOX. 1mm				CODIGO: P7	A4
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				ESCALA: 1:20	

PARED PUERTAS LADO IZQUIERDO

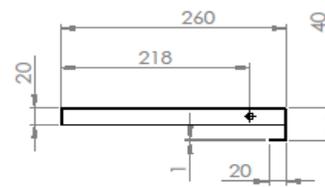
VISTAS EXTERNAS

VISTA FORMATO PLANCHA

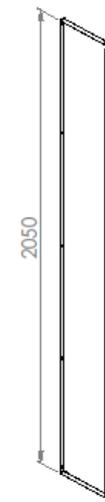
VISTA ISOMETRICA



VISTA SUPERIOR



ESCALA 1:5



 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
DIBUJADO: S.H. J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. IPIG: GLA:				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado CONTENIDO: PARED PUERTA 1	
FECHA: 16/08/12 UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2mm				MATERIAL: ACERO INOX. 1mm CODIGO: P8	
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				ESCALA: 1:20	
					A4

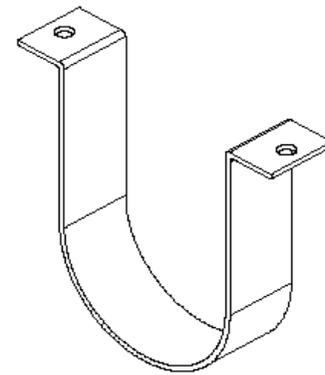
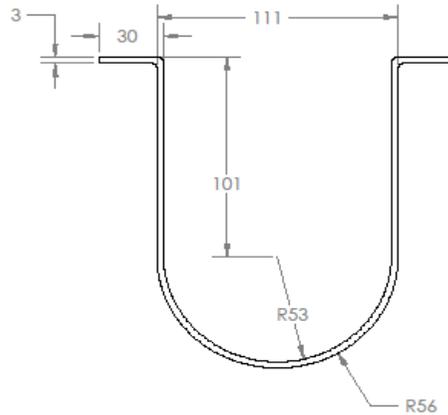
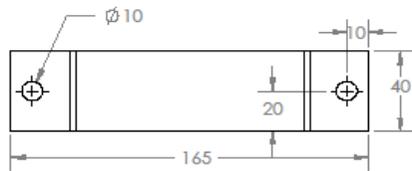
ABRAZADERAS Y TAPAS ACTUADORES VALVULA DE BOLA

VISTAS EXTERNAS ACTUADOR VALVULA DE BOLA

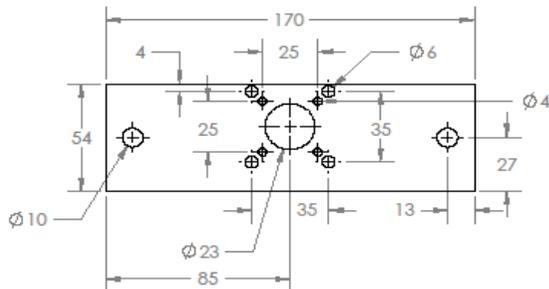
VISTA DE PLANTA

VISTA FRONTAL

VISTA ISOMETRICA



VISTA PLANTA TAPA

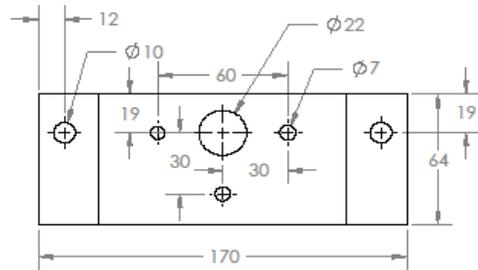


 Universidad San Francisco de Quito		CLIENTE:  AICO Engineering	
		PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DIBUJADO: S.H., J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MEG: GLA:	NOMBRE: FIRMA: FECHA: 16/08/2012	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	CONTIENE: VISTAS EXTERNAS ABRAZADERAS VALVULA DE BOLA PLANO No.: PL-CLF-M-VE ESCALA: 1:2
MATERIAL: Acero Inox. y Aluminio de 3 mm		ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014	A4

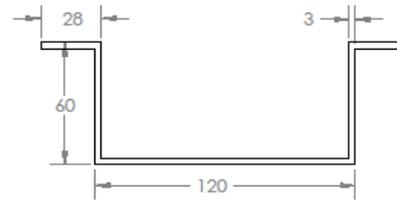
ABRAZADERAS Y TAPAS ACTUADORES VALVULA DE MARIPOSA

VISTAS EXTERNAS

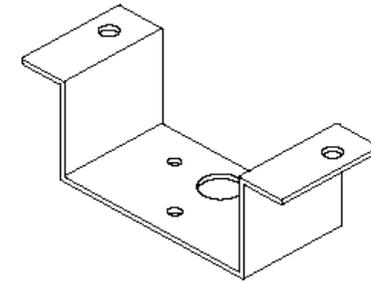
VISTA DE PLANTA



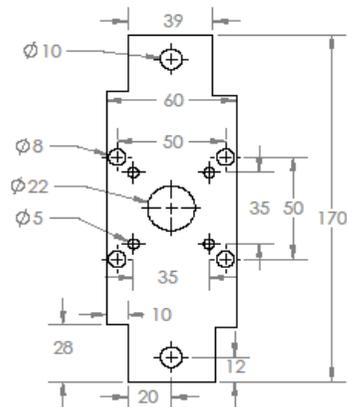
VISTA FRONTAL



VISTA ISOMETRICA



VISTA PLANTA TAPA

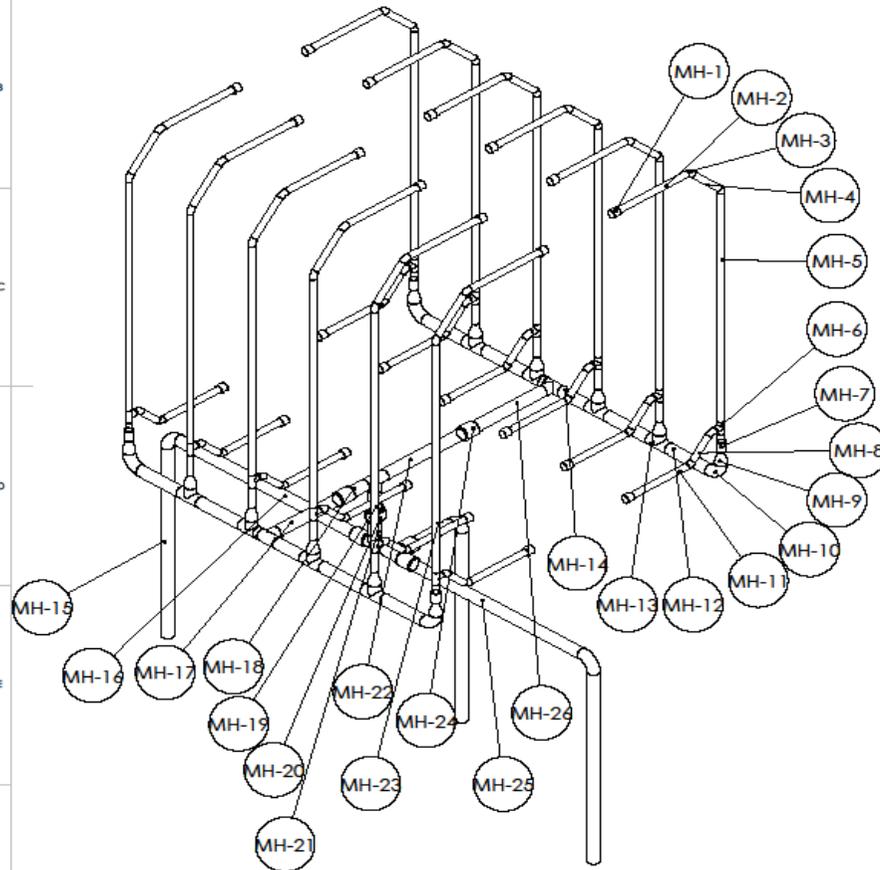


 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DIBUJADO	S.H., J.B.	FECHA	14/08/2012	UNIDAD	mm
REVISO	C.C.	FECHA	14/08/2012	TOLERANCIA	± 0.2 mm
APROB.	C.C.	FECHA	14/08/2012		
MFG.					
QA.					
MATERIAL: Acero Inox. y Aluminio de 3 mm				PLANO No.: PL-CLF-M-VE	A4
ORDEN No.: JOB-2012-POI-014				ESCALA: 1:2	

**MONTAJE TUBERIA
VISTAS EXTERNAS**

VISTA ISOMETRICA

TABLA DE CONTENIDOS



CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TAMANO
MH-1	TAPON 1IN	24	--
MH-2	TUBERIA 1IN	12	480mm
MH-3	CODO 45° DE 1IN	48	--
MH-4	TUBERIA DE 1IN	12	243mm
MH-5	TUBERIA DE 1IN	12	1425mm
MH-6	TEE DE 1IN	12	--
MH-7	REPRESENTACION DE VALVULA DE BOLA 1IN	4	--
MH-8	TUBERIA DE 1IN	12	151mm
MH-9	REDUCTOR DE 2IN A 1IN	12	--
MH-10	CODO 90° DE 2IN	7	--
MH-11	TUBERIA DE 1IN	12	360mm
MH-12	TUBERIA DE 2IN	8	360mm
MH-13	TEE DE 2IN	13	--
MH-14	TUBERIA DE 2IN	2	260mm
MH-15	TUBERIA DE 2IN	3	1200mm
MH-16	TUBERIA DE 2IN	1	1310mm
MH-17	TUBERIA DE 2IN	1	460mm
MH-18	TUBERIA DE 2IN	1	180mm
MH-19	TUBERIA DE 2IN	1	160mm
MH-20	CONEXION UNIVERSAL 2IN	1	--
MH-21	TUBERIA 2IN	1	150mm
MH-22	TUBERIA DE 2IN	1	560mm
MH-23	TUBERIA DE 2IN	1	400mm
MH-24	REPRESENTACION DE VALVULA DE BOLA DE 2IN	5	--
MH-25	TUBERIA DE 2IN	1	1260mm
MH-26	TUBERIA DE 2IN	1	510mm

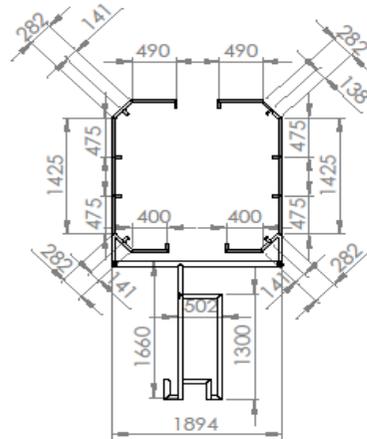
MH = MONTAJE HIDRAULICO

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering AICO	
DESEÑADO: S.H. J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MEG: GLA:	FIRMA: FECHA: 16/08/12 UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado CONTENIDO: MONTAJE TUBERIA			
		MATERIAL: TUBERIA PVC PLEGABLE	PLANO No.: PL-CLF-M-VE	A4	
		ORDEN No.: JOB - 2012 - PDI - 014	ESCALA: 1:20		

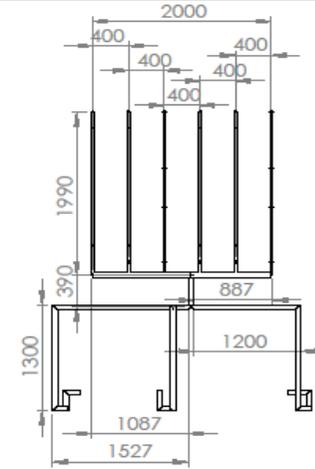
TUBERIA MEDIDAS CON ASPERORES

VISTAS EXTERNAS

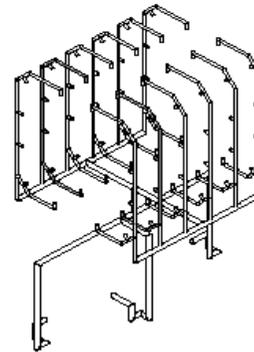
VISTA FRONTAL



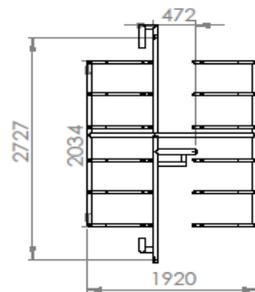
VISTA LATERAL DERECHA



VISTA ISOMETRICA



VISTA SUPERIOR

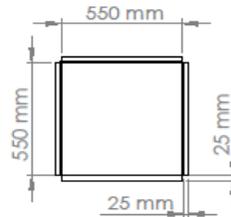


 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering AICB	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DISEÑADO: S.H. J.B.	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	UNIDAD: mm	TOLERANCIA: +/- 2 mm	
REVISO: C.C.	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	CONTENIDO: TUBERIA MEDIDAS CON ASPERORES		
APROB: C.C.	FIRMA:	FECHA: 16/08/12	MATERIAL: TUBERIA PVC PLEGABLE		
MFC:	FIRMA:	FECHA:	PLANO No.: PL-CLF-M-VE		A4
O.A:	FIRMA:	FECHA:	ESCALA: 1:50		ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014

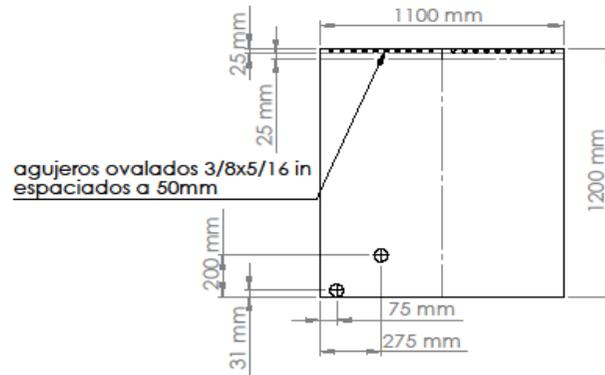
TANQUE CENTRAL

VISTAS EXTERNAS

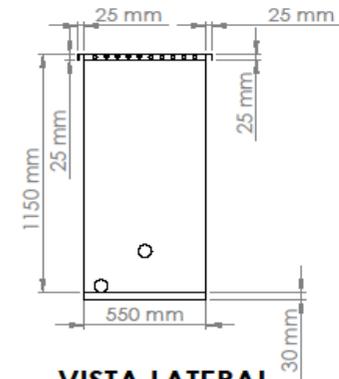
VISTA SUPERIOR



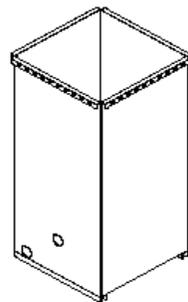
VISTA FORMATO PLANCHA 1



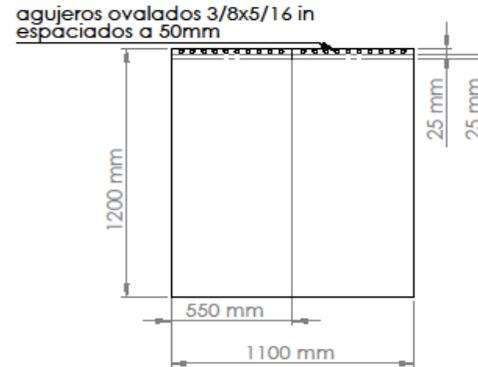
VISTA FRONTAL



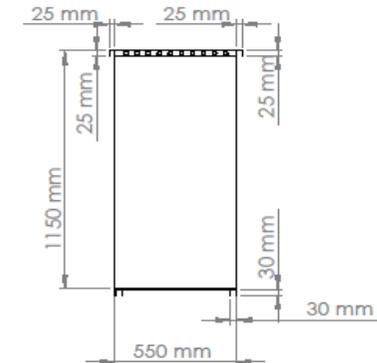
VISTA ISOMETRICA



VISTA FORMATO PLANCHA 2



VISTA LATERAL



Universidad San Francisco de Quito

CLIENTE:



AICO Engineering

NOMBRE	FIRMA	FECHA	UNIDAD	mm
DESEÑADO S.H.J.B		16/06/12		
REVISO C.C		16/06/12	TOLERANCIA	±/- 2 mm
APROB C.C		16/06/12		
MFG				
G.A				

PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado

CONTIENE: TANQUE CENTRAL

MATERIAL: ACERO INOX. 1.5mm

PLANO No.: PL-CLF-M-VE

A4

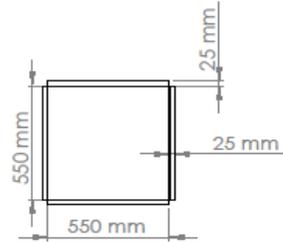
ORDEN No.: JOB-2012-POI-014

ESCALA: 1:20

TANQUE LATERAL DERECHO

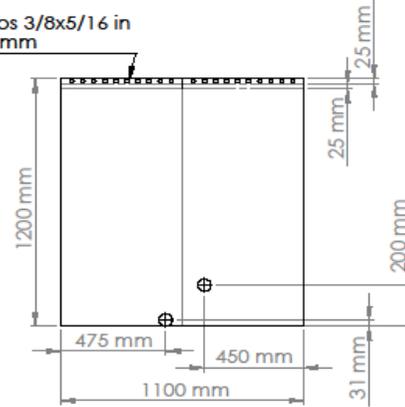
VISTAS EXTERNAS

VISTA SUPERIOR

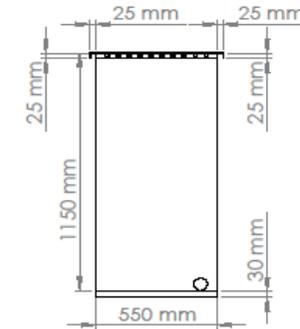


VISTA FORMATO PLANCHA 1

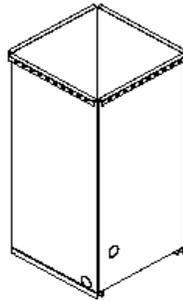
agujeros ovalados 3/8x5/16 in espaciados a 50mm



VISTA FRONTAL

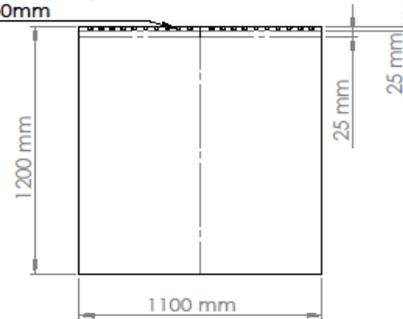


VISTA ISOMETRICA

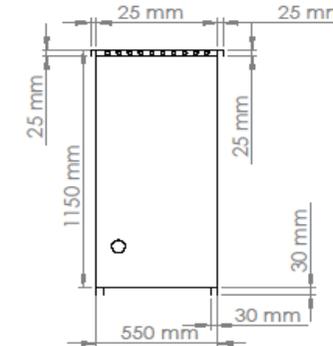


VISTA FORMATO PLANCHA 2

agujeros ovalados 3/8x5/16 in espaciados a 50mm



VISTA LATERAL DERECHA

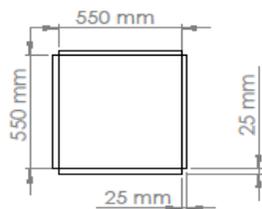


 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering	
				PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado	
DIBUJADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	UNIDAD	mm
REVISO	C.C		16/06/12	TOLERANCIA	±/- 2 mm
APROB	C.C		16/06/12	CONTENIDO: TANQUE DERECHO	
MFG				MATERIAL: ACERO INOX. 1.5mm	
QA				PLANO No.:	PL-CLF-M-VE
				ORDEN No.:	JOB - 2012 - PDI - 0.14
				ESCALA:	1:20
					A4

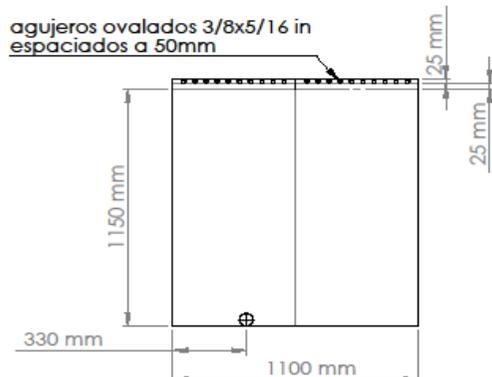
TANQUE LATERAL IZQUIERDO

VISTAS EXTERNAS

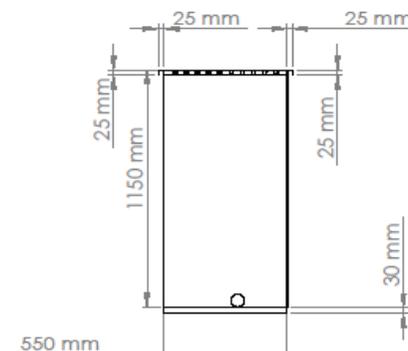
VISTA SUPERIOR



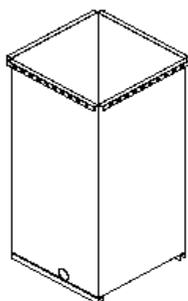
VISTA FORMATO PLANCHA 1



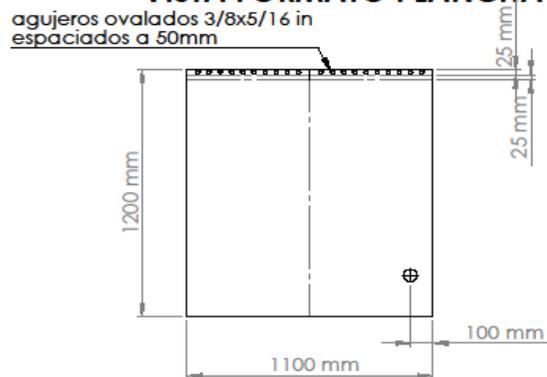
VISTA FRONTAL



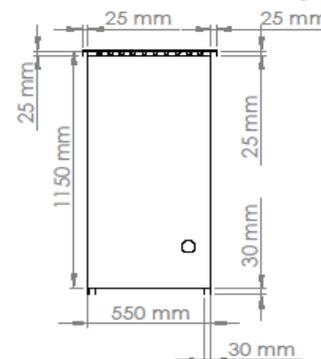
VISTA ISOMETRICA



VISTA FORMATO PLANCHA 2



VISTA LATERAL IZQUIERDA



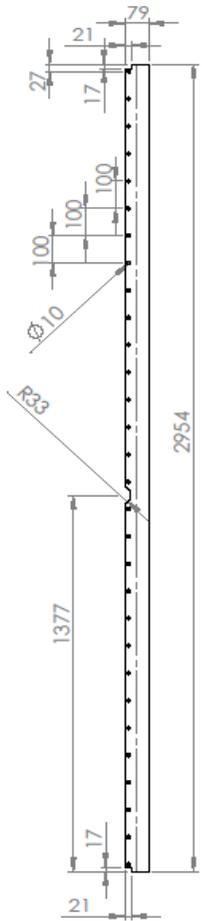
 Universidad San Francisco de Quito						CLIENTE:  AICO Engineering AICO	
DIBUJADO: S.H. J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MFC: Q.A.	NOMBRE: FIRMA: FECHA: 16/06/12 16/06/12 16/06/12	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatado CONTIENE: TANQUE IZQUIERDO			PLANO No.: PL-CLF-M-VE ESCALA: 1:20	
MATERIAL: ACERO INOX. 1.5mm						PLANO No.: PL-CLF-M-VE	
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014						ESCALA: 1:20	

A4

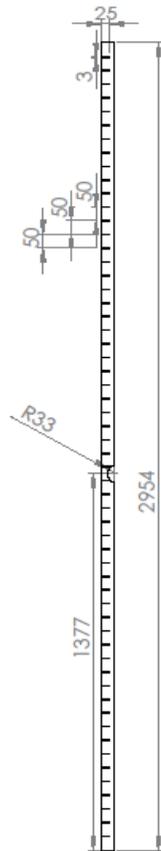
REJILLA INTERIOR PARA CAMINAR Y TODOS SUS ELEMENTOS

VISTAS EXTERNAS

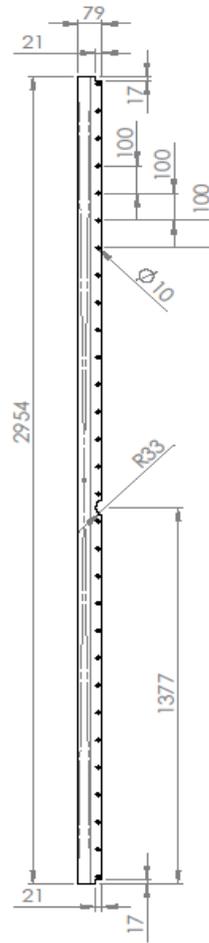
**ANGULO DERECHO
FORMATO PLANCHA**



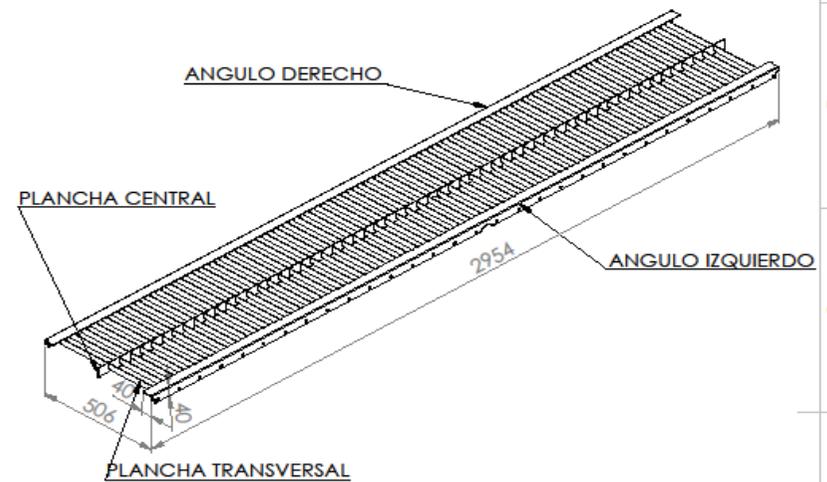
PLANCHA CENTRAL



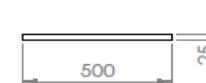
**ANGULO IZQUIERDO
FORMATO PLANCHA**



VISTA ISOMETRICA REJILLA COMPLETA



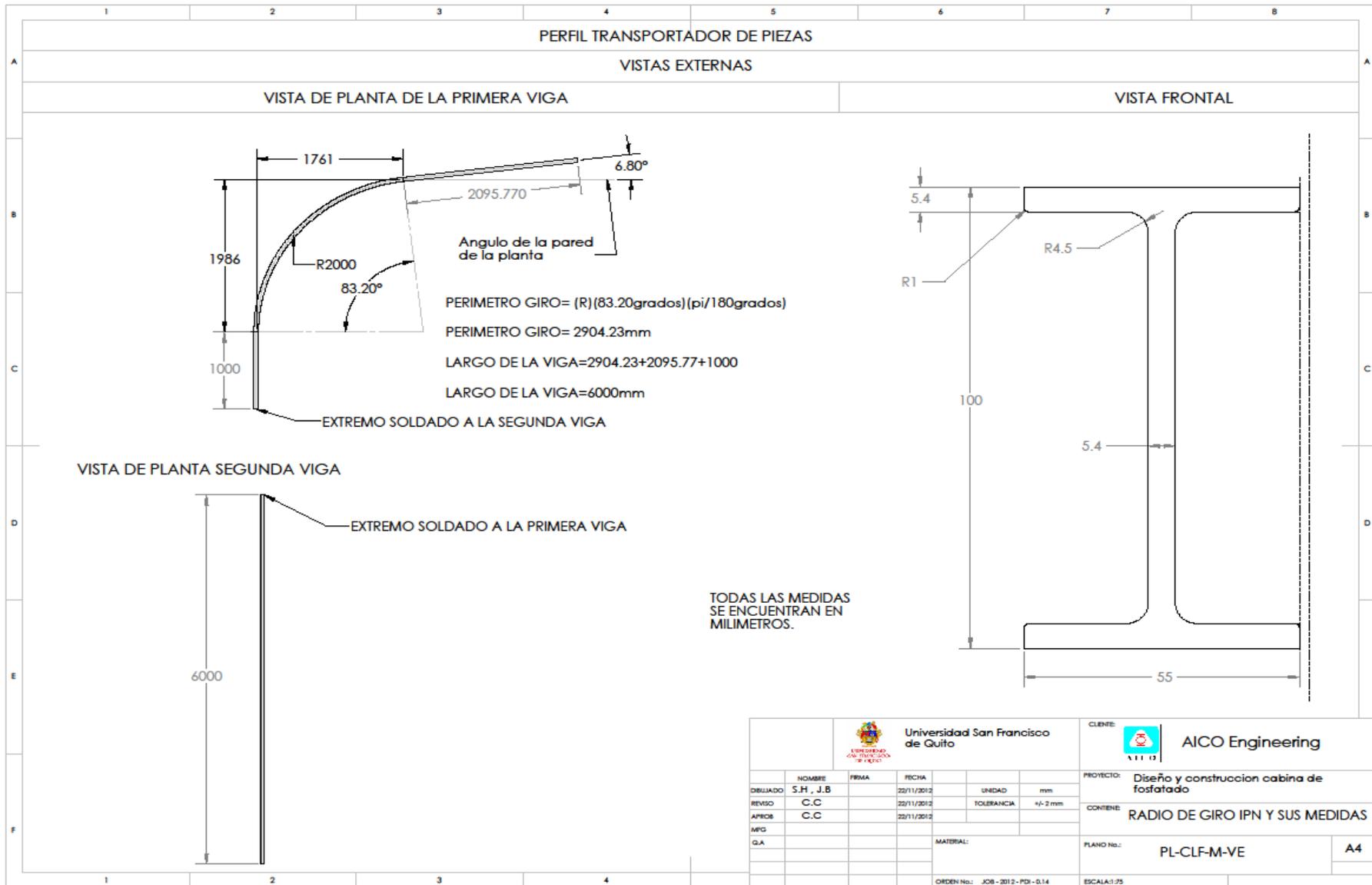
PLANCHA TRANSVERSAL



de planchas transversales 58

Nota: todas las planchas transversales se soldo mediante el proceso TIG entre las 3 secciones principales como se muestra en la isometria.

 Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE:  AICO Engineering AICO	
DISEÑADO: S.H.J.B. REVISO: C.C. APROB: C.C. MFG: Q.A.	FIRMA: 	FECHA: 14/08/12 14/08/12 14/08/12	UNIDAD: mm TOLERANCIA: +/- 2 mm	PROYECTO: Diseño y construcción cabina de fosfatizado	
MATERIAL: ACERO INOX. 3mm				CONTENIDO: REJILLA INTERIOR	
ORDEN No.: JOB-2012-PDI-014				PLANO No.: PL-CLF-M-VE	
ESCALA: 1:15				A4	



Universidad San Francisco de Quito				CLIENTE: AICO Engineering	
DIBUJADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	UNIDAD	mm
REVISO	C.C		22/11/2012	TOLERANCIA	± 2 mm
APROB	C.C		22/11/2012		
IMP					
QA				MATERIAL:	
				PROYECTO:	Diseño y construcción cabina de fosfatado
				CONTIENE:	RADIO DE GIRO IPN Y SUS MEDIDAS
				PLANO No.:	PL-CLF-M-VE
				ORDEN No.:	JOB-2012-PDI-0.14
				ESCALA:	1:75
					A4

9. ANEXOS C (ECUACIONES)

$$N_R = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{DV}{\nu}$$

Ecuación 2.1

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 = A_3V_3, \text{ etc.}$$

Ecuación 2.2

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + h_p = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + h_L$$

Ecuación 2.3

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Ecuación 2.4

$$h_L = K \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 2.5

$$Q = n \cdot q$$

Ecuación 2.6

Sebastián Hidrobo Alarcón

La Gasca Oe5-85 y Alejandro de Valdez, Quito – Ecuador.

023806107 / 0984588978

sebastianhidrobo@gmail.com

25 años

HOJA DE VIDA INGENIERO MECÁNICO

Experiencia profesional

Febrero 2012 – Marzo 2013 Tesis de Grado

Diseño y construcción de una cabina para lavar metales mediante *fosfato de zinc* en la empresa *AICO Ltda. (Automatización Industrial y control)*. Construcción de la obra civil del cuarto de máquinas y mantenimiento. Conexión eléctrica, control y de potencia mediante un tablero de control tipo *B-line*.

Logros / Hechos
Entrega formal de la obra en óptimas condiciones mediante una Gestión de Entrega a Recepción. Acoplamiento al plan de diseño, métodos y procesos de fabricación de *AICO*. Trabajar a tiempo completo en el ámbito industrial e ingenieril que ofrece *AICO* su conocimiento y personal.

Mayo 2010 – Agosto 2010 Sea Mist Resort, INC.

Operador de máquinas industriales de lavado, secado y doblado en el área de la lavandería del hotel. *Ubicación: Myrtle Beach. Carolina del Sur, USA.*

Logros / Hechos
Supervisar. Instalación y mantenimiento de nuevas máquinas.

Mayo 2009 – Agosto 2010 Continental Pools, INC.

Operador del sistema de piscinas, tanto de bombas como de filtros en su totalidad y químicos para el agua. *Ubicación: Leesburg. Virginia, USA.*

Logros / Hechos
Supervisor en Fox Ridge Pool

Agosto 2009 – Diciembre 2011

Ayudante de Ing. de Manufactura

Profesor de laboratorio en el área de *CAD/CAM* y el uso de máquinas *CNC* en la *Universidad San Francisco de Quito* (referencia: Edison Bonifaz, PhD*. ebonifaz@usfq.edu.ec).

Logros / Hechos
Enseñar el uso de planta de producción en miniatura y su interacción con máquinas *CNC* de *Intelitek* (Brazo robótico, Fresadora y torno).

Formación académica

2013-Presente Ing. Mecánico

Graduado de la Universidad San Francisco de Quito.

Tendencia al electro mecánica, automatización y sistemas *SCADA*. Sólidos conocimientos en materiales (tratamientos térmicos, ing. de manufactura, elementos finitos), entre otros.

1993-2006

Bachiller (Físico – Matemático y Sicología)

Colegio Americano de Quito

Excelentes cualidades en el inglés. Destrezas para hablar en público, respeto y responsabilidad.

Idiomas
Español – Gramática 100%
Habla 100%
Inglés – Gramática 100%
Habla 100%

Informática
MatLAB, Indusoft, Lab View, Micro WIN, DEV C++, SolidWorks, AutoCAD, Abaqus, CATIA, Microsoft Office, Microsoft Visual Studio.

Referencias Personales

Ing. Carlos Celleri (Gerente Propietario *AICO Ltda.*)

Edison Bonifaz, PhD* (Profesor USFQ)

Ing. Fernando Hidrobo (Ingeniero en Petróleos)

022432181

ebonifaz@usfq.edu.ec

0986053519

José Rafael Barragán Rojas

Dirección: Urb. El portal de Cumbaya #1, Quito, Ecuador **Teléfono:** 2891 802 **Celular:** 0998 502 550 **e-mail:** joserbarra@yahoo.com

Datos personales	
Lugar y fecha de nacimiento: Quito, 01 de Septiembre 1987	
Estado civil: soltero	
Experiencia laboral	
Febrero 2012 – Marzo 2013	Tesis - Diseño y construcción de una cabina de lavado para empresa AICO.
Octubre 2012 – Enero 2013	Trabajo temporal en Deloitte. Reconocimiento de material en bodegas de Petro-Ecuador.
Mayo 2011 - Agosto 2011	Instituto de dinámica y vibraciones de la Universidad Leibniz en Hannover-Alemania. Programa - IAESTE. <ul style="list-style-type: none">• Asistente de investigación en transductores y elementos piezoeléctricos.
Educación	
Febrero 2012 – Marzo 2013	Universidad San Francisco de Quito <ul style="list-style-type: none">• 6to año – Ingeniería Mecánica, egresado, Tesis.
Agosto 2009 - Mayo 2010	Universidad Texas A&M. <ul style="list-style-type: none">• Intercambio estudiantil 4to año en Ingeniería Mecánica.
Septiembre 2005 -Julio 2006	Colegio Integral – Indaiatuba, São Paulo, Brasil. <ul style="list-style-type: none">• Intercambio estudiantil sexto curso.
Agosto 1997 - Mayo 2005	Colegio Menor San Francisco de Quito <ul style="list-style-type: none">• Bachiller en ciencias.
Idiomas	
<ul style="list-style-type: none">• Español• Inglés• Portugués• Alemán básico	
Conocimientos de computación	
<ul style="list-style-type: none">• Microsoft Office (Word, Excel, Power Point)• Solid Edge / Solid Works (dibujo mecánico)• Minitab (programa estadístico)• Matlab (programa ingenieril)• Autocad (dibujo técnico)• Ansys y Abaqus (programas de simulación) – conocimiento básico• C++ (programa de Programación) – conocimiento básico• Internet	
Otros intereses	
Aficionado al deporte – Ex-integrante de la selección de capoeira de la Universidad San Francisco. También interesado en música, literatura, psicología e historia.	