

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

"Diseño de un sistema de lavado y llenado de bidones de 20 L con agua  
purificada para una capacidad de 200 bidones por hora"

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

Tacuri Montaña Javier Alexander

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco de manera especial el apoyo brindado por mis padres, amigos, colegas que me supieron guiar en su momento. Todos ayudaron para que este trabajo haya podido llegar a su finalización.

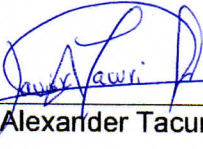
## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Javier Alexander Tacuri Montaña

Ing Ernesto Martínez Lozano

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



---

Javier Alexander Tacuri Montaña



---

Ing Ernesto Martínez Lozano

## RESUMEN

El incremento en la demanda de agua purificada en la ciudad de Guayaquil, genero un crecimiento de oferta sin el suficiente nivel técnico, y en la mayoría de las empresas pequeñas el proceso de lavado se realiza de manera artesanal, teniendo vulnerabilidad a la contaminación con agentes extraños y poco eficiente con respecto al tiempo de proceso. Se propone como objetivo el desarrollo de un sistema semiautomático de lavado y llenado que permita a las empresas pequeñas mejorar sus tiempos operativos, dejar la limpieza artesanal e implementar un sistema que ayude a incrementar su producción y ventas.

Por tratarse de un equipo que estará en constante contacto con agua, el material predominante seleccionado fue el acero AISI304, y únicamente para el sistema de bombeo de la llenadora se seleccionó acero AISI316, respetando reglamentos internacionales sobre la calidad del acero que entra en contacto con sustancias comestibles. La metodología de diseño que se siguió en ambos casos dividiendo en 3 sistemas cada máquina, cada uno de estos sistemas se diseñó de tal forma que sea de fácil construcción en el medio.

Al finalizar el diseño se obtuvieron dos diseños de máquinas lavadora y llenadora, con una inversión de USD13000 y USD6500, respectivamente, analizando por VAN y TIR, se obtuvo que la inversión se recupera en dos años.

La máquina lavadora de bidones tiene gran facilidad de mantenimiento y operatividad, este diseño también considera facilidades para incrementación de la producción a futuro. La máquina llenadora de bidones cuenta con dos válvulas de llenado y un tiempo operativo de 15 segundos. El periodo de trabajo se estableció en 35 segundos, lo que permite abastecer la capacidad planteada de 200 bidones por hora.

Palabras Clave: Lavadora de bidones lineal semiautomática, llenadora de bidones.



## **ABSTRACT**

*The increase in the demand for purified water in Guayaquil city generated a growth of supply without the sufficient technical level, and in most of the small companies the washing process is carried out in an artisan way, having vulnerability to contamination with agents strange and inefficient with regard to process time. The objective is to develop a semi-automatic washing and filling system that allows small companies to improve their operational times, to leave the cleaning craft and implement a system that helps increase their production and sales. As a team that will be in constant contact with water, the predominant material selected was steel AISI304, and only for the pumping system of the filler was selected AISI316 steel, respecting international regulations on the quality of the steel that comes in contact with edible substances. The design methodology that was followed in both cases divided into 3 systems each machine, each of these systems was designed in such a way that it is easy to build in the middle. At the end of the design two designs of washing and filler machines were obtained, with an investment of USD13000 and USD6500, respectively, analyzing by VAN and TIR, it was obtained that the investment recovers in two years. The 20L bottle washing machine has great ease of maintenance and operability, this design also considers facilities for future production increase. The 20L bottle filling machine has two filling valves and an operating time of 15 seconds. The work period was established in 35 seconds, which allows to supply the capacity of 200 bottles per hour.*

*Keywords: Semi-automatic linear drum washing machine, drum filling machine.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE PLANOS .....	XIV
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Marco teórico .....	3
1.3.1 Bidones para almacenar agua.....	3
1.3.2 Proceso de lavado de bidones .....	4
1.3.3 Sistemas de llenado.....	5
1.3.4 Válvula de nivel.....	7
1.4 Alternativas de diseño de máquina lavadora de bidones .....	7
1.4.1 Máquina semiautomática lineal (Alternativa 1).....	8
1.4.2 Máquina semiautomática rotativa (Alternativa 2) .....	9
1.4.3 Máquina automática lineal (Alternativa 3) .....	10
1.5 Alternativas de diseño de máquina llenadora de bidones .....	11

1.5.1	Llenadora manual de gravedad (Alternativa 1) .....	11
1.5.2	Llenadora manual de nivel (Alternativa 2) .....	12
1.5.3	Llenadora semi automática de nivel (Alternativa 3).....	13
CAPÍTULO 2 .....		15
2.	Metodología del Diseño .....	15
2.1	Descripción de las fases de la metodología.....	15
2.1.1	Proceso de elección de alternativas .....	16
2.1.2	Diseño detallado .....	16
2.1.3	Consideraciones y detalles finales .....	17
2.2	Selección de la alternativa de diseño de máquina lavadora y llenadora de bidones.....	17
2.2.1	Descripción de las ponderaciones.....	17
2.2.2	Criterios de selección técnicos .....	17
2.2.3	Criterios de selección económicos .....	19
2.2.4	Matriz de selección de máquina lavadora de bidones .....	20
2.2.5	Matriz de selección de máquina llenadora de bidones .....	20
2.3	Factores de influencia .....	21
2.3.1	Factores de influencia de la maquina lavadora .....	21
2.3.2	Factores de influencia de la maquina llenadora .....	22
2.4	Descripción del funcionamiento del sistema .....	23
2.5	Diseño de forma del sistema .....	23
2.5.1	Diseño de forma de la maquina lavadora .....	24
2.5.2	Diseño de forma de la maquina llenadora y selladora .....	25
2.6	Diseño detallado del proceso de lavado .....	25
2.6.1	Sistema de bombeo de la maquina lavadora de bidones .....	26
2.6.2	Sistema transportador de la maquina lavadora de bidones .....	41

2.6.3	Estructura metálica de la maquina lavadora de bidones.....	58
2.7	Diseño detallado del proceso de llenado .....	61
2.7.1	Sistema de bombeo de la maquina llenadora de bidones .....	62
2.7.2	Sistema de transporte (Rodillos) .....	66
2.7.3	Estructura metálica de la maquina lavadora de bidones.....	70
CAPÍTULO 3	.....	73
3.	Resultados .....	73
3.1	Resultados para la maquina lavadora de bidones .....	73
3.1.1	Dimensionamiento de tanques recolectores .....	73
3.1.2	Selección de sistema de transporte.....	74
3.1.3	Selección de boquillas del sistema de bombeo.....	77
3.1.4	Selección de bombas del sistema de bombeo .....	77
3.2	Resultados para la maquina llenadora.....	78
3.2.1	Válvula de llenado.....	79
3.2.2	Selección de la bomba.....	79
3.2.3	Dimensionamiento del tanque .....	80
3.2.4	Dimensionamiento de los rodillos .....	80
3.3	Análisis de costo.....	81
3.3.1	Análisis de costo para la maquina lavadora de bidones .....	81
3.3.2	Análisis de costo para la maquina llenadora de bidones .....	84
3.3.3	VAN y TIR cuando se realice la inversión con las maquinas adquiridas	86
CAPÍTULO 4	.....	89
4.	Discusión y Conclusiones .....	89
4.1	Conclusiones .....	93
4.2	Recomendaciones .....	94
BIBLIOGRAFÍA	.....	95

APÉNDICES .....98

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ENSANUT	Encuesta Nacional de Salud y Nutrición
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
ARCSA	Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria
MSP	Ministerio de Salud Pública
CPV	Censo de Población y Vivienda
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
PET	Tereftalato de Polietilén
PP5	Polopropileno
PC	Policarbonato
FDA	Food and Drugs Administration (Administración de Alimentos y Drogas)
BPH	Bidones por hora
PTA	Puntuación total de alternativa
AISI	American Iron and Steel Institute (Instituto Americano de Hierro y Acero)
ISO	International Organization for Standardization (Organización de Estandares Internacionales)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales)
PTFE	Politetrafluoretileno
ASA	American Standard Association (Asociación Americana de Normalización)
TIG	Tungsten Inert Gas (Soldadura de tungsteno y gas inerte)
NPT	National Pipe Thread (Rosca Nacional de Tubos)
G	Conexión de rosca cilíndrica según ISO 228/1
SCH	Schudeler (Cédula)
PVP	Precio de Venta al Público
VAN	Valor Actualizado Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno

## SIMBOLOGÍA

BPH	Bidón en cada hora
bar	Bares
MPa	Mega pascales
°C	Grados centígrados
seg	Segundos
lt/min	Litros en cada minuto
in	Pulgada
SS	Stainless Steel (Acero Inoxidable)
mm	Milímetros
KW	Kilo watt
V	Voltio
mca	Metros de columna de agua
m/s	Metros en cada segundo
m <sup>3</sup> /s	Metros cúbicos en cada segundo
m	Metros
Pa	Pascales
Nm	Newton por metro
Kg/mm <sup>2</sup>	Kilogramo fuerza en cada milímetro cuadrado
Ksi	Kilo psi
psi	Libras fuerza en cada pulgada cuadrada
Kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo en cada metro cúbico
m/s <sup>2</sup>	Metro en cada segundo cuadrado
N	Newton
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
kg/s	Kilogramo en cada segundo
mm <sup>2</sup>	Milímetros cuadrados
GPa	Giga pascales
kPa	Kilo pascales
kg/m	Kilogramo en cada metro

m/min	Metro en cada minuto
KN	Kilonewton
rpm	Revoluciones en cada minuto
lt/s	Litros en cada segundo
N/m	Newton en cada metro
N/mm	Newton en cada milímetro
lt	Litro
\$	Dólares Americanos
\$/m <sup>2</sup>	Dólares en cada metro cuadrado
\$/Kg	Dólares en cada kilogramo



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama del proceso de lavado.....	4
Figura 1.2. Tecnología de los sistemas de llenado.....	6
Figura 1.3. Valvula de nivel con reflujó.....	7
Figura 1.4. Lavadora semiautomática lineal.....	8
Figura 1.5. Lavadora semiautomática rotativa.....	9
Figura 1.6. Lavadora automática lineal.....	10
Figura 1.7. Llenadora manual por gravedad.....	12
Figura 1.8. Llenadora manual de nivel.....	12
Figura 1.9. Llenadora semi automática de nivel.....	13
Figura 2.1. Metodología del diseño del sistema de lavado, llenado y sellado de bidones con agua purificada.....	15
Figura 2.2. Diseño de forma de la lavadora de bidones.....	24
Figura 2.3. Diseño de forma del llenado de bidones.....	25
Figura 2.4. Sistema de bombeo de la lavadora de bidones.....	26
Figura 2.5. Modelo de boquilla seleccionada.....	27
Figura 2.6. Bidón con boquilla en la parte inferior y superior.....	28
Figura 2.7. Bomba Ebara CDX70 0.75HP 3F.....	29
Figura 2.8. Perfil hidrostático de los tanques.....	35
Figura 2.9. Plancha del tanque en voladizo para efecto de calculo.....	37
Figura 2.10. Plancha del tanque simplemente apoyada para efecto del calculo.....	37
Figura 2.11. Flujos de calor a través del tanque de lavado.....	40
Figura 2.12. Sistema de transporte de la lavadora de bidones.....	42
Figura 2.13. Sujetador del bidón.....	44
Figura 2.14. Implemento de conexión a cadena.....	44
Figura 2.15. Diagrama de variables del transportador.....	46
Figura 2.16. Tabla de potencia para paso ANSI 50.....	49
Figura 2.17. Diagrama de cuerpo libre eje motriz.....	49
Figura 2.18. Sistema estructural de la lavadora de bidones.....	59
Figura 2.19. Condiciones de borde para el análisis estructural.....	59

Figura 2.20. Deformación en mm de los elementos de la estructura.....	60
Figura 2.21. Esfuerzos máximos en MPa de los elementos de la estructura. ....	60
Figura 2.22. Resultados de simular las cargas de un carrito de la lavadora .....	61
Figura 2.23. Sistema de bombeo maquina llenadora de bidones .....	62
Figura 2.24. Válvula de llenado .....	63
Figura 2.25. Perfil hidrostático del tanque reservorio.....	65
Figura 2.26. Transportadora de rodillos (no accionados).....	66
Figura 2.27. Resultados para el tubo externo. ....	67
Figura 2.28. Resultados para el eje.....	68
Figura 2.29. Sistema estructural de la llenadora de bidones .....	71
Figura 2.30. Condiciones de borde para el análisis estructural. ....	71
Figura 2.31. Deformación en mm de los elementos de la estructura.....	72
Figura 2.32. Esfuerzos máximos en MP de los elementos de la estructura. ....	72
Figura 3.1. Diseño final de la maquina lavadora de bidones .....	73
Figura 3.2. Tanque de la estación lavado .....	74
Figura 3.3. Detalle del sistema transportador.....	75
Figura 3.4. Detalle del ingreso de los bidones a la lavadora.....	76
Figura 3.5. Detalle del sistema de bombeo .....	77
Figura 3.6. Diseño final de la maquina llenadora de bidones .....	78
Figura 3.7. Rodillos .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Comparación de tecnologías de llenado .....	7
Tabla 1.2. Tabla de ventajas/desventajas maquina lavadora semiautomática lineal. ..	9
Tabla 1.3. Tabla de ventajas/desventajas máquina lavadora semiautomática rotativa. .....	10
Tabla 1.4. Tabla de ventajas/desventajas máquina lavadora automática lineal.....	10
Tabla 1.5. Tabla de ventajas/desventajas, llenadora manual por gravedad.....	11
Tabla 1.6. Tabla de ventajas/desventajas maquina llenadora manual de nivel.....	13
Tabla 1.7. Tabla de ventajas/desventajas maquina llenadora semiautomática de nivel. .....	14
Tabla 2.1. Matriz de decisión para la lavadora de bidones .....	20
Tabla 2.2. Matriz de decisión para la llenadora de bidones .....	21
Tabla 2.3. Valores de velocidad para los diferentes tramos del sistema .....	27
Tabla 2.4. Parámetros de contacto del agua con los bidones .....	28
Tabla 2.5. Equivalencias en mercado entre los tamaños ANSI y DN .....	30
Tabla 2.6. Valores de velocidad para los diferentes tramos del sistema .....	31
Tabla 2.7. Accesorios de tubería por etapas de lavado .....	31
Tabla 2.8. Perdidas por fricción en la boquilla más critica .....	32
Tabla 2.9. Temperaturas de equilibrio .....	33
Tabla 2.10. Potencia necesaria para el flujo de agua .....	34
Tabla 2.11. Propiedades Mecánicas del acero AISI 304 en plancha.....	36
Tabla 2.12. Variables de transferencia de calor en el tanque de lavado .....	41
Tabla 2.13. Valores de las variables de la fuerza de impacto de chorro .....	43
Tabla 2.14. Variables utilizadas en el transportador .....	46
Tabla 2.15. Resumen de parametros de selección de cadena .....	47
Tabla 2.16. Resultados de las fuerzas sobre el eje motriz.....	51
Tabla 2.17. Resultados de las reacciones sobre el eje motriz .....	52
Tabla 2.18. Propiedades Mecánicas del acero AISI 304 en eje.....	52
Tabla 2.19. Tabla de resultados resumida .....	57
Tabla 2.20. Valores de velocidad en tubería .....	64

Tabla 2.21. Accesorios necesarios en llenado .....	65
Tabla 2.22. Propiedades Mecánicas del acero AISI 316 plancha.....	66
Tabla 3.1. Especificaciones técnicas de tanques por estación .....	74
Tabla 3.2. Especificaciones técnicas del sistema de transporte .....	75
Tabla 3.3. Especificaciones del sistema motriz del transportador .....	76
Tabla 3.4. Especificaciones de las boquillas seleccionadas .....	77
Tabla 3.5. Especificaciones técnicas de las bombas .....	78
Tabla 3.6. Especificaciones de la válvula de llenado .....	79
Tabla 3.7. Especificaciones técnicas de la bomba de llenado .....	79
Tabla 3.8. Especificaciones técnicas del tanque de llenado .....	80
Tabla 3.9. Especificaciones del rodillo de transporte .....	81
Tabla 3.10. Tabla de costo de materiales AISI 304.....	81
Tabla 3.11. Tabla de costo de equipos seleccionados .....	82
Tabla 3.12. Tabla de costo de fabricación de la maquina.....	82
Tabla 3.13. Tabla de costo de accesorios de conexión de tuberías .....	82
Tabla 3.14. Tabla resumida de rublos y precio de venta .....	83
Tabla 3.15. Tabla de costo de materiales AISI304 o AISI316L.....	84
Tabla 3.16. Tabla de costo de equipos seleccionados .....	84
Tabla 3.17. Tabla de costo de fabricación de la maquina.....	84
Tabla 3.18. Tabla de costo de accesorios de conexión de tuberías .....	85
Tabla 3.19. Tabla resumida de rublos y precio de venta .....	85
Tabla 3.20. Empresas envasadoras de agua activas en Guayaquil .....	87
Tabla 3.21. TIR y VAN a 5 años de mejorar o construir una micro planta.....	88

## ÍNDICE DE PLANOS

### PLANOS CONSTRUCTIVOS LAVADORA DE BIDONES

PLANO 1	Lavadora de bidones
PLANO 2	Sistema de bombeo
PLANO 3	Detalles de bandejas
PLANO 4	Bandeja pre lavado
PLANO 5	Bandeja lavado
PLANO 6	Bandeja pre enjuague
PLANO 7	Bandeja enjuague
PLANO 8	Detalle de tanques
PLANO 9	Tanque lavado
PLANO 10	Tanque pre enjuague
PLANO 11	Tanque enjuague
PLANO 12	Sistema de bombeo
PLANO 13	Tubería de succión
PLANO 14	Tubería de descarga
PLANO 15	Tubería de descarga
PLANO 16	Sistema de transporte
PLANO 17	Eje motriz y conducido
PLANO 18	Anclaje de transporte
PLANO 19	Sujetador de bidones
PLANO 20	Sistema estructural
PLANO 21	Estructura A
PLANO 22	Plancha general
PLANO 23	Plancha con orificio
PLANO 24	Guardas
PLANO 25	Adaptadores patas
PLANO 26	Estructura A perfilería
PLANO 27	Estructura A perfilería
PLANO 28	Estructura B
PLANO 29	Plancha patrón

PLANO 30 Plancha con vidrio  
PLANO 31 Adaptadores de patas  
PLANO 32 Estructura B perfilera  
PLANO 33 Estructura B perfilera  
PLANO 34 Estructura C  
PLANO 35 Plancha patrón  
PLANO 36 Plancha C8 y adaptador  
PLANO 37 Planchas varias  
PLANO 38 Estructura 3 perfilera  
PLANO 39 Estructura 3 perfilera  
PLANO 40 Detalles estructura carritos  
PLANO 41 Planchas carritos  
PLANO 42 Estructura CA perfilera  
PLANO 43 Estructura CB perfilera  
PLANOS CONSTRUCTIVOS LLENADORA DE BIDONES  
PLANO 44 Detalles de sistemas  
PLANO 45 Detalles sistema de bombeo  
PLANO 46 Derivador a válvulas  
PLANO 47 Tanque almacenamiento  
PLANO 48 Elementos sistema de transporte  
PLANO 49 Sistema de estructura  
PLANO 50 Planchas de llenadora  
PLANO 51 Palanca  
PLANO 52 Estructura perfilera  
PLANO 53 Estructura perfilera

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

En Ecuador en el 2012 según Euromonitor Internacional (Lideres, 2013), las aguas embotelladas (incluidas gaseosas) alcanzaron USD351.5 millones en ventas, casi un 23% más que en el 2011, y las presentaciones de las misma han variado evidenciando que el consumo de bebidas embotelladas hoy es a nivel familiar y no personal, el crecimiento de la demanda de agua embotellada se explica por la desconfianza que existe en el agua de grifo, según la Encuesta de Salud y Nutrición (ENSANUT) (MSP, INEC, 2012) el 26.3% de la población nacional compra agua para beber.

Por otro lado, en un estudio llevado a cabo por la Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) (MSP, 2014), 21 de 44 compañías dedicadas al embotellamiento de agua en Guayaquil entraron en procesos con la Comisaria de la Salud, por infringir la Ley Orgánica de Salud, es decir el 47% no vende agua en buen estado. El incremento de la demanda de agua embotellada, genera que el número de empresas dedicadas a esta actividad se incremente, y dado que la ARCSA cerró 21 de ellas, solo en Guayaquil, se pone de manifiesto que las empresas no están cumpliendo con la NTE INEN 2200 (Norma Técnica Ecuatoriana del Servicio Ecuatoriano de Normalización 2200).

Considerando este incremento anual en la demanda de los botellones de agua, es posible introducir negocios familiares que den abasto a esta necesidad, mediante el empleo de plantas pequeñas de producción dirigidas a microempresarios, considerando un manejo óptimo de recursos humanos, un incremento en la producción a futuro y el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura y procesamiento de agua, es decir cumplir con los requerimientos de la NTE INEN 2200.

La etapa crítica dentro del proceso de envasado de agua purificada es la fase de lavado de bidones (Global Water Technologies Group, 2005), si esta etapa no se realiza de la manera adecuada se convierte en un foco infeccioso. Esta etapa en el medio suele realizarse de manera artesanal, es decir se emplean tanques de acero inoxidable, un cepillo y agua regular. El principal motivo es la desinformación acerca del proceso, la falta de oportunidad de compra del equipo necesario a nivel local y el alto costo de inversión que supondría adquirir una maquina semi automática en el extranjero.

Por las razones anteriores se puede afirmar que el agua purificada ha tenido una acogida excepcional en el mercado nacional, y la solución actual es la creación de micro plantas de procesamiento que no optimizan los recursos, ni consideran de forma óptima los procesos, llegando a ocasionarse malas inversiones por los problemas posteriores a resolver con la comisaria de la salud, entonces se abre espacio para la venta de equipos de envasado de bidones a micro empresarios nuevos o con el objetivo de modernizar el proceso, por este motivo en este proyecto se propone el diseño de un sistema de lavado y llenado de bidones semiautomático, de bajo costo y además construido con materiales del mercado nacional. Para que todos los micro empresarios puedan cumplir con los niveles de control establecidos por la ARCSA; fundamentalmente con las normas NTE INEN 2200 y NTE INEN 1108, se propone además considerarlas dentro del proceso de diseño y así poder dar mejor cubrimiento a la demanda, y evitar cierres de las empresas (perdidas económicas). El equipo final le proporciona al micro empresario la oportunidad de vender agua purificada de mejor calidad, conseguir una mejor aceptación del producto por parte de los guayaquileños, generando mayores ganancias y con un crecimiento a futuro dependiendo de su plan de imposición de marca.



## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar los sistemas de lavado, llenado de bidones de 20 litros utilizando materiales y equipos del mercado nacional para garantizar a los microempresarios la venta de un producto de calidad que cumpla con las regulaciones del ARCSA.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar el sistema de lavado de 200 bidones por hora, que incluya las fases de pre-lavado, lavado, enjuague y esterilización.
- Diseñar el sistema de llenado de 200 bidones por hora.
- Analizar el costo de la construcción de cada máquina con el fin de verificar rentabilidad y viabilidad de su distribución en el mercado nacional.
- Realizar un modelado 3D de las máquinas utilizando Autodesk Inventor, con el fin de generar planos de construcción de los sistemas de lavado y llenado de bidones.

## **1.3 Marco teórico**

### **1.3.1 Bidones para almacenar agua**

Los bidones a nivel internacional están elaborados con Tereftalato de Polietilén (PET), material que cumple con los requerimientos de la Administración de alimentos y drogas (FDA) de los Estados Unidos de América, requerimientos establecidos en el Título 21 CFR Sección 177.1520, apartado que contiene detalles para la fabricación de artículos que estén en contacto con los alimentos, pero en nuestro país el material utilizado suele ser el Polipropileno (PP5), o Policarbonato (PC). Los bidones tienen una capacidad de 20lt y un color generalmente azulado, es importante mencionar que los bidones son producidos con el proceso de extruido-soplado a nivel local (PP5 Y PC).

### 1.3.2 Proceso de lavado de bidones

El proceso de lavado de bidones contiene 4 etapas principales pre lavado, lavado, pre enjuague, y enjuague, se acostumbra en general inspeccionar tanto a la entrada como a la salida, la figura 1.1 muestra un diagrama de bloques, y se detalla posteriormente cada etapa del proceso:



**Figura 1.1. Diagrama del proceso de lavado.**

Fuente: Elaboración propia

**Inspección visual:** los bidones antes de ingresar al proceso de lavado, son inspeccionados por los operadores para poder detectar partículas extrañas o malos olores. Si los bidones tienen malos olores, estos son retirados por los operadores.

**Pre-lavado:** se utiliza agua resultante del proceso de pre enjuague para la limpieza exterior e interior del bidón utilizando chorros de mediana presión (2 a 3 bar).

**Lavado:** para la limpieza interior del bidón, se utiliza agua con químicos bactericidas y limpiantes (productos no cáusticos para evitar daños en los bidones) en concentraciones adecuadas y a una temperatura constante

para poder obtener un elevado desempeño de lavado, se recomienda que la temperatura se encuentre en el intervalo entre 60 y 65 °C, así mismo utilizando chorros de mediana presión (2 a 3 bar), permitiendo mejorar la calidad de lavado de los bidones.

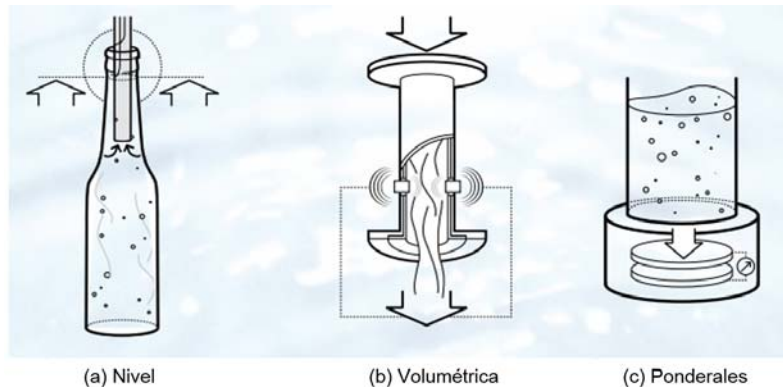
**Pre-enjuague:** se realiza el enjuague interior y exterior con el agua resultante del proceso de enjuague final, para eliminar cualquier resto de agua utilizada en la etapa del lavado, así mismo utilizando chorros de mediana presión (2 a 3 bar).

**Enjuague:** el bidón es esterilizado con agua hiper-ozonizada utilizando chorros de media presión (2 a 3 bar), que mejora la calidad de lavado de los bidones, y garantiza la desinfección total del mismo.

El tiempo del ciclo para cada proceso descrito anteriormente se encuentra entre 10 y 40 segundos. Así mismo, el uso de agua en cada uno de los procesos es aproximadamente 23 lt/min en sistemas rápidos (menos de 1 min) y hasta 8lt/min en sistemas más lentos, siempre conservando el flujo final cercano o superior a 20lt, según observaciones realizadas en fabricantes (Anderson/Rich Consulting, 2013) y (Global Water Technologies Group, 2005).

### **1.3.3 Sistemas de llenado**

El proceso de llenado de un bidón consiste en la transferencia del líquido desde el tanque que lo contiene hacia el bidón. Lo que distingue una tecnología de otra, es el modo en que se determina el volumen exacto de producto a transvasar. Existen diversos sistemas y tecnologías, que podrían clasificarse en 3 grandes categorías (figura 1.2):



**Figura 1.2. Tecnología de los sistemas de llenado.**

Fuente: (OCME MOVING IDEAS, 2014)

**Llenadoras a nivel:** como se muestra en la figura 1.2 (a) son tradicionales y de aplicación común, en este tipo de llenadoras, el nivel queda determinado por la longitud de la cánula que se introduce en la botella durante la fase de llenado. Modificar el nivel en la botella implica, en general, cambiar la cánula. La cánula es la parte que queda sin revestimiento y he ingresa a la botella durante el proceso de llenado.

**Llenadoras volumétricas:** En este tipo de llenadoras como se muestra en la figura 1.2 (b) se mide el volumen del producto que entra en la botella mediante un medidor de caudal (sensor magnético o de caudal másico) instalado en cada boca de llenado. Se conocen como “Llenadoras electrónicas”.

**Llenadoras ponderales:** En este tipo de Llenadoras como se muestra en la figura 1.2 (c) se pesa el producto que entra en la botella tras haber calibrado el sensor con la tasa correspondiente. Una celda de carga por cada válvula de llenado cumple la función programada. Son las Llenadoras electrónicas por excelencia.

Finalmente, en la tabla 1.1 se presenta la comparación de las tecnologías de llenado.

**Tabla 1.1. Comparación de tecnologías de llenado.**

	<b>A Nivel</b>	<b>Volumétricas</b>	<b>Ponderales</b>
<b>Precisión</b>	=	+	+
<b>Variabilidad con las condiciones ambientales</b>	=	+	+
<b>Mantenimiento</b>	+	=	=
<b>Cambio de formato</b>	=	+	+
<b>Factibilidad de limpieza</b>	=	+	+

Leyenda: Aspecto positivo (+), Sin incidencia (=), Aspecto negativo (-)

Fuente: (OCME MOVING IDEAS, 2014)

Adaptación de tabla, elaboración propia.

#### **1.3.4 Válvula de nivel**

La boquilla que se piensa utilizar en el proceso es una de nivel con reflujo, como se observa en la figura 1.3, la entrada constante del fluido se produce en la parte superior, y el reflujo tanto cuando se ha llenado el recipiente como cuando se espera al siguiente juego de bidones se realiza por la parte inferior, la cánula se encuentra revestida similar a una válvula cheque, que se abre para llenar, pero se cierra tanto por reflujo como por fuerza elástica del resorte del diseño.



**Figura 1.3. Valvula de nivel con reflujo.**

Fuente: (Garcia, 2017)

#### **1.4 Alternativas de diseño de máquina lavadora de bidones**

Nuestro cliente objetivo es la pequeña empresa, la cual cubre una demanda de aproximadamente 800bidones al día, revisar el apéndice 1 para obtener detalles de la estimación. Se supone que la producción se realiza en la mañana y la distribución en la tarde, con esta suposición se da la opción de que la empresa incremente su producción según como incremente sus ventas y distribución, con tal solo incrementar el tiempo que dedique a producción.

Calculando para 4 horas al día de producción de bidones, la capacidad requerida en la máquina de lavado y de llenado y sellado será de 200 bidones por hora (BPH).

La capacidad requerida de trabajo se encuentra en el rango entre los 100-500 BPH, según el fabricante este volumen de producción se maneja de forma semiautomática (Anderson/Rich Consulting, 2013). Las dos formas usuales de lavadora semiautomática son lineal y rotativa, y como una tercera opción se puede utilizar una completamente automática de forma lineal. A continuación, se describe cada una de las lavadoras mencionadas.

#### **1.4.1 Máquina semiautomática lineal (Alternativa 1)**

La máquina semiautomática lineal realiza los procesos de lavado de forma automática mientras describe una trayectoria lineal, sin embargo, es necesario cargar y descargar los bidones, en la fig. 1.4 se observa la maquina lavadora semiautomática lineal con capacidad de 300BPH, adaptada a la maquina llenadora a la salida del lavado.



**Figura 1.4. Lavadora semiautomática lineal**

Fuente: (Anderson/Rich Consulting, 2013)

**Tabla 1.2. Tabla de ventajas/desventajas maquina lavadora semiautomática lineal.**

Ventajas	Desventajas
Sistema de salida fácilmente adaptable Bajo consumo de agua en el lavado Mayor libertad en los puntos de contacto con las boquillas Optimización parcial de mano de obra Costos bajos en comparación a sistemas automáticos	Espacio necesario Personal cualificado Costo de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

#### **1.4.2 Máquina semiautomática rotativa (Alternativa 2)**

La máquina semiautomática rotativa realiza los procesos de lavado de forma automática y describe una trayectoria circular, sin embargo, es necesario cargar y descargar los bidones. En la fig. 1.5. Se observa la maquina semiautomática rotativa con capacidad de 300BPH, adaptada a la máquina de llenado a la salida del lavado.



**Figura 1.5. Lavadora semiautomática rotativa**

Fuente: (Anderson/Rich Consulting, 2013)

**Tabla 1.3. Tabla de ventajas/desventajas máquina lavadora semiautomática rotativa.**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Sistema compacto Costos bajos de construcción en comparación a máquinas automáticas Reducción parcial del personal	Cantidad mayor de agua consumida Parámetros de control más preciso (flujos de agua y tiempos de contacto) Sistema de adaptación de la salida complejo Personal cualificado Costos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

### 1.4.3 Máquina automática lineal (Alternativa 3)

La máquina automática lineal realiza los procesos de lavado de forma automática, describiendo una trayectoria lineal, y además cuenta con un sistema autónomo de carga y descarga de los bidones. En la fig. 1.6. Se observa una maquina automática lineal de una capacidad de 3000 BPH.



**Figura 1.6. Lavadora automática lineal**

Fuente: (Anderson/Rich Consulting, 2013)

**Tabla 1.4. Tabla de ventajas/desventajas máquina lavadora automática lineal.**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Maneja altos volúmenes de lavado de más de 500BPH Bajo consumo de agua en el lavado	Espacio necesario Inversión inicial elevada Altos costos de mantenimiento



<p>Mayor libertad en los puntos de contacto con las boquillas</p> <p>Reducción del personal dentro del proceso</p> <p>Mejor control de los tiempos de producción</p> <p>Mejora la eficiencia de todo el proceso</p>	<p>Personas técnico más preparado</p> <p>Diseño de planta apropiado</p>
---	---

Fuente: Elaboración propia.

## 1.5 Alternativas de diseño de máquina llenadora de bidones

En base al diseño de la primera máquina se debe proporcionar una capacidad de llenado similar a la de lavado por ello se establece una capacidad de diseño de 200BPH. Las formas usuales considerando el costo de elaboración y el nivel técnico de llenadoras manuales o semiautomáticas, son las de manuales por gravedad, manuales de nivel y semi automáticas de nivel. A continuación, se describe cada una de las lavadoras mencionadas.

### 1.5.1 Llenadora manual de gravedad (Alternativa 1)

La máquina manual de gravedad es la más básica y simple de las llenadoras, supone la consideración de la velocidad de llenado dependiendo de la altura del tanque de almacenamiento, con una palanca para cerrar o abrir el flujo de agua, y en algunos casos bajar la cánula o boquilla llenadora. El método introduce imprecisión en el llenado, posibles derrames, pero es económico y fácil de construir. En la figura 1.7. se muestra una maquina con proceso manual, con simple cánula de llenado, y palanca que abre y cierra simultáneamente todas las cánulas.

**Tabla 1.5. Tabla de ventajas/desventajas, llenadora manual por gravedad.**

Ventajas	Desventajas
<p>Económico</p> <p>Fácil mantenimiento</p> <p>Fácil construcción y diseño</p>	<p>Imprecisión del llenado</p> <p>Tiempos de llenado</p> <p>Desperdicio de agua excesivo</p> <p>Altura fija velocidad de llenado</p>

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 1.7. Llenadora manual por gravedad**

Fuente: (Hoffmann, 2015)

### **1.5.2 Llenadora manual de nivel (Alternativa 2)**

La máquina manual de nivel, sustituye el diseño gravitacional con el uso de una bomba que fija la velocidad de llenado, con una boquilla de llenado de nivel y reflujo, que contiene una cánula revestida que permite el reflujo para evitar excesos y garantizar un nivel uniforme de llenado. En la figura 1.8. se observa un sistema de llenado manual, que controla las boquillas de nivel y reflujo con un pedal que se presiona para levantar, su posición normal es en la posición de llenado, tal como se observa en la figura.



**Figura 1.8. Llenadora manual de nivel**

Fuente: (Fierro, 2014)

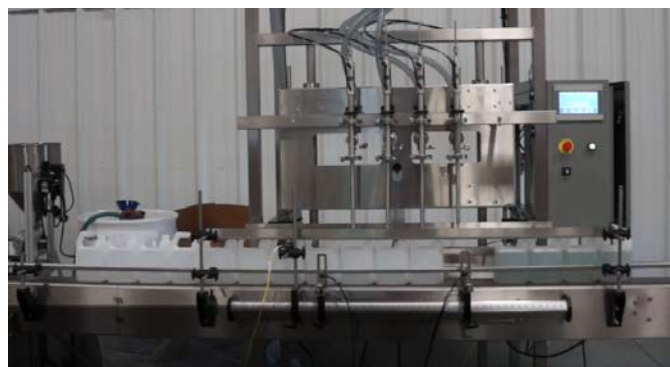
**Tabla 1.6. Tabla de ventajas/desventajas maquina llenadora manual de nivel.**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Velocidades de llenado mayores	Derrames de agua controlados
Mayor precisión en el llenado	Mayor consumo de energía
Costos bajos de construcción en comparación a máquinas semi automáticas	Personal cualificado
Reducción parcial del personal	Costos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

### **1.5.3 Llenadora semi automática de nivel (Alternativa 3)**

Las semi automáticas introducen en su operación sensores de posición y nivel o masa que controlan el llenado, y de forma automática llenan y hacen movilizar las botellas llenas o vacías, sus boquillas tienen al igual que la de nivel manual una cánula revestida que permite dar refluo al exceso de agua. En la figura 1.9. se observa una maquina llenadora semi automática con cánula revestida y que puede cambiar de medida dependiendo del recipiente que se vaya a llenar, la entrada y salida de los recipientes se realiza de forma manual.



**Figura 1.9. Llenadora semi automática de nivel**

Fuente: (APACKS, 2017)

**Tabla 1.7. Tabla de ventajas/desventajas maquina llenadora semiautomática de nivel.**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Maneja altos volúmenes de llenado de más de 500BPH Bajo consumo de agua en el llenado, derrames muy reducidos Reducción del personal dentro del proceso Mejor control de los tiempos de producción Mejora la eficiencia de todo el proceso	Espacio necesario Inversión inicial elevada Altos costos de mantenimiento Personas técnico más preparado

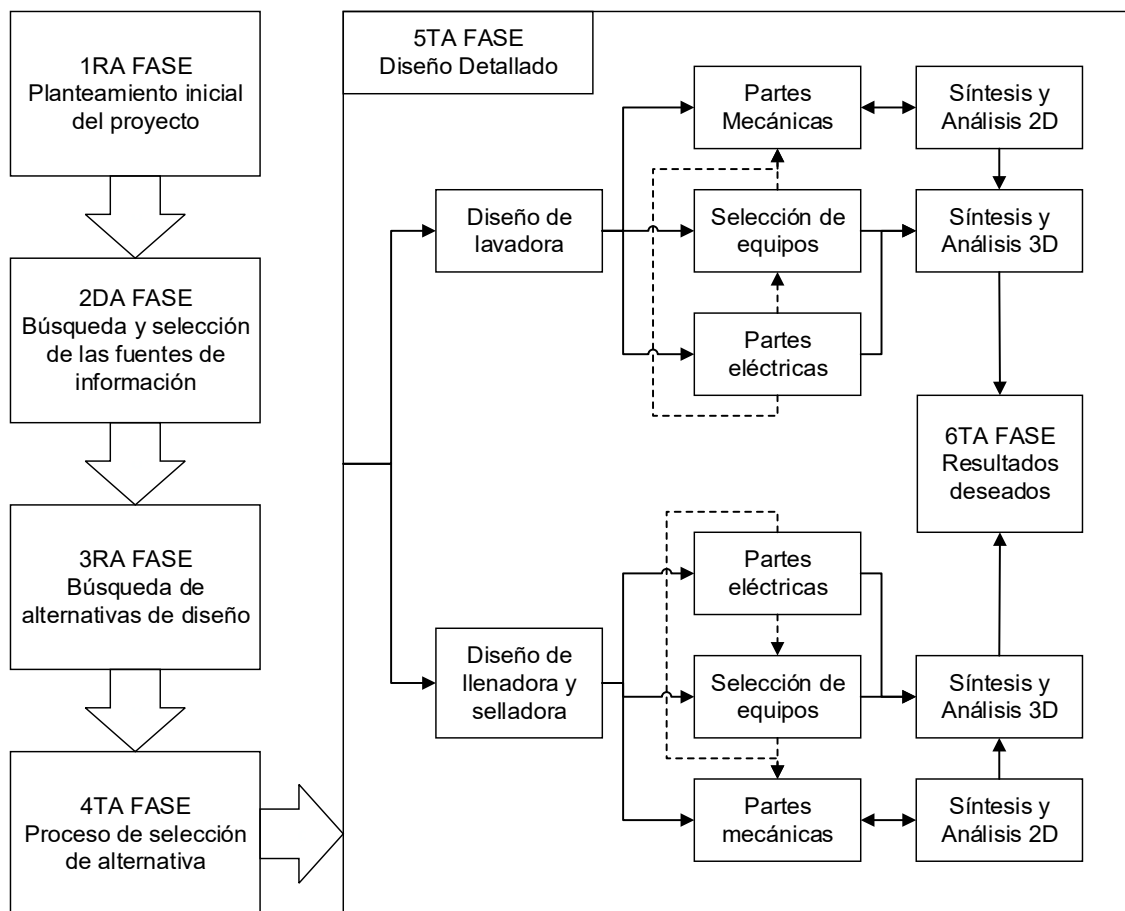
Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

En este capítulo se expone la selección del diseño, la metodología seguida en el diseño, explicación de cada uno de los pasos a seguir, los diseños de forma, parámetros del diseño, y el diseño detallado de cada sistema.

### 2.1 Descripción de las fases de la metodología



**Figura 2.1. Metodología del diseño del sistema de lavado, llenado y sellado de bidones con agua purificada**

Fuente: Elaboración propia

La figura 2.1. Ilustra el proceso de diseño del sistema de lavado, llenado y sellado de bidones con agua purificada, a continuación, se describen cada una de las fases incluidas en la metodología del diseño.

### **2.1.1 Proceso de elección de alternativas**

En base a los criterios de selección, considerados por parte del diseñador, se deben de analizar para obtener la mejor alternativa de solución para el problema en cuestión.

### **2.1.2 Diseño detallado**

En esta etapa se espera obtener los planos del modelado 3D de las máquinas, esto se consigue mediante un proceso de iteración entre las partes eléctricas, la parte mecánica y la selección de equipo, todos estos procesos deben ser considerados tanto en el análisis estructural como en la coordinación estética.

Para la lavadora las partes mecánicas son: el sistema sujetador de bidones, el sistema de transporte de bidones, sistema hidráulico de lavado de bidones, sistema estructural de las cabinas de lavado; la selección de equipo considera las cadenas del transportador, las bombas, los motores, filtros, boquillas, calentador; y las partes eléctricas consideran los sensores de control a utilizarse, los sistemas de protección eléctrica, los sistemas de control de operación.

Para la llenadora y selladora las partes mecánicas incluyen el sistema hidráulico del llenado, y el sistema estructural del llenado y sellado; en la selección de equipos se consideran las cadenas del transportador, la válvula del sistema de llenado, bombas, motores, sistemas de distribución de tapas, sistema de fijación de tapas; y en la parte eléctrica se incluyen los sistemas de protección eléctrica y los sistemas básico de control de operación.

En esta etapa se deben de tener en cuenta los factores del diseño, los cálculos matemáticos de las fuerzas a los que se encuentren sometidos los elementos, los dimensionamientos por fuerza, y los redimensionamientos

por estética y adaptación con los equipos necesarios. Al final de todo se necesita obtener la memoria de cálculo y el modelado 3D del sistema.

### **2.1.3 Consideraciones y detalles finales**

En esta etapa ya se cuenta con el modelado 3D, es necesario realizar el análisis económico del sistema de lavado, llenado y sellado, los planos de fabricación, y la memoria técnica de mantenimiento. Es la etapa final del proceso, pero tiene un proceso iterativo con el diseño detallado, es necesario chequear los costos de fabricación, y los demás generados en la operación, y analizar si la maquina es rentable.

## **2.2 Selección de la alternativa de diseño de máquina lavadora y llenadora de bidones**

Para determinar cuál de las alternativas descritas es la mejor para cubrir nuestra necesidad, se utilizó el método de la matriz de decisión, considerar que las alternativas están detalladas en el capítulo 1.

La matriz consiste en realizar un análisis de los diferentes diseños con los criterios, tanto técnicos como económicos, que se deseen en el diseño final de la máquina.

### **2.2.1 Descripción de las ponderaciones**

La ponderación de los criterios se realiza con escalas del 1 al 10, siendo 10 muy importante, y 1 poco importante. Los puntajes que se le puede dar a el diseño de la maquina lavadora o llenadora de bidones se escala del 1 al 5, siendo 5 un criterio fácil de manejar en la alternativa y 1 un criterio difícil de implementar.

Una vez que se obtienen la puntuación total de cada alternativa (PTA), la mayor puntuación será el determinante de la selección de la mejor opción.

### **2.2.2 Criterios de selección técnicos**

**Dimensiones (A).**- Las dimensiones que tenga el equipo no son tan importantes en nuestro diseño, dado que no existe limite real de área de

trabajo, sin embargo la maquina debe mantenerse tan compacta como sea posible. Puntuación 4/10.

**Peso (B).**- El peso total de la maquina viene correlacionado a las dimensiones de la misma, por lo tanto tampoco es un criterio limitante en el diseño, sino más bien con la evaluación final será un requerimiento de la instalación. Puntuación 4/10.

**Facilidad de operación (C).**- Este criterio tiene una importancia alta en el diseño. Dependiendo de la facilidad de operación el costo de operación se incrementará por los salarios necesarios para los operadores de la máquina, entre más sencillo sea operar la maquina mejor puntuada será la alternativa. Puntuación 8/10.

**Facilidad de mantenimiento (D).**- Para nuestro estudio el mantenimiento de la maquina debe ser de fácil comprensión y ejecución, para abaratar los costos de mantenimiento, entre más sencillo sea, mejor puntuada será la alternativa. Puntuación 6/10.

**Montaje e instalación (E).**- Como son máquinas que no se estarán moviendo constantemente, este factor no es limitante, pero se debe cuidar que la maquina sea de fácil montaje e instalación. Puntuación 4/10.

**Capacidad de trabajo (F).**- La capacidad de trabajo se estableció en 200BPH, es necesario indicar que para este criterio se debe analizar los costos de producción vs costos de automatización, según los fabricantes (Anderson/Rich Consulting, 2013) las máquinas automáticas se justifican para producción de más de 500BPH. Puntuación 10/10.

**Vida útil (G).**- Dado que se trata de máquina de alta inversión inicial se deben diseñar para al menos 10 años de vida útil, este parámetro es importante en el diseño. Puntuación 9/10.



**Ergonomía del operador (H).**- Este criterio analiza lo seguro y cómodo que se encuentra el operario en la máquina, es un parámetro de importancia elevada ya que los operarios y trabajadores en general deben de trabajar en lugares que no afecten a su salud. Puntuación 10/10.

### 2.2.3 Criterios de selección económicos

**Costo de fabricación (I).**- Debe de mantenerse tan bajo como sea posible, siempre garantizando la calidad de la maquina final. Es un parámetro de mediana importancia. Puntuación 6/10.

**Tiempo de fabricación (J).**- El tiempo que se emplee para fabricar una maquina incrementa su valor de fabricación, de igual manera entre menos tiempo de fabricación mejor evaluada será la alternativa. Es un parámetro de mediana importancia. Puntuación 5/10.

**Costo de mantenimiento (K).**- Los mantenimientos en una máquina de esta índole deben ser periódicos para mantener el estado de pureza del agua y la calidad del lavado, por ello estos costos deben ser tan bajos como sea posible. Puntuación 8/10.

**Costo de operación (L).**- En este tipo de máquinas los costos se generan por el agua que se consuma en el lavado, y por los mecanismos necesario que consuman electricidad. Es un criterio importante en la selección, dado que esta consideración en el diseño nos dará ventaja competitiva por el precio final del producto. Puntuación 8/10.

**Disponibilidad local de materiales y equipos (M).**- El objetivo de la construcción de esta máquina a nivel local es que sea fácil conseguir los repuestos y que a pesar de un costo de fabricación un poco más elevado, se puedan mantener costos de mantenimiento y operación bajos. Es un criterio de alta importancia. Puntuación 10/10.

#### 2.2.4 Matriz de selección de máquina lavadora de bidones

En la tabla 2.1. se observa la matriz con las evaluaciones a cada alternativa de diseño, de la cual se obtiene que la alternativa 1 es la mejor puntuada, con una puntuación ponderada de 6.8 de 10.

**Tabla 2.1. Matriz de decisión para la lavadora de bidones**

Criterios	Valor de importancia	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		
		Puntaje Parcial	Puntaje Final	Puntaje Parcial	Puntaje Final	Puntaje Parcial	Puntaje Final	
Técnicos	A	4	3	12	4	16	1	4
	B	4	3	12	4	16	1	4
	C	8	3	24	3	24	5	40
	D	6	3	18	2	12	1	6
	E	4	2	8	2	8	1	4
	F	10	5	50	5	50	1	10
	G	9	4	36	4	36	5	45
	H	10	4	40	4	40	5	50
Económicos	I	6	3	18	3	18	1	6
	J	5	2	10	2	10	1	5
	K	8	3	24	3	24	1	8
	L	8	4	32	2	16	1	8
	M	10	3	30	3	30	2	20
Puntaje Máximo	460	PTA	314	PTA	300	PTA	210	
Ponderación 1 al 10			6,8		6,5		4,6	

Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.5 Matriz de selección de máquina llenadora de bidones

En la tabla 2.2. se observa la matriz con las evaluaciones a cada alternativa de diseño, de la cual se obtiene que la alternativa 2 es la mejor puntuada, con una puntuación ponderada de 7.0 de 10.

**Tabla 2.2. Matriz de decisión para la llenadora de bidones**

Criterios	Valor de importancia	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		
		Puntaje Parcial	Puntaje Final	Puntaje Parcial	Puntaje Final	Puntaje Parcial	Puntaje Final	
Técnicos	A	4	4	16	4	16	2	8
	B	4	4	16	4	16	2	8
	C	8	1	8	3	24	5	40
	D	6	3	18	3	18	2	12
	E	4	3	12	3	12	1	4
	F	10	3	30	5	50	1	10
	G	9	4	36	4	36	5	45
	H	10	2	20	3	30	5	50
Económicos	I	6	5	30	3	18	1	6
	J	5	3	15	3	15	1	5
	K	8	3	24	3	24	1	8
	L	8	2	16	3	24	4	32
	M	10	4	40	4	40	2	20
Puntaje Máximo	460	PTA	281	PTA	323	PTA	248	
Ponderación 1 al 10			6,1		7,0		5,4	

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Factores de influencia

Los factores de influencia consideran las propiedades físicas del producto, las condiciones de trabajo y el tiempo de vida útil del sistema.

### 2.3.1 Factores de influencia de la maquina lavadora

**Capacidad de lavado.** - Uno de los principales detalles a considerar son el número de bidones por hora que la maquina pueda manejar, para el diseño a realizar se utilizara una capacidad de 200BPH.

**Presión de lavado.** - Según la experiencia de varios fabricantes (Anderson/Rich Consulting, 2013), el proceso se optimiza a presiones de 2 a 3bar. Para la maquina a diseñar se considerará una presión de 2bar o 2MPa.

**Temperatura de lavado.** - Según el código de procesos y controles (FDA, 2016) y los fabricantes, la temperatura del proceso de lavado, la etapa con detergente, debe de ser entre 60-65 °C.

**Tiempo por estación.** - La optimización para las presiones indicadas, se da en rangos de tiempo de 15 a 45 seg (Anderson/Rich Consulting, 2013), la maquina considerara 30 seg por cada estación.

**Flujo de agua necesario.**- Para la optimización de las presiones y los tiempos, los flujos de agua que deben usarse en el proceso completo deben estar arriba del 80% y hasta un 120% del volumen que contenga el recipiente, para altas capacidades de lavado suele estar por arriba de los 20lt (Anderson/Rich Consulting, 2013), en el diseño se emplean 180seg de contacto directo con agua, por lo tanto el flujo será como mínimo de 5.3lt/min y máximo de 8lt/min, fijándose finalmente por las bombas seleccionadas.

**Materiales de construcción.**- Según las regulaciones internacionales (FDA, 2016), los materiales para el proceso deben de ser en aceros grado alimenticio, en el medio el acero que cumple con las características de anticorrosión alimenticia es el AISI 304, y el AISI 316, de entre los dos el 316 se emplean en sistemas de alta corrosión, y el AISI 304 en la mayoría de las aplicaciones alimenticias (Multimet, 2014). Con estas consideraciones y por la facilidad de encontrar el acero AISI 304, la estructura de la maquina se realizará con este material.

### **2.3.2 Factores de influencia de la maquina llenadora**

**Volumen a dosificar.**- Los recipientes que se van a llenar necesitan una carga de 20 litros.

**Flujos de llenado.**- Por la experiencia de los fabricantes estos flujos de llenado pueden ser de 50lt/min, manteniendo tiempos de llenado por debajo de los 25 segundos.

**Dimensiones del bidón.-** Los bidones son de tamaño estándar, en su momento se analizarán las medidas de la toma de agua detalladamente para obtener los datos para la selección de la válvula de dosificación.

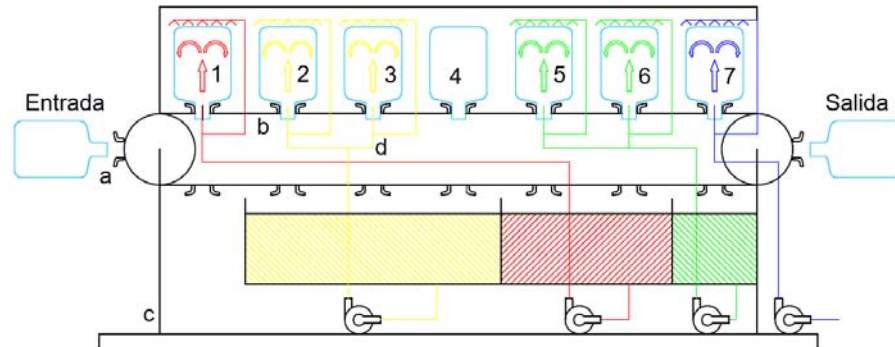
#### **2.4 Descripción del funcionamiento del sistema**

La máquina deberá cumplir con las funciones necesarias para ser capaz de lavar los bidones, llenar con agua purificada, dosificar las tapas de los bidones y finalmente el tapado. Esto deberá realizarse con ayuda de un operador ya que las máquinas son semiautomáticas, es decir un operario realiza la inspección de los bidones de manera visual para detectar daños, malos olores, una vez terminado el proceso, el operador carga el bidón en el sistema de sujeción para que la máquina haga el trabajo de pre-lavado interior y exterior del bidón con agua resultante del pre enjuague utilizando chorros de mediana presión, luego pasa al lavado donde se lo hace con agua más soluciones químicas bactericidas no causticas (Samipax) para evitar dañar los bidones a una temperatura entre 60 o 65°C para luego pasar a la estación de escurrimiento, después avanza hasta la estación de pre-enjuague donde se utiliza agua resultante del enjuague final, así mismo con chorros de mediana presión, luego pasa a la etapa de enjuague que se lo realiza con agua ozonizada para garantizar la limpieza del bidón, una vez terminado el proceso de lavado, el operador toma el bidón y lo traslada al proceso de llenado que se lo hace con un sistema de válvulas de nivel que controlan la cantidad de agua (20 litros), luego el bidón avanza mediante un sistema de rodillos manual a la dosificadora de tapas para que luego se realice un tapado manual aplicando presión sobre las tapas.

#### **2.5 Diseño de forma del sistema**

A través del funcionamiento descrito en el punto anterior, se propone un diseño de forma para una visualización de la posible morfología para cada una de las máquinas mostradas en las figuras 2.2 y 2.3.

## 2.5.1 Diseño de forma de la maquina lavadora



**Figura 2.2. Diseño de forma de la lavadora de bidones**

Fuente: Elaboración propia

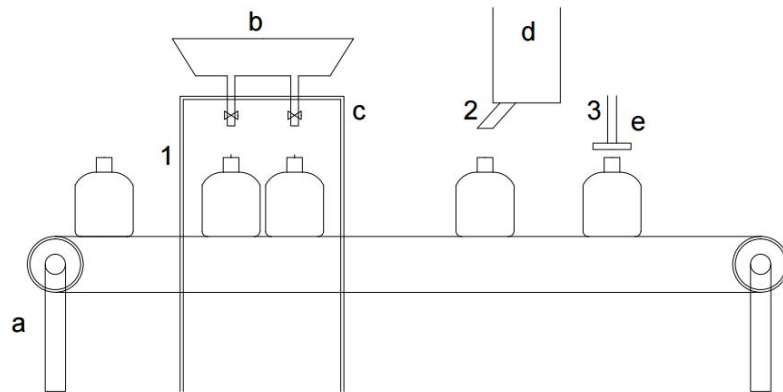
Partes Componentes:

- a) Sistema de sujeción
- b) Sistema de transporte
- c) Estructura
- d) Sistema hidráulico

Etapas del proceso:

1. Pre-lavado
2. Lavado
3. Lavado
4. Escurrimiento
5. Pre-enjuague
6. Pre-enjuague
7. Enjuague
8. Escurrimiento

### 2.5.2 Diseño de forma de la maquina llenadora y selladora



**Figura 2.3. Diseño de forma del llenado de bidones**

Fuente: Elaboración propia

Partes Componentes:

- a) Sistema de transporte
- b) Sistema de llenado
- c) Estructura
- d) Dispensador de tapas
- e) Selladora a presión

Etapas del proceso:

1. Llenado
2. Dosificación de tapas
3. Tapado

### 2.6 Diseño detallado del proceso de lavado

El proceso de lavado concibe el diseño de una maquina lavadora de bidones semiautomática, en la figura 2.4 se observa el diseño final de la lavadora semiautomática, siguiendo la metodología del diseño de esta máquina es necesario realizarlo por partes y etapas, considerando que el objetivo del diseño es utilizar materiales del propio medio.

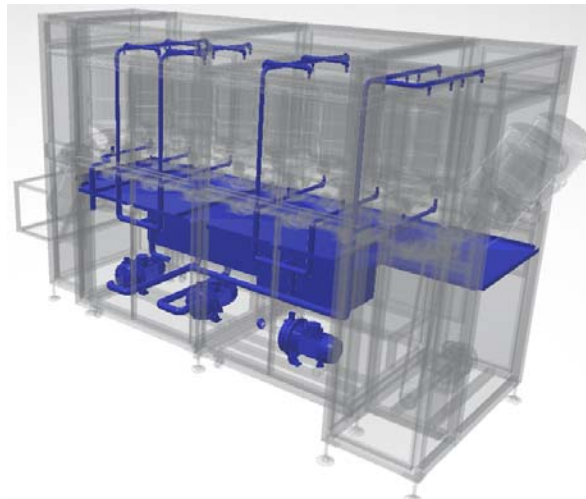
La primera etapa es la selección de los equipos en base a los parámetros del diseño, la segunda etapa es el diseño mecánico de las partes mecánicas y la

tercera etapa es la selección del tipo de control para la automatización de la máquina. Las partes principales de la máquina son el sistema transportador, el sistema hidráulico y la estructura principal, se va a realizar el diseño de cada sistema.

La máquina lavadora de bidones está diseñada para 5 fases de lavado (pre lavado, lavado, escurrimiento, pre enjuague y enjuague) y 7 estaciones, para mejorar los tiempos de proceso se emplean 30 segundos para cada estación, y un tiempo muerto de 28 segundos para todo el proceso, con un total de 308 segundos aproximadamente, extrapolando al número de etapas y tiempos muertos, 2 bidones se lavan cada 34 segundos, o 211 bidones por hora.

### **2.6.1 Sistema de bombeo de la máquina lavadora de bidones**

Como se observa en la figura 2.4, el sistema hidráulico contempla el sistema de tuberías, las bombas, los tanques de recolección, y las boquillas de salida.



**Figura 2.4. Sistema de bombeo de la lavadora de bidones**

Fuente: Elaboración propia

#### **2.6.1.1 Selección de equipos**

Dentro del sistema hidráulico los elementos principales a seleccionar son las boquillas, las bombas, y las tuberías. Para la máquina lavadora es



necesario trabajar con presiones de 0.20MPa, a continuación, se presentan los equipos seleccionados.

### 2.6.1.1.1 Selección de boquillas

De las ocho estaciones, seis de ellas tienen entrada de agua por la parte inferior, y de estas cuatro estaciones también tienen entrada de agua por la parte superior, en total a cada estación se debe de entregar mínimo 5.3lt/min, y una presión de operación de 0.2MPa, por estas pequeñas variaciones de flujo se debe analizar a conveniencia los tamaños de las boquillas, en el mercado nacional se han buscado boquillas de acero inoxidable, el modelo general de las boquillas y los diferentes tamaños para satisfacer las necesidades de flujo y presión. En la figura 2.5 se observa el modelo a utilizar.



Cuerpo de una pieza  
1/8" a 1" NPT o BSPT (M)

**Figura 2.5. Modelo de boquilla seleccionada**

Fuente: Consultado en catálogos de (Spraying System Co, 2017)

En la tabla 2.3 se resumen las selecciones para cada estación, etapa, en base a la presión de operación y flujo de alimentación.

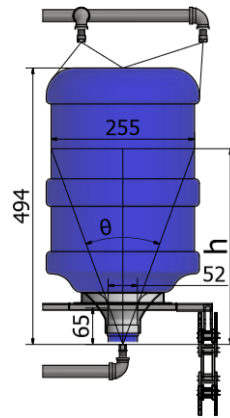
**Tabla 2.3. Valores de velocidad para los diferentes tramos del sistema**

<i>Estacion</i>	<i>Boquillas</i>		<i>P[MPa]</i>	$Q_u \left[ \frac{lt}{min} \right]$	$Q_e \left[ \frac{lt}{min} \right]$	$Q_T \left[ \frac{lt}{min} \right]$
A1	2	1/4 N10	0.2	6.2	12.4	22
	8	1/8 N2	0.2	1.2	9.6	
B1	2	1/4 N6.5	0.2	4.0	8.0	24.12
	6	1/8 N1	0.2	0.62	3.72	
B2	2	1/4 N10	0.2	6.2	12.4	

C1	2	1/4 N6.5	0.2	4.0	8.0	23.14
	6	1/8 N1	0.2	0.62	3.72	
C2	2	1/4 N6.5	0.2	4.0	8.0	
	6	1/8 N1	0.2	0.62	3.72	
D1	2	1/2 N16	0.05	5.2	10.4	10.4

Fuente: Elaboración propia, consultado de (Spraying System Co, 2017)

Se comprueba el alcance de las boquillas a cada modelo seleccionado, en la figura 2.6 se observa dimensiones claves para comprobar si la boquilla con su ángulo ( $\theta$ ) de aspersión toca las paredes del bidón, en la tabla 2.4 se observa el modelo de las boquillas su ángulo de aspersión ( $\theta$ ), su alcance total (AT) a una distancia de 500mm y la altura en la que el agua entra en contacto directo con el bidón.



**Figura 2.6. Bidón con boquilla en la parte inferior y superior**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.4. Parámetros de contacto del agua con los bidones**

<i>Boquillas</i>	<i>P</i> [MPa]	<i>Q<sub>u</sub></i> [ $\frac{lt}{min}$ ]	$\theta$ [°]	<i>AT</i> [cm]	<i>x</i> [mm]	<i>h</i> [mm]
1/4 N6.5	0.2	4.0	44.5	40.9	53.2	249.5
1/4 N10	0.2	6.2	46.3	42.8	55.6	176.1
1/2 N16	0.05	5.2	44.5	40.9	53.2	249.5

Fuente: Elaboración propia, consultado de (Spraying System Co, 2017)

El valor x que se registra en la tabla 2.4 es el diámetro del cono a la altura del cuello, en la figura 2.6 se observa que este diámetro es de 52mm, por lo tanto, el flujo efectivo de agua que toca el fondo del botellón es superior al 85%.

#### **2.6.1.1.2 Selección de bombas**

Para el proceso se necesitan 3 bombas, para las etapas de pre lavado, lavado y pre enjuague. En la tabla 2.3 se observa que los flujos totales por etapa son de 24lt/min y presión de 0.2MPa aproximadamente, con lo que la bomba a seleccionar es un solo modelo para las tres etapas.



**Figura 2.7. Bomba Ebara CDX70 0.75HP 3F**

Fuente: Tomado de (EBARA, 2017)

El modelo de bomba seleccionado para las tres etapas es el CDX70 de marca Ebara (figura 2.7), bomba centrífuga de acero inoxidable 304, con temperatura máxima de 70°C, la succión de 32mm y la descarga de 25mm, de 0.56kW de potencia y con conexión 220 V trifásico. En el apéndice B se muestra la gráfica de rendimiento del modelo seleccionado.

#### **2.6.1.1.3 Selección de tuberías y accesorios**

Las tuberías en el mercado nacional utilizan la norma ANSI y es normal emplear la nomenclatura en pulgadas y cedula para identificar la tubería, sin embargo para propósitos de homogenización del sistema de unidades utilizado en este documento se empleara las

equivalencias registradas en la tabla 2.5, entre sistema inglés e internacional establecidas por el sistema ISO (Organización de Estándares Internacionales, de sus siglas en inglés), en adelante se utilizarán estas equivalencias para describir las tuberías en pulgadas.

**Tabla 2.5. Equivalencias en mercado entre los tamaños ANSI y DN**

Tamaño estándar tradicional (pulg)	Tamaño métrico DN (mm)
1/8	6
1/4	8
1/2	15
1	25
1 1/4	32
1 1/2	40
2	50
3	75

Fuente: Elaboración propia, tomado de (E., 2012)

Las tuberías se seleccionan en base a la velocidad y presión de trabajo. Las tuberías más comunes en el mercado son las que se construyen según la norma ASTM A-312, en acero inoxidable AISI 304 y en SCH 40, se emplearán tuberías de diámetro 32mm para la succión, y de 25mm en la descarga de las bombas y 15mm de diámetro cuando el caudal se reduzca, según los fabricantes (Distribuidora Metalica S.A. de C.V., 2014), las presiones de trabajo son respectivamente 1.7, 2.05, 2.7MPa. La ecuación (Ec 2.1.) considera la ley de conservación de masa, establece una relación entre la velocidad del fluido y el caudal que pasa por una determinada sección, en este caso en particular interesa determinar la relación directa con el diámetro de la tubería.

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \text{Ec 2.1.}$$

En donde:

$v$ : Velocidad del fluido [m/s]

$Q$ : Caudal que pasa por la tubería [m<sup>3</sup>/s]

$D$ : Diámetro de la tubería [m]

En la tabla 2.6 se observa los valores de las velocidades en base a los caudales necesarios y los diámetros establecidos (Ec 2.1.), todos los valores de la velocidad se mantienen debajo de la velocidad recomendada de 2 m/s.

**Tabla 2.6. Valores de velocidad para los diferentes tramos del sistema**

$v \left[ \frac{m}{s} \right]$	$Q \left[ \frac{m^3}{s} \right] (10^{-4})$	$D [mm]$	$v \left[ \frac{m}{s} \right]$	$Q \left[ \frac{m^3}{s} \right] (10^{-4})$	$D [mm]$
0.456	3.67	32	0.500	4.02	32
0.480	3.86	32	0.747	3.67	25
0.819	4.02	25	0.786	3.86	25
0.353	1.73	25	0.421	2.07	25
0.398	1.95	25	1.169	2.07	15
0.905	1.60	15	0.755	1.33	15
0.351	0.62	15			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.7 se registran los accesorios necesarios para los diferentes sistemas de tuberías por etapas.

**Tabla 2.7. Accesorios de tubería por etapas de lavado**

Pre lavado		Lavado	
Codo 90° 32mm	3	Codo 90° 32mm	2
Codos 90° 25mm	1	Codos 90° 25mm	4
T Reductora de 25, 15, 15mm	1	T 25mm	1
T 15mm	1	T Reductora de 25, 15, 15mm	1
Codo 90° 15mm	4	Codo Reductor 90° 25, 15mm	1
T Reductora de 15, 15, 8mm	7	T Reductor 15, 15, 8mm	3
Reductor de 8M a 6H mm	8	Codo 90° 15mm	1
Codo Reductor 90° 15, 8mm	3	Cruz 15mm	2
Adaptador H H 8mm	1	Codo Reductor 90° 15, 8mm	7

		Reductor de 8M a 6H mm	6
<b>Pre enjuague</b>		Adaptador H H 8mm	2
Codo 90° 32mm	3	Manómetro 0-7bar 50mm de dial, toma de 8mm	1
Codos 90° 25mm	4		
T 25mm	1		
T Reductora de 25, 15, 15mm	2		
Codo 90° 15mm	2	<b>Enjuague</b>	
Cruz 15mm	4	Codos 90° 25mm	1
T Reductora de 15, 15, 8mm	4	Codo Reductor 90° 25, 15mm	1
Codo Reductor 90° 15, 8mm	12	Codos 90° 15mm	2
Reductor de 8M a 6H mm	12	T Reductora de 15, 15, 8mm	1
Adaptador H H 8mm	2	Codo Reductora 90° 15,8mm	1
Manómetro 0-7bar 50mm de dial, toma de 8mm	1		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.8 se registran los valores de las longitudes equivalentes de cada accesorio y tramos continuos de tubería de la boquilla más alejada a la bomba en base a su diámetro y flujo, la pérdida reduce 0.02bar, por lo tanto, todas las boquillas trabajarán a la presión de diseño de 2.0bar.

**Tabla 2.8. Pérdidas por fricción en la boquilla más crítica**

<i>Accesorio</i>	<i>D [mm]</i>	<i>Q [ <math>\frac{lt}{min}</math> ]</i>	<i>Le [m]</i>	$\frac{\Delta P}{L} [ \frac{bar}{10m} ]$	$\Delta P [bar]$
Tubería	25	22	1.235	0.025	0.008
Codo	25	22	0.762		
T reductora	25	22	1.524		
Tubería	15	9.6	0.600	0.080	0.006
T	15	9.6	0.254		
Tubería	15	4.8	0.542	0.020	0.004
Codo (2)	15	4.8	0.381		
T (3)	15	4.8	0.344		
<b>TOTAL</b>					0.018

Fuente: Elaboración propia

#### 2.6.1.1.4 Selección de resistencias eléctricas

Para aproximar las pérdidas de calor que el agua sufrirá luego del contacto con los bidones, se utilizará la ley universal de conservación de

energía (Incropera, 1999) que relaciona la cantidad de calor que pierde el agua con la que gana el bidón, la ecuación 2.2 muestra la relación de cantidad de energía de un cuerpo, se supone un temperatura de 60° para el agua y 24°C para los bidones.

$$m_w C_w (333 - T_e) = m_p C_p (T_e - 297) \quad \text{Ec 2.2.}$$

En donde:

$m$ : Masa [Kg]

$C$ : Calor específico [J/KgK]

$T_e$ : Temperatura de equilibrio[K]

La temperatura de equilibrio es una suposición considerando intercambio únicamente entre el bidón y el agua y es la que se alcanzaría luego de un tiempo muy largo en comparación a los 30s de contacto, en la tabla 2.9 se observa las variables y el valor que debería tomar la temperatura de equilibrio.

**Tabla 2.9. Temperaturas de equilibrio**

<i>Material</i>	<i>m [Kg]</i>	<i>C [ <math>\frac{J}{KgK}</math> ]</i>	<i>T<sub>e</sub> [K]</i>
Agua bidón	6.5	4186	330.8
Polipropileno	3.25	1700	
Agua total	13	4186	328.7
Acero Inoxidable	14.8	502	

Fuente: Elaboración propia, tomado de (Incropera, 1999)

Antes y después de pasar por los bidones el agua también toca el acero inoxidable, que en total tiene una masa de 14.8Kg, suponiendo una relación igual a la de la Ec 2.2 pero con el acero inoxidable tendremos que la temperatura de equilibrio sería 330.5K, que se lograría en un tiempo muy superior a los 30s, se puede asumir que en un recorrido la pérdida de calor sería la 4ta parte de la pérdida final, es decir la pérdida

en el equilibrio sería de 8K, y por cada recorrido sería de aproximadamente 2K, más posibles pérdidas en el ambiente de 3K, tenemos 5K de variación por cada viaje.

Para determinar la cantidad de potencia para las resistencias en cada viaje se debe de considerar además de la variación de la temperatura del agua, el incremento de un 10% de agua de reposición por fuga dentro del bidón, en la Ec 2.3 se observa la relación de potencia para las resistencias eléctricas como una suma de la energía de aporte por pérdidas y por incrementos de agua.

$$P = \dot{m}_w C_w (5) + 0.1 \dot{m}_w C_w (36) \quad \text{Ec 2.3.}$$

En donde:

$P$ : Potencia [W]

$\dot{m}_w$ : Flujo másico [Kg/s]

En la tabla 2.10 se observa el valor de la potencia teórica necesaria en el tanque de calentamiento, en el mercado las resistencias que tienen dimensiones aptas para el tanque de lavado tienen máximo potencia de 5KW y un tapón de 25.4 mm.

**Tabla 2.10. Potencia necesaria para el flujo de agua**

$P$ [KW]	$\dot{m}_w$ $\left[\frac{Kg}{s}\right]$	$C_w$ $\left[\frac{J}{KgK}\right]$
14.5	0.402	4186

Fuente: Elaboración propia, tomado de (Incropera, 1999)

Se seleccionan 4 resistencias de 5KW, que tienen un tapón de 25.4 mm, pueden conectarse a 220V monofásico o trifásico con la condición de conexión adecuada. Es necesario conocer el tiempo inicial para precalentar el agua del tanque de lavado, de la ecuación 2.4. se obtiene que se necesita 7 min aproximadamente.



$$Pt = m_w C_w (36) \quad \text{Ec 2.4.}$$

En donde:

$t$ : Tiempo [s]

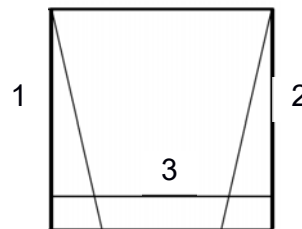
### 2.6.1.2 Diseño Mecánico

Dentro del sistema de bombeo los elementos mecánicos a diseñar son los tanques de recolección del agua empleada en cada estación y la bandeja de recolección.

#### 2.6.1.2.1 Diseño estático de los tanques del sistema

Para ahorrar agua el tanque de recolección de la etapa de enjuague, alimenta la bomba de la etapa de pre enjuague, y el tanque de recolección del agua de estas dos estaciones de pre enjuague alimentan la bomba de la etapa de pre lavado, el tanque de la etapa de pre lavado descarga el agua de la lavadora, el tanque de la etapa de lavado incluye un diseño que se autoalimenta, calienta y mantiene el agua a 60°C.

Todos los tanques tienen en común su capacidad de almacenamiento, la altura de los tanques es de 350mm, y dos de ellos se encuentran abiertos a la atmósfera. En la figura 2.8 se observa el perfil hidrostático para el tanque genérico de todos los tanques a diseñar. El diseño se puede realizar aplicando análisis por vigas con momento flector.



**Figura 2.8. Perfil hidrostático de los tanques**

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la pared 1 y 2, el análisis se puede realizar por viga en voladizo, en el caso 3 por viga simplemente apoyada. El esfuerzo máximo en cada caso se calcula con la ecuación (Ec 2.5.).

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec 2.5.}$$

En donde:

$\sigma$ : Esfuerzo máximo [Pa]

$M$ : Momento flector máximo [Nm]

$c$ : Distancia entre el eje neutro y la fibra más alejada [m]

$I$ : Inercia del perfil en flexión [m<sup>4</sup>]

Reemplazando la inercia y la distancia a la fibra más alejada, el esfuerzo queda en función de las dimensiones de las planchas que conforman el tanque, y tenemos la relación de la ecuación (Ec 2.6.).

$$\sigma = \frac{6M}{Le^2} \quad \text{Ec 2.6.}$$

En donde:

$L$ : Largo de la plancha de sección [m]

$e$ : Espesor de la plancha [m]

Las propiedades mecánicas de las planchas empleadas en los tanques se encuentran en la tabla 2.11, acero inoxidable AISI 304.

**Tabla 2.11. Propiedades Mecánicas del acero AISI 304 en plancha**

R. Mecánica		P. Fluencia		Elongación %Min	Prueba dureza (Max)	
Kg/mm <sup>2</sup>	Ksi	Kg/mm <sup>2</sup>	Ksi		Rockwell B	Vickers
49	69.5	17.5	25.5	40	81.7	160

Fuente: Elaboración propia, consultado de (DIPAC S.A., 2016)

La expresión para el cálculo del factor de seguridad se encuentra en la ecuación (Ec 2.7.).

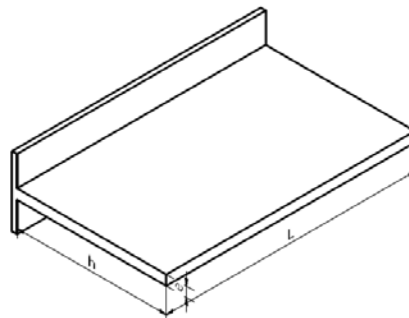
$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma} \quad \text{Ec 2.7.}$$

En donde:

$SF$ : Factor de seguridad [Adimensional]

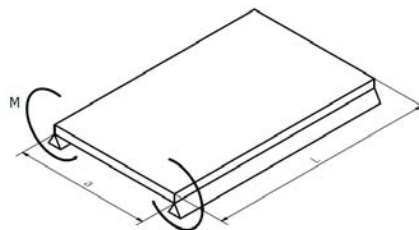
$\sigma_y$ : Esfuerzo de fluencia del material [175MPa]

Cada tanque estaría conformado por 4 vigas en voladizo con la plancha del fondo (figura 2.9), y 1 viga simplemente apoyada que sería la del fondo (figura 2.10), se realiza el análisis de fuerzas correspondiente usando las variables de las figuras.



**Figura 2.9. Plancha del tanque en voladizo para efecto de calculo**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.10. Plancha del tanque simplemente apoyada para efecto del calculo**

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de voladizo la expresión para el momento máximo, que se encuentra en la base de la viga tiene la expresión que se observa en la ecuación (Ec 2.8.)

$$M = \frac{\rho g L h^3}{6} \quad \text{Ec 2.8.}$$

Donde:

$\rho$ : Densidad del fluido [para el agua 1000Kg/m<sup>3</sup>]

$g$ : Aceleración gravitacional [9.81m/s<sup>2</sup>]

$h$ : Altura del tanque [m]

Reemplazando las ecuaciones (Ec 2.8.), (Ec 2.6.) en la ecuación (Ec 2.7.) se obtiene la siguiente expresión para el espesor de la plancha (Ec 2.9.), independiente de la longitud de profundidad de la plancha, por lo que es la expresión única que determina el espesor de las 4 planchas de cada uno de los 4 tanques.

$$e = \sqrt{\frac{SF\rho gh^3}{\sigma_y}} \quad \text{Ec 2.9.}$$

Empleando un factor de seguridad de 1.2, el espesor necesario para la plancha según la ecuación (Ec 2.9.), es de 1.7mm, las planchas del mercado más próximas son las de 3mm. Para la plancha de fondo, la expresión para el momento se describe en la ecuación (Ec 2.10.)

$$M = \frac{\rho ghL(3a^2 + 4h^2)}{24} \quad \text{Ec 2.10.}$$

Donde:

$a$ : Distancia entre los soportes de la plancha del fondo del tanque [m]

Reemplazando las ecuaciones (Ec 2.10.), (Ec 2.6) en la ecuación (Ec 2.7.) se obtiene la ecuación del espesor de la plancha (Ec 2.11.), una vez más la expresión es independiente del largo de profundidad de la plancha.

$$e = \sqrt{\frac{SF\rho gh(3a^2 + 4h^2)}{4\sigma_y}} \quad \text{Ec 2.11.}$$

Evaluando la expresión para la distancia entre soportes del tanque de pre lavado y enjuague que son iguales ( $a=250\text{mm}$ ), y un factor de seguridad de 1.2 se obtiene que el espesor es de 2.0mm, las planchas del mercado más próximas son las de 3mm de espesor.

#### **2.6.1.2.2 Diseño estático de las bandejas del sistema**

Las bandejas deben sujetarse a la estructura principal usando pernos de acero inoxidable de 6mm de diámetro, y tienen un espesor de 1.5mm en acero inoxidable AISI 304, las cargas a las que se someten son muy bajas, no representan ningún inconveniente. La forma necesaria para cada plancha se presenta en los anexos en los planos de la máquina.

#### **2.6.1.2.3 Diseño térmico del aislamiento del tanque de lavado**

Considerando las dimensiones del tanque de lavado, y la cantidad de agua que tendrá en su interior, se desea aislar dicha energía manteniendo dimensiones manejables y las pérdidas al mínimo, por debajo del 0.15%. La ecuación 2.12 es la relación de la transferencia de calor por conducción (Incropera, 1999), y nos es útil para determinar el espesor del aislamiento a colocar.

$$q = k \frac{\Delta T}{b} \quad \text{Ec 2.12.}$$

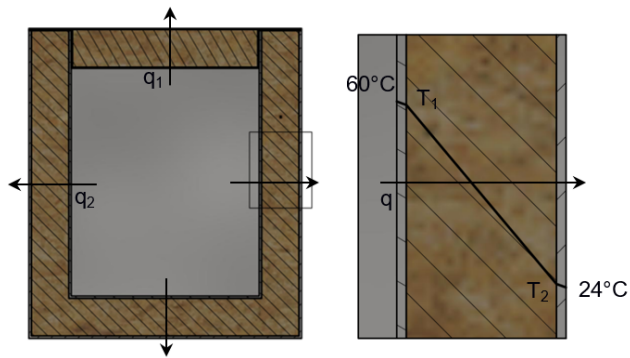
En donde:

$q$ : Flujo de calor [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$k$ : Conductividad térmica [W/mK]

$b$ : Distancia en el eje del flujo del calor [m]

En la figura 2.11 se observa 2 de 3 tipos de flujos que duplicados transfieren calor en cada una de las 6 caras del tanque, y el perfil de temperatura que inicia en 60°C dentro y en el exterior es 24°C.



**Figura 2.11. Flujos de calor a través del tanque de lavado**

Fuente: Elaboración propia

Son tres planchas de dos diferentes materiales, para determinar la resistencia equivalente se emplea la ecuación 2.13 (Incropera, 1999).

$$q = \frac{\Delta T}{R_T} \quad \text{Ec 2.13.}$$

En donde:

$R_T$ : Resistencia térmica [Km<sup>2</sup>/W]

La analogía eléctrica son 3 resistencias térmicas en serie, en la ecuación 2.14 se observa esta relación.

$$R_T = \sum_{i=0}^{i=3} \frac{b_i}{k_i} \quad \text{Ec 2.14.}$$

Considerando lana de roca como material aislante, una energía interna de 16000W, un área interna de 0.655m<sup>2</sup> y pérdidas del 0.15% (37 W/m<sup>2</sup>), en la tabla 2.12 se registran los detalles de las variables y el espesor necesario de aislamiento.

**Tabla 2.12. Variables de transferencia de calor en el tanque de lavado**

<i>i</i>	$k \left[ \frac{W}{mK} \right]$	<i>b</i> [m]	$q \left[ \frac{W}{m^2} \right]$
1	16.3	0.003	37
2	0.043	0.042	$\Delta T$ [K]
3	16.3	0.003	36

Fuente: Elaboración propia, tomado de (Incropera, 1999)

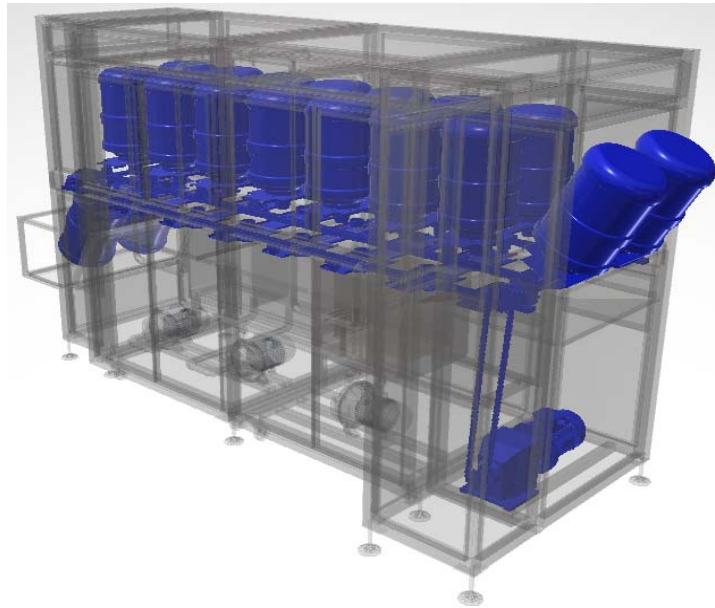
Según el cálculo, el aislamiento tendría que tener 42mm de espesor, en el mercado el más próximo es el de 50mm, que nos proporciona dimensiones adecuadas y un mayor aislamiento de la energía del agua.

### 2.6.1.3 Control del Sistema Bombeo

Para el control del sistema de bombeo se emplean 3 variadores de frecuencia para protección y variación en los flujos de las bombas, los variadores serán de 1F/3F, o 3F para instalación en lugares con conexión monofásica. Para el tanque de lavado, es necesario un termistor en control on/off a las 4 resistencias eléctricas calculadas de 5Kw cada una, se necesita mantener a 60°C la mezcla de detergente y agua. Se empleará una resistencia tubular de 5kW, y un termistor de hasta 80 °C.

### 2.6.2 Sistema transportador de la maquina lavadora de bidones

Como se observa en la figura 2.12, el sistema transportador de la maquina contempla el sistema motriz de movimiento, el sistema de transporte de los bidones, el eje motriz e impulsado, el sistema de sujeción del bidón.



**Figura 2.12. Sistema de transporte de la lavadora de bidones**

Fuente: Elaboración propia

### **2.6.2.1 Diseño preliminar elementos mecánicos**

En el sistema transportador es importante conocer los pesos que el transportador debe de arrastrar para seleccionar el paso correcto que soporte dicha carga, dentro de los elementos mecánicos a diseñar se debe de considerar el sistema de sujeción de los bidones, el implemento de la cadena para soportar a los bidones.

#### **2.6.2.1.1 Diseño del sistema de sujeción de bidones**

El sistema más económico para la sujeción del bidón es mediante el mismo peso del bidón, y un soporte que absorba las reacciones entre el bidón y las fuerzas de chorro sobre el bidón. Para mayor confiabilidad se comprobará la sumatoria de las fuerzas de impacto de chorro en sus casos más críticos, el resultado deseado es en el cual la fuerza resultante sea cero o menor a cero.

Para calcular la fuerza de impacto del chorro sobre la base del bidón una vez posicionada para el proceso de lavado, se utiliza el modelo matemático “Chorro de agua que choca contra una placa en reposo”



sacado de (Cengel Yonus & Cimbala Jhon, 2006), ecuación (Ec 2.15.):

$$F_i = Pr_b A_b + \beta \dot{m} v_1 \quad \text{Ec 2.15.}$$

Donde:

$F_i$ : Fuerza de impacto de chorro [N]

$Pr_b$ : Presión a la salida de la boquilla [Pa]

$A_b$ : Área de la boquilla [m<sup>2</sup>]

$\beta$ : Factor de corrección de flujo de cantidad de movimiento

$\dot{m}$ : Flujo másico [kg/s]

$v_1$ : Velocidad promedio a la salida de la boquilla [m/s]

En la tabla 2.13 se registra los valores de las variables y el valor de la fuerza de impacto evaluada en la ecuación (Ec 2.15.).

**Tabla 2.13. Valores de las variables de la fuerza de impacto de chorro**

$F_i$ [N]	2.26	$A_b$ [mm <sup>2</sup> ]	12.57	$\dot{m}$ [Kg/s]	0.07
$Pr_b$ [MPa]	0.15	$\beta$	1	$v_1$ [m/s]	5.38

Fuente: Elaboración propia

Además de la fuerza de impacto el soporte debe de considerar el peso, los bidones tienen una masa de 0.5Kg, según (iWater, 2014), se asume que el peso es de 0.3Kg para tener un buen factor de seguridad, y se estima que el peso (2.94N) será suficiente para soportar la fuerza del chorro (2.26N), en algunos casos también se dispone de una componente superior proporcionada por las 4 o 3 boquillas de lavado externo. Pero el sistema funciona incluso en la etapa más crítica en la que el peso debe ser suficiente para soportar el golpe de impacto del agua.

Uno de los elementos que se adquieren en el mercado son los soportes de los bidones, elaborado en polímero sanitario, su única función es la de sujetar con suavidad al bidón por su paso por el proceso de lavado, en la figura 2.13, se observa la forma de este elemento.

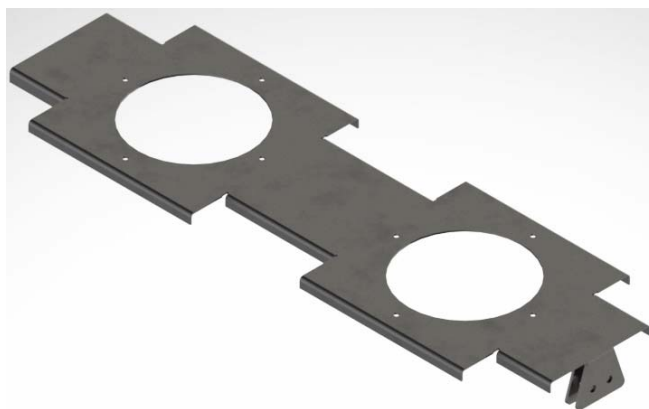


**Figura 2.13. Sujetador del bidón**

Fuente: Elaboración propia

#### **2.6.2.1.2 Diseño del implemento de conexión a la cadena**

En este caso igual que en el caso del soporte, las fuerzas que actúan sobre este cuerpo son bajas, el espesor seleccionado para el corte de forma (figura 2.14) para el acoplamiento es de 3mm, y se puede realizar una comparación con una viga simplemente apoyada.



**Figura 2.14. Implemento de conexión a cadena**

Fuente: Elaboración propia

El modelo de viga simplemente apoyada tiene el momento máximo en el centro de cada toma de bidón, y el esfuerzo máximo considerando concentraciones de esfuerzo es de 10.3kPa.

### 2.6.2.2 Selección de equipos principales del transportador

Dentro del sistema de transporte los elementos a seleccionar son la cadena de transporte, las catarinas del transportador, el sistema motriz.

#### 2.6.2.2.1 Selección de cadena

El modelo matemático proporcionado por (TSUBAKI), nos proporciona un método para calcular la fuerza a la que se somete una cadena y la potencia requerida para mover dicho conjunto. A continuación, se observa en la ecuación (Ec 2.16.) correspondiente al cálculo de la fuerza estática sobre la cadena del transportador, y la ecuación (Ec 2.17.) correspondiente al cálculo de la potencia necesaria para mover el transportador.

$$F = (W + 2.1M \cdot C) f_1 \cdot \frac{g}{1000} \quad \text{Ec 2.16.}$$

$$P = \frac{F \cdot V}{60} \cdot \frac{1}{\eta} \quad \text{Ec 2.17.}$$

En donde, ver figura 2.15,

$F$ : Fuerza estática máxima aplicada a la cadena [kN]

$W$ : Masa total de los objetos transportados [kg]

$M$ : Masa total de los objetos móviles [kg/m]

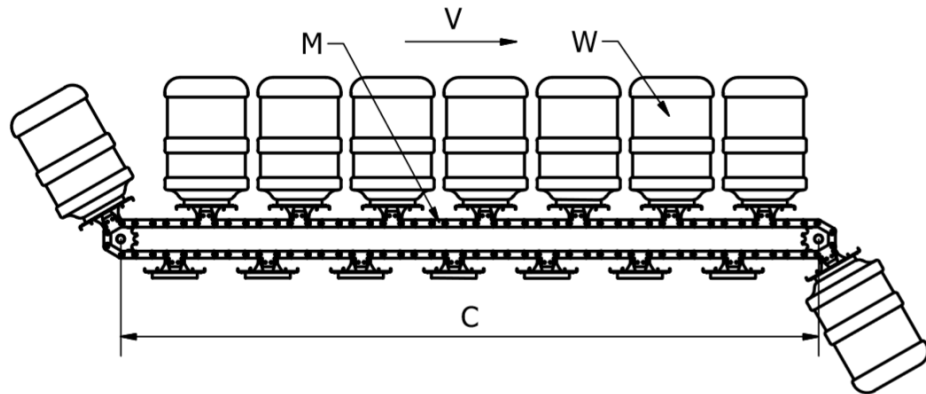
$C$ : Distancia entre centros de las catarinas [m]

$f_1$ : Coeficiente de fricción de la cadena y el carril guía [adimensional]

$P$ : Potencia requerida [kW]

$V$ : Velocidad del transportador [m/min]

$\eta$ : Eficiencia de la transmisión desde el motor [adimensional]



**Figura 2.15. Diagrama de variables del transportador**

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.14 se observan los valores de las variables en base a las consideraciones tomadas en el diseño.

**Tabla 2.14. Variables utilizadas en el transportador**

$W$ [kg]	9	$C$ [m]	2.286	$V$ [m/min]	5
$M$ [kg/m]	15.9	$f_1$	1	$\eta$	0.54

Fuente: Elaboración propia, valores consultados en (TSUBAKI)

Reemplazando en la ecuación (Ec 2.16.) obtenemos que la fuerza es de 0.84KN. Con los resultados anteriores y la tabla 2.4 evaluamos la ecuación (Ec 2.17.) y obtenemos que la potencia necesaria es de 0.129kW. Para verificar si la medida de la cadena analizada es la adecuada, se emplea la ecuación (Ec 2.18.)

$$F \cdot K_v \leq CMA \quad \text{Ec 2.18.}$$

Donde:

$K_v$ : Coeficiente de velocidad [adimensional]

$CMA$ : Carga máxima admisible se consulta en las tablas del fabricante, para una cadena estándar ANSI paso 2080H la carga es de 26.8 kN.

En la tabla 2.15 se observa un resumen con los resultados obtenidos y los valores de las variables a analizar para la selección del paso.

**Tabla 2.15. Resumen de parametros de selección de cadena**

<i>F</i> [kN]	0.84	<i>P</i> [kW]	0.129
<i>K<sub>v</sub></i>	1.0	<i>CMA</i> [kN]	26.8

Fuente: Elaboración propia, valores consultados en (TSUBAKI)

Evaluando en la ecuación (Ec 2.18.) se obtiene que la condición se cumple por lo que se puede concluir que el paso requerido es 2080H con aditamentos M2.

#### **2.6.2.2.2 Selección de catarinas del transportador**

Analizando la inclinación deseada para la carga, de aproximadamente 30°, el paso 2080H de la cadena, y lo compacto que debe ser el sistema, la mejor opción es utilizar catarinas paso 2080 de 12 dientes, con una inclinación de 1 dientes en la carga, o 30° con la vertical.

#### **2.6.2.2.3 Selección del sistema de potencia**

La alimentación de potencia se realiza con un motor trifásico, una caja reductora lineal y un sistema de acondicionamiento y transmisión final por cadenas, para ello se considera la velocidad de movimiento del sistema, el diámetro de paso del piñón del sistema, y la potencia de alimentación necesaria, 0.373kW motores más cercanos disponibles en el mercado, la ecuación (Ec 2.19.) sirve para determinar la velocidad angular requerida en el eje del sistema.

$$\omega = \frac{V}{\pi D_p} \quad \text{Ec 2.19.}$$

En donde,

$\omega$ : Velocidad angular del eje del sistema transportador [rpm]

$D_p$ : Diámetro de paso del piñón paso 2080, 12 dientes [0.1016m]

Evaluando las variables en la ecuación (Ec 2.19) se obtiene que el eje necesita una velocidad teórica de rotación de 15.66 rpm, se debe de seleccionar un sistema motriz que tenga a la salida dicha velocidad, la relación de velocidad requerida en el reductor suponiendo un motor de 1200rpm, es de 76.63.

La selección de la cadena en base a una caja de reducción disponible con ratio 62, la velocidad de salida es de 19.35 rpm, por lo tanto el sistema de transmisión de ajuste debe de tener una relación de velocidad 1.24 aproximadamente. En el caso de cadenas y catarinas la relación de velocidad se calcula utilizando la ecuación (Ec 2.20), y de esta manera se busca el número de dientes del par de catarinas que puedan cumplir con la relación deseado, una relación disponible en el mercado es una catarina de 14 y de 17 dientes, con una relación de velocidad de 1.21.

$$n = \frac{z_f}{z_i} = \frac{\omega_i}{\omega_f} \quad \text{Ec 2.20.}$$

En donde,

$n$ : Relación de reducción del sistema [adimensional]

$\omega_i$ : Velocidad angular inicial de la transmisión [rpm]

$\omega_f$ : Velocidad angular final de la transmisión [rpm]

$z_i$ : Numero de dientes catarina inicial [adimensional]

$z_f$ : Numero de dientes catarina final [adimensional]

Nótese que en este caso el sistema de catarinas y cadena reducen la velocidad, en la figura 2.16 se observa la tabla de rendimiento del paso 50, y como se puede ver la potencia para la catarina que gira a mayor velocidad, es decir la catarina de 14 dientes que rota a 20 rpm es de 0.24kW aproximadamente por lo que el sistema de reducción de ajuste se conforma con una cadena paso ASA50 y dos catarinas

50B14 y 50B17, con una velocidad angular final de 15.94rpm, y una velocidad de desplazamiento de 5.1m/min.

Z	mm	10	25	50	100
13	66,34	0,10	0,23	0,46	0,89
15	76,35	0,11	0,27	0,52	1,02
17	86,39	0,13	0,31	0,60	1,16
19	96,45	0,14	0,34	0,66	1,29
21	106,51	0,16	0,38	0,73	1,43
23	116,59	0,17	0,41	0,81	1,57
25	126,66	0,19	0,45	0,87	1,70

**Figura 2.16. Tabla de potencia para paso ANSI 50**

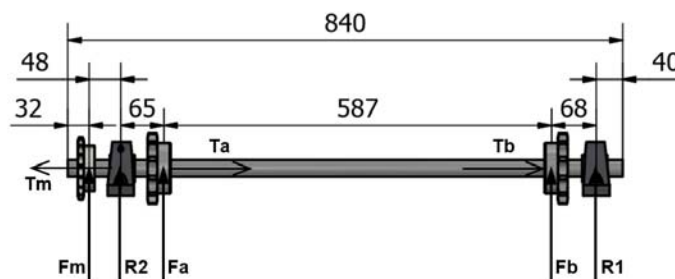
Fuente: Consultado de (SKF, 2013)

### 2.6.2.3 Diseño de elementos complementarios

Para poder diseñar el eje de sujeción del sistema transportador, es necesario tener el diseño, dimensiones, pesos, del sistema transportador completo, es necesario también seleccionar las chumaceras de fijación.

#### 2.6.2.3.1 Diseño mecánico del eje de sujeción

Se debe de diseñar el eje de tal forma que soporte los toques y fuerzas a los que se encontrara sometido, en la figura 2.17 se observa el diagrama de cuerpo libre del eje a diseñar, el eje que se diseña es el motriz el que se encuentra sometido a torque y fuerzas de carga respectivas, el sistema de referencia es x horizontal hacia la derecha, y vertical hacia arriba, y z saliendo del papel. Cada fuerza en la figura tiene componentes en el eje y, en el eje z, y el torque en el eje x.



**Figura 2.17. Diagrama de cuerpo libre eje motriz**

Fuente: Elaboración propia

La fuerza motriz se calcula con la ecuación (Ec 2.21.), al realizar el análisis de cuerpo libre, todas las fuerzas se encuentran en el eje y. La fuerza en la catarina a, se determina con la ecuación (Ec 2.22., Ec 2.23.), la misma relación puede emplearse para determinar la fuerza sobre la catarina b dado que las dos son similares, ambas fuerzas tienen componentes en el eje z y eje y. La relación para el cálculo del torque en la catarina a y b se encuentra en la ecuación (Ec 2.24), los dos toques son iguales. Para determinar el torque motriz se emplea la ecuación (Ec 2.25), a continuación, se encuentran las relaciones y sus variables.

$$F_{m,y} = \frac{2T_m}{D_{p_m}} - W_m \quad \text{Ec 2.21.}$$

$$F_{a,b,y} = -W_{a,b} - 250F \quad \text{Ec 2.22.}$$

$$F_{a,b,z} = \frac{2T_{a,b}}{D_{p_{a,b}}} \quad \text{Ec 2.23.}$$

$$T_{a,b} = -\frac{T_m}{2} \quad \text{Ec 2.24.}$$

$$T_m = \frac{30000P}{\pi\omega_f} \quad \text{Ec 2.25.}$$

Donde:

$F_m$ : Fuerza en la catarina motriz [N]

$F_a$ : Fuerza en la catarina a [N]

$F_b$ : Fuerza en la catarina b [N]

$T_m$ : Torque en la catarina motriz [Nm]

$T_a$ : Torque en la catarina a [Nm]

$T_b$ : Torque en la catarina b [Nm]

$W_m$ : Peso en la catarina motriz [N]



$W_a$ : Peso en la catarina a [N]

$W_b$ : Peso en la catarina b [N]

$D_{p_m}$ : Diámetro de paso de la catarina motriz [m]

$D_{p_a}$ : Diámetro de paso de la catarina a [m]

$D_{p_b}$ : Diámetro de paso de la catarina b [m]

En la tabla 2.16 se registran los valores de las variables y los resultados encontrados para las ecuaciones de la (Ec 2.21.) a la (Ec 2.25.).

**Tabla 2.16. Resultados de las fuerzas sobre el eje motriz**

$D_{p_m}$ [m]	0.0714	$D_{p_a}$ [m]	0.1016	$D_{p_b}$ [m]	0.1016
$T_m$ [Nm]	77.3	$T_a$ [Nm]	-38.7	$T_b$ [Nm]	-38.7
$W_m$ [N]	5.04	$W_a$ [N]	14.27	$W_b$ [N]	14.27
$F_{m_y}$ [N]	210.7	$F_{a_y}$ [N]	-224.3	$F_{b_y}$ [N]	-224.3
$F_{m_z}$ [N]	0	$F_{a_z}$ [N]	-760.7	$F_{b_z}$ [N]	-760.7

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de momentos en el eje z y las fuerzas en el eje y, las componentes en el eje y de las reacciones se pueden calcular con las ecuaciones (Ec 2.26, Ec 2.27), realizando análisis de superposición del análisis de los momentos en el eje y, y las componen en el eje z, las componentes en el eje z se pueden calcular con las ecuaciones (Ec 2.28, Ec 2.29), la geometría se encuentra en la figura 2.19, las constantes de las formulas son geométricas.

$$R_{2y} = \frac{723F_{a_y} - 768F_{m_y}}{720} \quad \text{Ec 2.26.}$$

$$R_{1y} = \frac{717F_{a_y} + 48F_{m_y}}{720} \quad \text{Ec 2.27.}$$

$$R_{2z} = \frac{723F_{az}}{720} \quad \text{Ec 2.28.}$$

$$R_{1y} = \frac{717F_{az}}{720} \quad \text{Ec 2.29.}$$

Donde:

$R_2$ : Reacción en el rodamiento 2 [N]

$R_1$ : Reacción en el rodamiento 1 [N]

En la tabla 2.17 se registran los valores de las variables y los resultados encontrados para las ecuaciones de la (Ec 2.26.) a la (Ec 2.29.), adicional los valores de los momentos flectores máximos tanto en el eje z como en el eje y, en el eje y se produce en la catarina b, y en el eje z se produce en la catarina a.

**Tabla 2.17. Resultados de las reacciones sobre el eje motriz**

$R_{1y}$ [N]	237.4	$R_{2y}$ [N]	0.5	$M_{maxy}$ [Nm]	23.9
$R_{1z}$ [N]	757.5	$R_{2z}$ [N]	763.9	$M_{maxz}$ [Nm]	51.6

Fuente: Elaboración propia.

Las propiedades mecánicas de los ejes de acero inoxidable AISI 304, se registran en la tabla 2.18.

**Tabla 2.18. Propiedades Mecánicas del acero AISI 304 en eje**

R Mecánica Kg/mm <sup>2</sup>	P Fluencia Kg/mm <sup>2</sup>	Elongación %Min	Dureza ROCKWELL B
520	220	20	249 – 278

Fuente: Elaboración propia, consultado de (DIPAC S.A., 2016)

El mínimo eje que puede hacer juego con las catarinas paso 50 de 14 dientes es el de una pulgada, es necesario probar que los esfuerzos producidos durante la operación no provoquen falla en el material, el

eje se construye en material AISI 304, con resistencia de 220MPa (DIPAC S.A., 2016). Evaluando en la ecuación (Ec 2.2.) se obtiene que el esfuerzo máximo en el eje x por el momento en z es de 34.726MPa (SF=6.33), y el mismo esfuerzo en x provocado por el momento en el eje y es de 24.226MPa (SF=9.08), si el eje fuese cuadrado el esfuerzo máximo resultante sería de 269.748MPa, y afectaría a las 4 esquinas de la misma, al ser redonda, los dos resultados se evalúan por separado, al optimizar para el máximo esfuerzo este resulta ser de 42.342MPa (SF=5.19)(Ec 2.30., Ec2.31.,  $z=\pm 7.3\text{mm}$ ,  $y=\pm 10.4\text{mm}$ ), es decir no existe una combinación que afecte directamente al eje y provoque la falla.

$$\sigma_x = \frac{39.0z + 55.9y}{2.04} \times 10^8 \quad \text{Ec 2.30.}$$

$$z^2 + y^2 = 6.4516 \times 10^{-4} \quad \text{Ec 2.31.}$$

Donde:

$\sigma_x$ : Esfuerzo de flexión en el punto x donde se encuentra el momento flector máximo [Pa]

z: Punto z de la cara donde se analiza el momento flector máximo [m]

y: Punto y de la cara donde se analiza el momento flector máximo [m]

El esfuerzo cortante por el torque motriz se lo calcula utilizando la ecuación (Ec 2.32), este esfuerzo es máximo en la parte externa del eje, evaluando la ecuación el esfuerzo cortante es de 17.103MPa.

$$\tau_{xy} = \frac{16T_m}{\pi D_e^3} \quad \text{Ec 2.32.}$$

Donde:

$\tau_{xy}$ : Esfuerzo cortante máximo [Pa]

$D_e$ : Diámetro del eje [m]

Utilizando teoría de Von Misses, el esfuerzo máximo en este caso se calcula con la ecuación (Ec 2.33.), y el factor de seguridad final usando la ecuación (Ec 2.34.), evaluando las ecuaciones tenemos un cortante máximo de 45.665MPa, y un factor de seguridad de 2.78.

$$\tau_{max} = \sqrt{(\sigma_{x_{max}})^2 + (\tau_{xy})^2} \quad \text{Ec 2.33.}$$

$$SF = \frac{\sigma_Y}{\sqrt{3}\tau_{max}} \quad \text{Ec 2.34.}$$

Donde:

$\tau_{max}$ : Esfuerzo cortante máximo por teoría de Von Misses [Pa]

Con este cálculo se concluye que estáticamente el eje de 25.4mm de diámetro está correctamente diseñado, a continuación, se debe de analizar el mismo diámetro por fatiga por los periodos intermitentes a los que se encontrara sometido. Utilizando la teoría de Goodman Mod, de (Nisbett, 2012), el factor de seguridad se encuentra en la ecuación (Ec 2.35.), y la resistencia a la fatiga se calcula con la ecuación (Ec 2.36).

$$SF = \frac{1}{2} \left( \frac{S_{ut}}{\sigma_m} \right)^2 \frac{\sigma_a}{S_e} \left[ -1 + \sqrt{1 + \left( \frac{2\sigma_m S_e}{S_{ut} \sigma_a} \right)^2} \right] \quad \text{Ec 2.35.}$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f (0.5 S_{ut}) \quad \text{Ec 2.36.}$$

$$\sigma_{m,a} = \sqrt{(\sigma_{m,a'})^2 + 3(\tau_{m,a'})^2} \quad \text{Ec 2.37.}$$

Donde:

$S_{ut}$ : Resistencia máxima a la tensión [Pa]

$S_e$ : Resistencia a la fatiga [Pa]  
 $\sigma_m$ : Esfuerzo medio equivalente [Pa]  
 $\sigma_a$ : Esfuerzo alternante equivalente [Pa]  
 $\sigma_m'$ : Esfuerzo medio en flexión [Pa]  
 $\sigma_a'$ : Esfuerzo alternante en flexión [Pa]  
 $\tau_m'$ : Esfuerzo medio en torsión [Pa]  
 $\tau_a'$ : Esfuerzo alternante en torsión [Pa]  
 $k_a$ : Factor de modificación por la condición superficial  
 $k_b$ : Factor de modificación por el tamaño  
 $k_c$ : Factor de modificación por la carga  
 $k_d$ : Factor de modificación por la temperatura  
 $k_e$ : Factor de confiabilidad  
 $k_f$ : Factor de modificación por efectos varios

Para determinar el factor de superficie se emplea la ecuación (Ec 2.38), donde a y b son constantes estadísticas, el eje es laminado en caliente, su factor a 57.7, y b -0.718 (Nisbett, 2012), la resistencia última a la tensión es 520MPa (DIPAC S.A., 2016), y el factor de corrección por superficie es 0.647.

$$k_a = aS_{ut}^b \quad \text{Ec 2.38.}$$

El factor de tamaño se determina empleando la ecuación (Ec 2.39.), el mismo evaluado en el eje de 25.4mm da un valor de 0.877.

$$k_b = \begin{cases} 0.124d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51mm \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254mm \end{cases} \quad \text{Ec 2.39.}$$

El factor de carga es 1 por ser flexión, el factor de temperatura es 1 por trabajar en temperatura ambiente, la confiabilidad habitual es del 95%, con un factor de confiabilidad de 0.868, el factor de efectos varios es igual a 1, dado que la no existe corrosión. Con los datos de

los factores de modificación se determina la resistencia a la fatiga, que nos da un valor de 128.055MPa.

Un punto de importancia en análisis de fatiga es el factor de concentración de esfuerzos, en las ecuaciones (Ec 2.40 y Ec 2.41) se encuentran los factores de concentración para fatiga para flexión y torsión.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{Ec 2.40.}$$

$$K_{fs} = 1 + q_s(K_t - 1) \quad \text{Ec 2.41.}$$

Donde:

$K_f$ : Factor de concentración de esfuerzos en flexión

$K_{fs}$ : Factor de concentración de esfuerzos en cortante

$q$ : Sensibilidad a la muesca en flexión

$q_s$ : Sensibilidad a la muesca en cortante

Consultando en la tabla respectiva de (Nisbett, 2012), se tiene que el factor geométrico de aproximadamente 2.3, y con el radio de muesca de 3mm, las sensibilidades en flexión y en cortante son 0.82 y 0.85, con estos datos se obtiene que el factor de concentración de esfuerzos en flexión y en cortante es 2.066 y 2.105. Los factores de concentración se multiplican por los esfuerzos máximos de flexión y torsión. Analizando los esfuerzos medios y alternantes en flexión y torsión, tenemos que en flexión el esfuerzo medio es el cero y el alternantes es igual al máximo, en torsión el esfuerzo medio es el máximo entre dos y el alternante igual el máximo entre dos. Determinando los esfuerzos equivalentes incluyendo los concentradores de esfuerzo, utilizando la ecuación (Ec 2.37.), se determina que el esfuerzo medio equivalente es 31.178MPa y el alternante es 92.868MPa.

Reemplazando los valores resumidos en la tabla 2.19, en la ecuación (Ec 2.35.), se obtiene que el factor de seguridad en fatiga es de 1.36, por lo tanto, el eje de 25,4mm en material AISI 304 es adecuado para funcionar como el eje motriz del sistema.

**Tabla 2.19. Tabla de resultados resumida**

$\sigma_m$ [MPa]	31.178	$S_{ut}$ [MPa]	520.000
$\sigma_a$ [MPa]	92.868	$S_e$ [MPa]	128.055

Fuente: Elaboración propia

### 2.6.2.3.1 Selección de la chumacera de soporte

Retomando la selección de la chumacera adecuada para sostener el eje, es necesario verificar si el modelo UCP de 25.4mm de diámetro soporta la carga sobre los rodamientos, en este caso en particular las fuerzas en las reacciones como se ven en la tabla 2.6, son solamente radiales por lo que el rodamiento de bola es suficiente por el tipo de carga, se debe de determinar si la vida de este rodamiento es aceptable, la reacción máxima es de 793.9N y esta fuerza es la carga equivalente dado que solo hay fuerzas radiales en la chumacera, según (NTN, 2014), para una chumacera UCP termoplástica con rodamiento de acero inoxidable el factor de carga dinámico  $C_r$  es igual 11950.364N. Revisando el catalogo (NTN, 2014), el factor de velocidad a 15 rpm es 1, el factor de vida se calcula utilizando la ecuación (Ec 2.42.) una vez evaluado, el factor de vida es 15.05, revisando en la tablas respectivas del catálogo implican una duración de más de 80000 horas, es decir durara toda la vida útil del rodamiento.

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P_{eq}} \quad \text{Ec 2.42.}$$

Donde:

$C_r$ : Índice básico de carga [N]

$P_{eq}$ : Fuerza equivalente actuando sobre la chumacera [N]

$f_n$ : Factor de velocidad [adimensional]

$f_h$ : Factor de vida de fatiga [adimensional]

#### **2.6.2.4 Control de sistema de transporte**

El control del encendido del motor se realizará con un sensor de posición, cada que sea tocado por los aditamentos de la cadena apagarán el motor por 30 segundos, el controlador del sensor debe de ser un control Logo Siemens, que permite hacer control por tiempo.

#### **2.6.3 Estructura metálica de la maquina lavadora de bidones**

Como se observa en la figura 2.18, la estructura de la maquina engloba la estructura de soporte del sistema de bidones, y la cubierta externa decorativa, la estructura es completamente de acero inoxidable, los elementos de acero inoxidable se soldarán con argón (TIG, siglas en ingles de soldadura por arco de tungsteno y gas inerte), las planchas exteriores solo se empernan, son decorativas con espesor de 1.6mm. Para determinar si la estructura soporta los esfuerzos a los que se someterá, se procede a realizar el cálculo de estructura en el software de Inventor Profesional, versión del estudiante, donde se obtienen resultados para la deformación y el esfuerzo máximo por criterio Von Misses.

Las condiciones de borde, incluyen las reacciones que produce el sistema de transporte, los pesos de las planchas de acero de 1.6mm, el propio peso de la estructura, las reacciones sobre las chumaceras, ya calculadas en el apartado de diseño de eje de sistema transportador, el peso del motor y el reductor ya seleccionados. En la figura 2.19 se observa la estructura con las condiciones de borde.

Una vez realizado el análisis de tensiones, el resultado en mm para las deflexiones o desplazamientos se encuentran en la figura 2.20, mientras

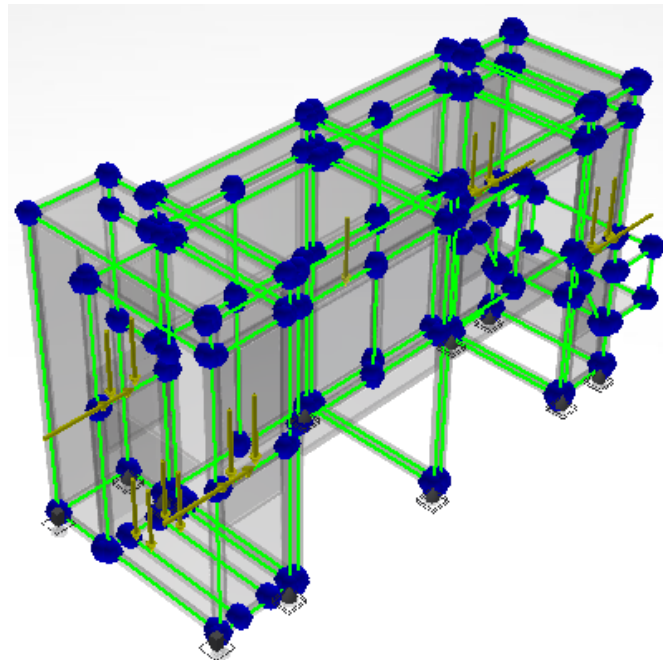


que los esfuerzos máximos por criterio Von Mises en MPa se encuentran en la figura 2.21.



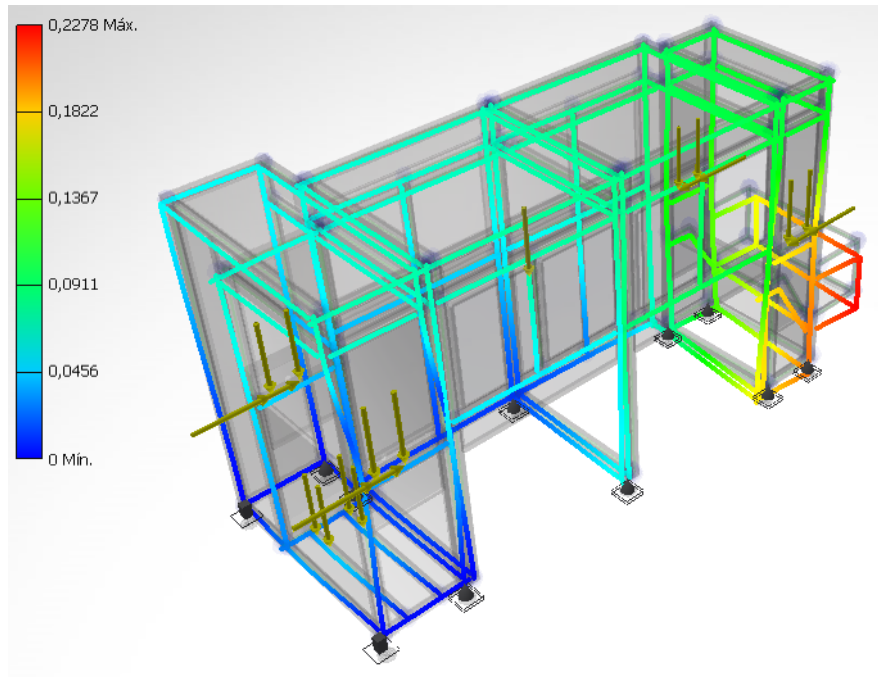
**Figura 2.18. Sistema estructural de la lavadora de bidones**

Fuente: Elaboración propia



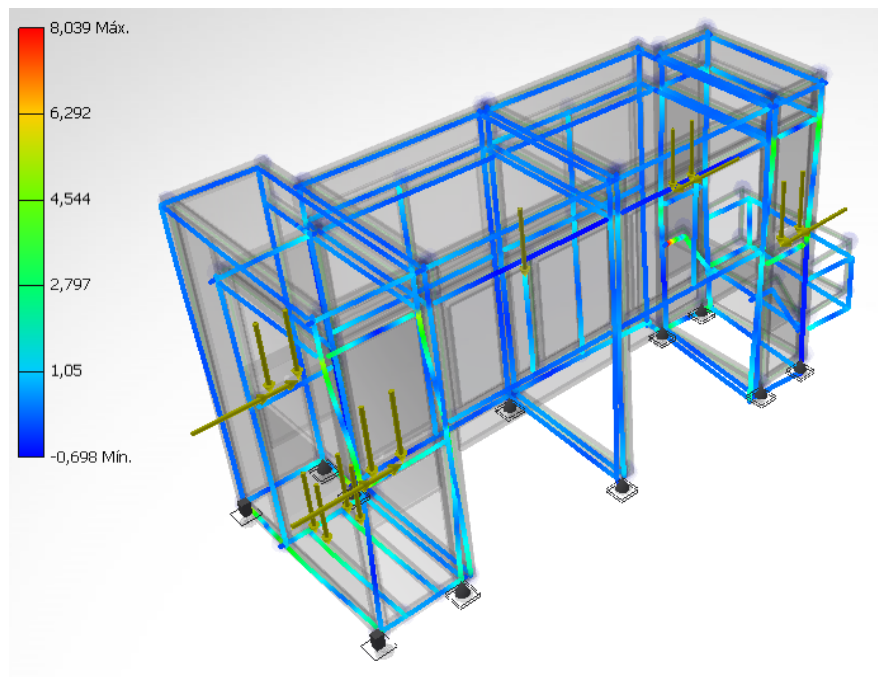
**Figura 2.19. Condiciones de borde para el análisis estructural.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.20. Deformación en mm de los elementos de la estructura.**

Fuente: Elaboración propia

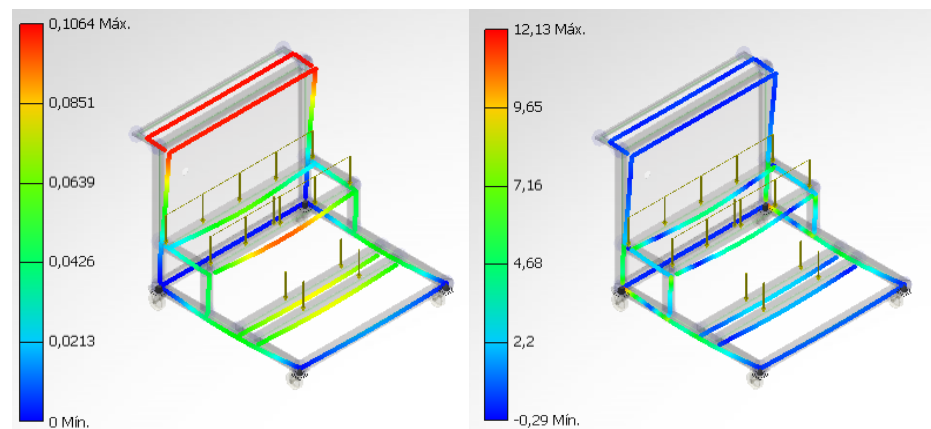


**Figura 2.21. Esfuerzos máximos en MPa de los elementos de la estructura.**

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las gráficas las deflexiones son aceptables y los esfuerzos tienen un factor de seguridad muy conservador en el orden de 15, con lo que se puede concluir que la estructura soportará las cargas a las que se someterá.

Se procederá a simular a uno de los carritos en operación, en la figura 2.22 se observa su diagrama de deformación (izquierda en milímetros) y esfuerzo (derecha en MPa), las condiciones de frontera son los tanques reservorios cargados con agua, y el peso de las bombas que deben soportar. Como se observa el factor de seguridad es 15, por ende, se puede establecer que la estructura soportara la carga.

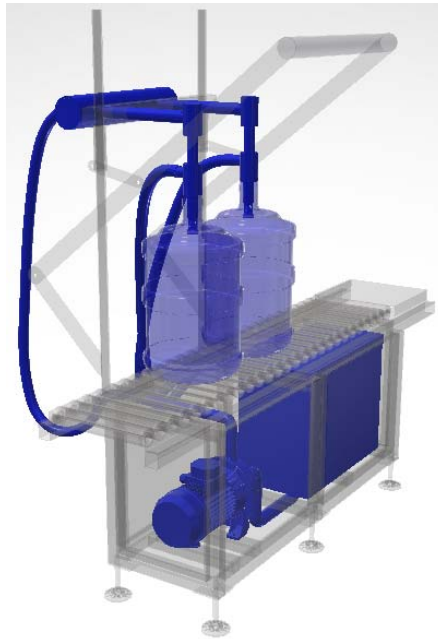


**Figura 2.22. Resultados de simular las cargas de un carrito de la lavadora**

Fuente: Elaboración propia

## 2.7 Diseño detallado del proceso de llenado

En la figura 2.23 se observa el diseño final de la llenadora semiautomática, siguiendo la metodología de diseño de esta máquina es necesario realizarlo por partes y etapas establecidas en la metodología del diseño. Las partes principales de la maquina son el sistema transportador, el sistema de bombeo y la estructura principal.



**Figura 2.23. Sistema de bombeo maquina llenadora de bidones**

Fuente: Elaboración propia

La máquina llenadora de bidones tiene la capacidad de llenar dos bidones al mismo tiempo mediante el accionamiento de una palanca por parte del operador, aproximadamente los bidones se llenan en 15 segundos dando al operario tiempo para reponer los bidones y repetir el proceso una y otra vez, el flujo de llenado es 160 lt/min.

### **2.7.1 Sistema de bombeo de la maquina llenadora de bidones**

Como se observa en la figura 2.23, el sistema el bombeo contempla el sistema de tubería, la bomba, el tanque reservorio, las mangueras y las válvulas de llenado.

#### **2.7.1.1 Selección de equipos**

Dentro del sistema de bombeo los elementos principales a seleccionar son las válvulas de llenado, la bomba, y las tuberías.

##### **2.7.1.1.1 Selección de la válvula de llenado**

La llenadora está conformada por dos válvulas independientes que llenan los bidones individualmente, para la selección de la válvula se necesita que el llenado se realice como máximo en 15 segundos, este

tiempo se determinó por el tiempo de entrega de bidones por la lavadora (35segundos).

El volumen por bidón es 20 litros, y el tiempo de llenado 15 segundos, es decir un flujo de llenado de 80lt/min, la velocidad de flujo en la válvula recomendado por el fabricante es de 5 a 10 m/s (Sistemas Automaticos Aplicados LTDA, 2016), se usara 8 m/s y reemplazando en la ecuación (Ec 2.1) se determina que el diámetro de la cánula es 14mm y es de la válvula es 25 mm, en la figura 2.24 se puede observar la válvula de llenado del fabricante.



**Figura 2.24. Válvula de llenado**

Fuente: (Sistemas Automaticos Aplicados LTDA, 2016)

#### **2.7.1.1.2 Selección de bomba**

La selección de esta bomba es cuidadosa debido a que va a bombear el agua purificada mediante una red de tuberías que se conectan a las válvulas para llenar los bidones en el tiempo ya establecido, para ello vamos a necesitar el flujo de llenado neto de los bidones, anteriormente en el diseño de las válvulas se estableció que el flujo de llenado de cada bidón es 80 lt/min como nuestra operación llenara dos bidones, el flujo total de llenado es de 160 lt/min, adicionalmente ese flujo ayudara a dimensionar el tanque reservorio.

La válvula de reflujo opera a una presión de 0.18MPa con ellos determinamos nuestro punto de operación 160lt/min@0.18MPa, un factor vital en la selección es el material del impeler que debe ser de acero AISI 316.

En el mercado local se puede utilizar bombas Goulds, la que se selecciono es de la serie NPE con modelo 3ST1G2C4, el punto de operación de la bomba es 160lt/min@0.20MPa, la información técnica del desempeño se encuentra en el apéndice B.

El tamaño de la succión de la bomba es 50mm (2in) NPT y de la descarga es 40mm (1.5in) NPT, el motor tiene 1.5kW, 220 V y conexión trifásica.

### 2.7.1.1.3 Selección de tuberías y accesorios

En la tabla 2.20 se observa los valores de las velocidades en base a los caudales necesarios y los diámetros pre-establecidos (Ec 2.1.), se observa que uno de los tramos sobrepasa la velocidad recomendada, por los 8m/s necesarios en las válvulas, sin embargo, las distancias de recorrido son cortas, por tanto, no incrementa las pérdidas en las tuberías en valores significativos.

**Tabla 2.20. Valores de velocidad en tubería**

$v \left[ \frac{m}{s} \right]$	$Q \left[ \frac{m^3}{s} \right]$	$D [mm]$
1.32	0.0026	50
2.10	0.0026	40

Fuente: Elaboración propia

Los accesorios necesarios en las conexiones se registran en la tabla 2.21, adicional se necesita una válvula de nivel en la entrada del tanque de almacenamiento.

**Tabla 2.21. Accesorios necesarios en llenado**

Llenado	
Codo 90° 50mm	3
Codos 90° 40mm	1
Manguera sanitaria 25mm	3
Abrazadera sanitizada 25mm	5
Abrazadera sanitizada reductora 40/25mm	1

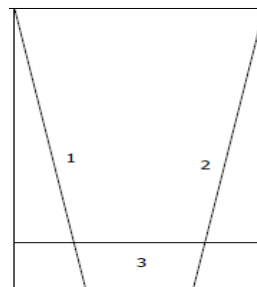
Fuente: Elaboración propia

### 2.7.1.2 Diseño Mecánico

Dentro del sistema de bombeo el elemento mecánico a diseñar es el tanque de abastecimiento de agua purificada.

#### 2.7.1.2.1 Diseño estático del tanque del sistema de llenado

La altura del tanque es 400 mm, tiene tapa de protección, no es presurizado. En la figura 2.25 se observa el perfil hidrostático para el tanque genérico de todos los diseños anteriores. El diseño se puede realizar aplicando análisis por vigas con momento flector.



**Figura 2.25. Perfil hidrostático del tanque reservorio**

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la pared 1 y 2, el análisis se puede realizar por viga en voladizo, en el caso 3 por viga simplemente apoyada. El esfuerzo máximo en cada caso se calcula con la ecuación (Ec 2.6.).

**Tabla 2.22. Propiedades Mecánicas del acero AISI 316 plancha**

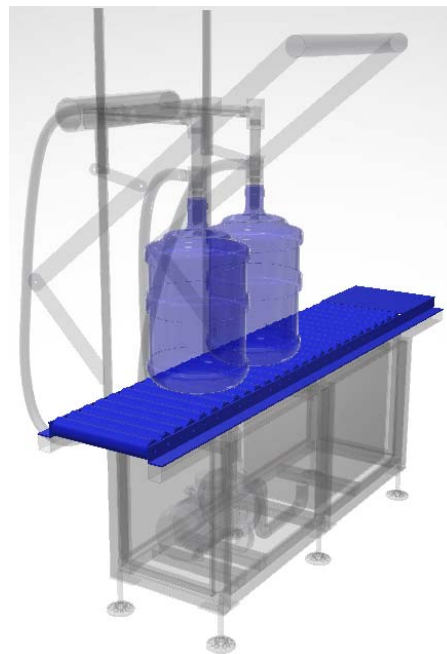
R Mecánica Kg/mm <sup>2</sup>	P Fluencia Kg/mm <sup>2</sup>	Elongación %Min	Dureza BRINELL
460	190	60	160 – 190

Fuente: Elaboración propia, consultado de (GoodFellow50, 2017)

El material del tanque es acero AISI 316L, sus propiedades se listan en la tabla 2.22., reemplazando en la Ec 2.9. se obtiene el espesor de las paredes laterales, 2mm, y en la Ec 2.11. se obtiene el espesor de la pared del fondo, 2.2mm, en ambos casos el espesor comercial a utilizarse es de 3mm.

### 2.7.2 Sistema de transporte (Rodillos)

Como se observa en la figura 2.26 el medio de transporte seleccionado es el de rodillos sin accionamiento, usualmente este método es usado para transporte de carga media, según (AXMANN, 2016) estas cargas son de 0N/m – 1000N/m.



**Figura 2.26. Transportadora de rodillos (no accionados)**

Fuente: Elaboración propia

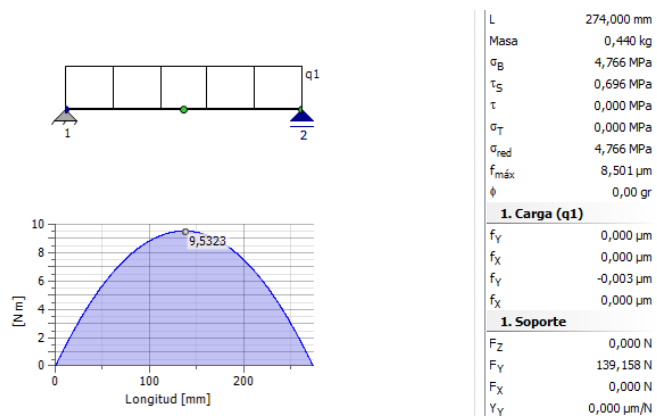


## 2.7.2.1 Diseño Mecánico

### 2.7.2.1.1 Diseño del rodillo y árbol

Para el efecto del diseño del transportador, se va a dimensionar el rodillo con materiales que se encuentran fácilmente en el mercado ecuatoriano como lo es la tubería estructural redonda inoxidable en AISI304.

El tubo estructural seleccionado tiene un diámetro exterior (D) 50mm, espesor de 1.5mm y largo de 274mm, como se observa en la figura 2.27, el modelo para efecto del cálculo es de un tubo simplemente apoyado en un extremo y libre en el otro con una carga distribuida de 1N/mm que viene dado por el peso del bidón. Adicionalmente se puede observar en la figura 2.27 el diagrama de cuerpo libre del tubo y el diagrama de momento flector máximo del mismo, y con ayuda del asistente de cálculo de Inventor Profesional donde utiliza la teoría de Von Mises para calcular el esfuerzo máximo, en este caso 4.8MPa (SF=45.8).

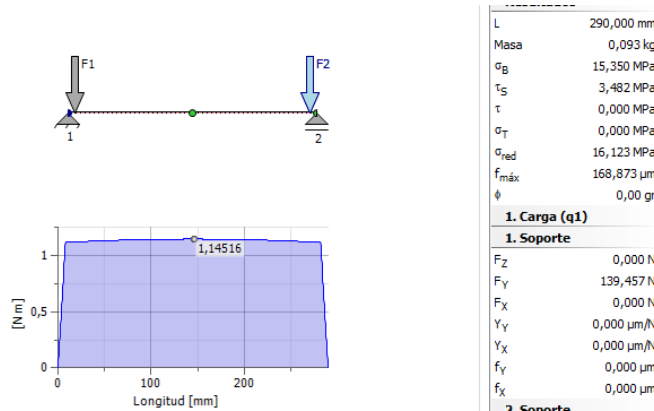


**Figura 2.27. Resultados para el tubo externo.**

Fuente: Elaboración propia

Las reacciones en los apoyos 1 y 2 son las mismas con un valor de 139N, estas reacciones se pasan a los ejes mediante los rodamientos. Para el eje se puede observar en la figura 2.28 el

diagrama de cuerpo libre, y el diagrama de momento flector máximo y con ayuda del asistente de cálculo de Inventor Professional donde utilizando la teoría de Von Mises, el esfuerzo máximo es 16.12MPa (SF=13.6).



**Figura 2.28. Resultados para el eje**

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.2.1.2 Selección de rodamientos

Se conoce que la fuerza que transite el rodillo exterior al rodamiento es de 139N. Estas cargas dinámicas soportadas por los rodamientos son puramente radiales lo cual hace que la selección de los rodamientos sea mucho más fácil.

Según el manual de rodamientos NTN, la capacidad de carga y vida para un rodamiento que soporta solo cargas radiales viene expresado en la ecuación 2.43.

$$C_r = \left[ \frac{60nL_{10h}}{10^6} \right]^{1/p} P_{eq} \quad \text{Ec 2.43.}$$

Donde,

$L_{10h}$ : Vida nominal básica  $10^6$  revoluciones

$C_r$ : Capacidad básica de carga dinámica [N]

$P_{eq}$ : Carga radial dinámica equivalente [N]

$n$ : Velocidad de rotación [rpm]

$p$ : Debido a que se va a seleccionar rodamiento de bolas es 3

Adicionalmente se tiene que según el manual de rodamientos NTN, la carga radial dinámica equivalente se expresa por la ecuación 2.44.

$$P_{eq} = XF_r + YF_a \quad \text{Ec 2.44.}$$

Donde,

$F_r$ : Fuerza radial aplicada [N]

$F_a$ : Fuerza axial aplicada [N]

$X$ : Factor de carga radial [adimensional]

$Y$ : Factor de carga axial [adimensional]

Los valores X y Y, son listados en las tablas de los rodamientos, en este caso la carga radial dinámica equivalente es 139N. De acuerdo al apéndice A4, la vida requerida de acuerdo a la clasificación de servicio como maquinas en constante uso durante 8 horas al día y su respectiva aplicación de transportador se tiene que  $L_{10h}$  va en el rango de 4000 a 12000 horas, para efectos del cálculo se toma el valor intermedio de 8000 horas. Como dato adicional tenemos que la velocidad de rotación es aproximadamente 20 rpm.

Una vez, obtenido todos los datos de entrada y evaluando en la ecuación (Ec 2.43), se tiene que la capacidad básica de carga dinámica radial es 295 N.

Como se puede observar en el apéndice A4, cualquiera de los rodamientos mostrados se pueden utilizar, pero por otros factores como el diámetro del árbol ya diseñado, así mismo como el tubo estructural seleccionado que cumple la función de un rodillos y por

la utilización de materiales comerciales el rodamiento escogido es el que esta seleccionado en rojo un rodamiento NTN 6000 con diámetro interno de 10mm y diámetro externo de 26mm, que como podemos ver la capacidad básica de carga dinámica radial es de 1.96kN es mucho mayor que la calculada 0.29kN.

### **2.7.3 Estructura metálica de la maquina lavadora de bidones**

Como se observa en la Figura 2.29, la estructura de la maquina engloba la estructura de soporte del sistema de rodillos, la cubierta externa decorativa, los tanques de almacenamiento. La estructura contiene materiales mixtos en su elaboración, para evitar corrosión galvánica los elementos deben tener empaque de separación para evitar contacto directo entre ellos, los dos materiales usados son acero inoxidable AISI304 y AISI316, los elementos soldables se soldarán con TIG, las planchas exteriores solo se empernan, son decorativas con espesor de 1.6mm. Para determinar si la estructura soporta los esfuerzos a los que se someterá, se procede a realizar el cálculo de estructura en el software de Inventor Profesional, versión del estudiante, donde se obtienen resultados para la deformación y el esfuerzo máximo por criterio Von Misses.

Las condiciones de borde, incluyen los pesos de las planchas de acero de 1.6mm, que se colocaran sobre estas, el propio peso de la estructura, las reacciones sobre las vigas principales provocadas por una carga de 6 bidones llenos con agua sobre el transportador, los pesos de los equipos seleccionados. En la figura 2.30 se observa la estructura con las condiciones de borde.

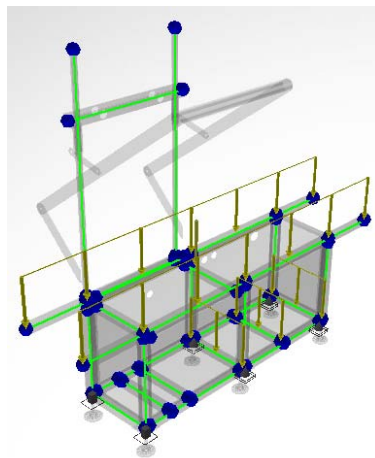
Una vez realizado el análisis de tensiones, el resultado para las deflexiones o desplazamientos se encuentran en la figura 2.31, mientras que los esfuerzos máximos por criterio Von Misses se encuentran en la figura 2.32.



**Figura 2.29. Sistema estructural de la llenadora de bidones**

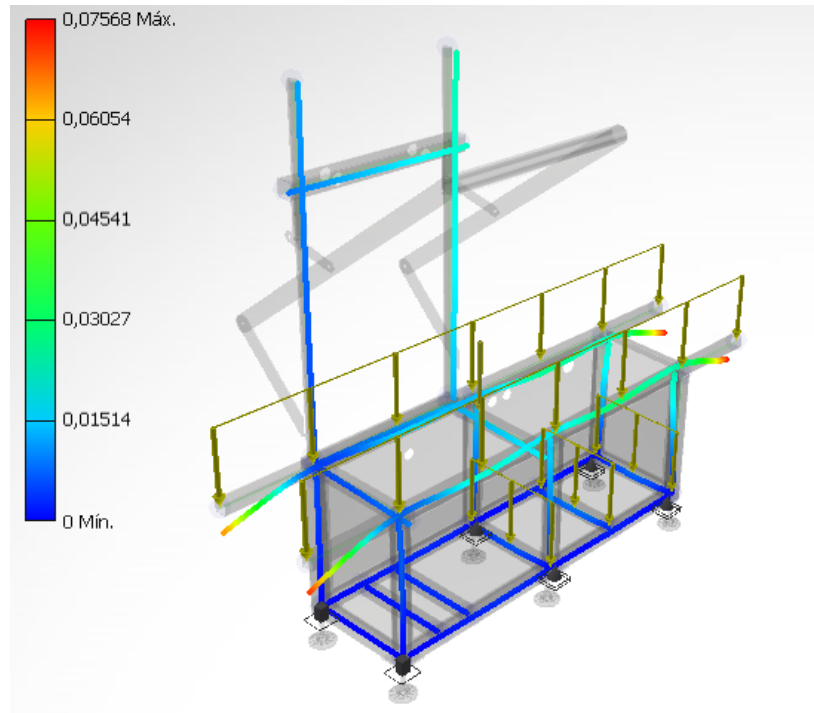
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las gráficas las deflexiones son aceptables y los esfuerzos tienen un factor de seguridad muy conservador en el orden de 18.4, con lo que se puede concluir que la estructura soportará las cargas a las que se someterá.



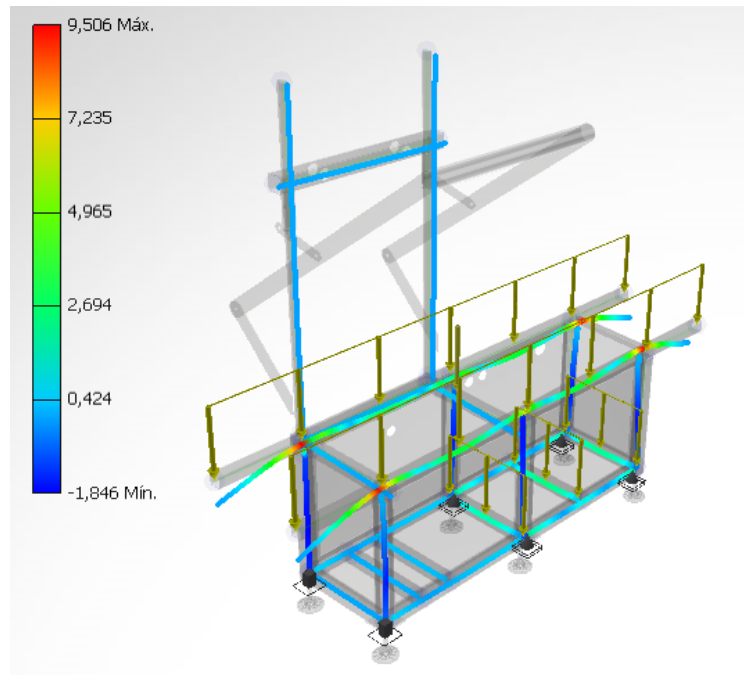
**Figura 2.30. Condiciones de borde para el análisis estructural.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.31. Deformación en mm de los elementos de la estructura.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.32. Esfuerzos máximos en MP de los elementos de la estructura.**

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS

A continuación, se detallan los resultados obtenidos, luego de realizar el diseño de una maquina semiautomática de lavado y una maquina manual de llenado.

### 3.1 Resultados para la maquina lavadora de bidones

La máquina semiautomática se compone de un sistema de bombeo, un sistema transportador y la estructura de soporte. La figura 3.1 muestra la maquina semiautomática lavadora de bidones.



**Figura 3.1. Diseño final de la maquina lavadora de bidones**

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.1 Dimensionamiento de tanques recolectores

Para el dimensionamiento de los tanques se consideró el agua necesaria para cada etapa. El tanque de lavado y enjuague tienen entrada controlada por válvulas de nivel que no le permiten subir hasta el reboso, cada uno de los tanques es construido doblando planchas y soldándolas en las esquinas, en la figura 3.2 se observa el prototipo del tanque de lavado con

aislamiento, en la tabla 3.1 se registran los datos técnicos de los tanques recolectores por estación.



**Figura 3.2. Tanque de la estación lavado**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.1. Especificaciones técnicas de tanques por estación**

Tanque lavado		Tanque enjuague	
Dimensiones [mm]	250x400x300	Dimensiones [mm]	250x400x350
Espesor [mm]	3	Espesor [mm]	3
Masa [kg]	65.5	Masa [kg]	14.6
Volumen [lt]	30	Volumen [lt]	35
Planchas de acero AISI 304		Planchas de acero AISI 304	
Tanque pre-enjuague			
Dimensiones [mm]	250x400x350		
Espesor [mm]	3		
Masa [kg]	14.6		
Volumen [lt]	35		
Planchas de acero AISI 304			

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Selección de sistema de transporte

Para la selección del sistema de transporte se siguió las recomendaciones dadas por (TSUBAKI), analizando cargas que se colocarían sobre la



cadena. Al final el sistema de transporte seleccionado tiene las especificaciones registradas en la tabla 3.2, en la figura 3.3 se observa una vista en detalle del sistema de transporte seleccionado.



**Figura 3.3. Detalle del sistema transportador**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.2. Especificaciones técnicas del sistema de transporte**

<b>Cadena x2</b>		<b>Soporte Bidón x32</b>	
Paso	2080SN	Material	PTFE
Longitud (eslabón)	96	<b>Catarina Transporte x4</b>	
Aditamentos	M2	Paso	2080SN
Material	AISI 304	Dientes	12
<b>Eje x2</b>		Material	AISI 304
Dimensión [mm]	25.4x840	<b>Anclaje Cadena x16</b>	
Material	AISI 304	Espesor [mm]	3
		Material	AISI 304

Fuente: Elaboración propia

Para mover el sistema transportador, es necesario emplear un sistema motriz compuesto por el motor eléctrico, el reductor y la cadena de transmisión de ajuste de velocidad. En la tabla 3.3 se registran detalles

técnicos de lo seleccionado para el sistema motriz del transportador, en la figura 3.4 se observa el eje motriz de la lavadora, y un detalle de la carga de la lavadora de bidones.



**Figura 3.4. Detalle del ingreso de los bidones a la lavadora**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.3. Especificaciones del sistema motriz del transportador**


<b>Motor</b>		<b>Reductor</b>	
Potencia [kW]	0.373	Marca	Bonfiglioli
Revoluciones [rpm]	1150	Tamaño	C363
Frame IEC	80	Ratio	62
Fases	Trifásico	<b>Catarina</b>	
Voltaje	220/440	Paso	ASA 50
<b>Cadena</b>		Dientes 1	14
Paso	ASA 50	Dientes 2	17

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3 Selección de boquillas del sistema de bombeo

Las boquillas necesarias se encontraron en el mercado nacional; en la tabla 3.4 se observan las especificaciones técnicas de las boquillas que fueron seleccionadas.

**Tabla 3.4. Especificaciones de las boquillas seleccionadas**

Boquilla N10 x 4		Boquilla N6.5 x 6		 <p>Cuerpo de una pieza 1/8" a 1" NPT o BSPT (M)</p>	
Caudal [lt/min]	6.2	Caudal [lt/min]	4.0		
Presión [MPa]	0.22	Presión [MPa]	0.22		
Medida [mm]	8	Medida [mm]	8		
Material	AISI 316	Material	AISI 316		
Boquilla N16 x2		Boquilla N1 x18		Boquilla N2 x40	
Caudal [lt/min]	5.2	Caudal [lt/min]	0.62	Caudal [lt/min]	1.2
Presión [MPa]	0.22	Presión [MPa]	0.22	Presión [MPa]	0.22
Medida [mm]	15	Medida [mm]	6	Medida [mm]	6
Material	AISI 316	Material	AISI 316	Material	AISI 316

Fuente: Elaboración propia, consultado de (Spraying System Co, 2017)

### 3.1.4 Selección de bombas del sistema de bombeo

Las bombas seleccionadas para la lavadora se encuentran en la figura 3.5, en la tabla 3.5 se observan las especificaciones técnicas de dichas bombas seleccionadas.



**Figura 3.5. Detalle del sistema de bombeo**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.5. Especificaciones técnicas de las bombas**

	<b>Etapa</b>	Pre lavado, lavado, pre enjuague
	<b>Marca</b>	Ebara
	<b>Modelo</b>	CDX 070/076
	<b>Material</b>	AISI 304
	<b>Peso [N]</b>	83.4
	<b>Succión</b>	32mm
	<b>Descarga</b>	25mm
	<b>Motor</b>	0.37kW, 220 V, 1F
	<b>Operación</b>	24 l/min, 0.22 MPa

Fuente: Elaboración propia, tomado de (EBARA, 2017)

### 3.2 Resultados para la maquina llenadora

Se muestran los diseños obtenidos para cada uno de los sistemas que componen la maquina llenadora de bidones como son el sistema de transporte, sistema de bombeo y la estructura. En la figura 3.6 se observa el diseño final de la maquina llenadora.




**Figura 3.6. Diseño final de la maquina llenadora de bidones**

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1 Válvula de llenado

La selección de la válvula se obtuvo a partir del tiempo máximo de llenado permitido de 15 segundos, conociendo además que el volumen de los bidones es de 20 litros, se pudo obtener el flujo de llenado y comparando con los datos del fabricante se pudo obtener una válvula adecuada para el proceso de llenado, en la figura 2.24 se muestra la válvula seleccionada y en la tabla 3.6 las especificaciones técnicas de la misma.

**Tabla 3.6. Especificaciones de la válvula de llenado**

<b>Material</b>	Acero inoxidable AISI 316L	
<b>Flujo de llenado</b>	0 - 150 lt/min	
<b>Diámetro de la válvula</b>	25 mm	
<b>Presión de operación</b>	0.18MPa	

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Selección de la bomba

Para el dimensionamiento de la bomba se tomó en cuenta el flujo de llenado total de 160 lt/min, así como el material de fabricación de la bomba que debe ser acero inoxidable AISI 316L por el hecho de manejar agua purificada, en la tabla 3.7 las especificaciones correspondientes.

**Tabla 3.7. Especificaciones técnicas de la bomba de llenado**

	<b>Etapas</b>	Llenado
	<b>Marca</b>	Goulds
	<b>Modelo</b>	NPE – 3ST1G2C4
	<b>Material</b>	AISI 316L
	<b>Peso [N]</b>	10 kg
	<b>Succión</b>	32 mm
	<b>Descarga</b>	25 mm
	<b>Motor</b>	1.5kW, 220 V, 3F
	<b>Operación</b>	160 lt/min @ 0.18 MPa

Fuente: Elaboración propia, tomado de (GOULDS WATER TECHNOLOGY, 2016)

### 3.2.3 Dimensionamiento del tanque

Uno de los factores importantes para el dimensionamiento fue el flujo de llenado 160 lt/min; realizando la estimación del volumen del reservorio se obtuvo que con un flujo de entrada de 70lt/min controlado con válvula de nivel, se necesitan dimensiones para 50lt, en la tabla 3.8 se muestra las especificaciones técnicas.

**Tabla 3.8. Especificaciones técnicas del tanque de llenado**

	<b>Dimensiones [mm]</b>	500x250x400
	<b>Espesor [mm]</b>	3
	<b>Masa [kg]</b>	23.5
	<b>Volumen [lt]</b>	50
	AISI 316L	

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4 Dimensionamiento de los rodillos

En la figura 3.7 se observa el despiece de un rodillo de transporte, el cual consta de 9 piezas, rigidizador interno, separador interno, separador de tubo, ajustador externo, tubo de transporte.

Para este diseño se consideró que el peso de los bidones es distribuido a lo largo del rodillo, aproximadamente 1 N/mm. En la tabla 3.9 se muestra los componentes necesarios para formar un rodillo y sus respectivas especificaciones.



**Figura 3.7. Rodillos**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.9. Especificaciones del rodillo de transporte**

Componentes	Dimensiones	Material	Unidades
Tubo estructural	Φ50 mm x 1.5mm	AISI 304	1
Rigidizador interno	Φ10mm X 1.5mm	AISI 304	1
Separador interno	Φ13mm X 1mm	AISI 304	1
Ajustador externo	Φ13mm X 1mm	AISI 304	2
Separador principal	Φ47 X Φ26mm	AISI 304	2
Rodamientos NTN 6000	De: 26mm, di 10mm	-	2

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Análisis de costo

Por tratarse de un sistema de embotellado, es posible realizar el cálculo aproximado de la inversión, es decir el precio de venta al público de las dos máquinas, más una corta evaluación del tiempo en el que la inversión será pagada por el incremento de la producción. Para obtener el estimado de inversión, se realizó un análisis de costo de obra y el precio de venta al posible microempresario.

#### 3.3.1 Análisis de costo para la maquina lavadora de bidones

Para determinar el precio de venta de la máquina, es necesario determinar los precios de los materiales que se van a utilizar, los equipos necesarios para la instalación y el costo de obra para montar la máquina. En las tablas 3.10, 3.11, 3.12 se muestran los costos meramente referenciales de materiales a utilizar, mano de obra, equipos necesarios para el montaje.

**Tabla 3.10. Tabla de costo de materiales AISI 304**

Perfil	Longitud [mm]	Masa/longitud [Kg/m]	Costo/masa [\$/Kg]	Costo total [\$]
Tubería 32mm	3280	3.466	3.5	39.79
Tubería 25mm	4259	2.559	3.5	38.15
Tubería 15mm	8948	1.297	3.5	40.62
Cuadrado 50x50x2	13040	2.789	3.4	123.65
Cuadrado 40x40x2	75614	2.349	3.4	603.90
Cuadrado 25x25x2	5017	1.389	3.4	23.69
T 30x30x2	3680	1.8	3.2	21.20
Planchas	Masa [Kg]	Área [m <sup>2</sup> ]	Costo/masa [\$/Kg]	Costo total [\$]

<b>1.6mm</b>	238.2	18.6	3.2	762.24
<b>3mm</b>	68.8	2.9	3.5	240.80
<b>TOTAL MATERIALES</b>				1894.04

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.11. Tabla de costo de equipos seleccionados**

<b>Sistema de potencia y velocidad</b>	732.50
<b>Cadenas y catarinas</b>	2250.00
<b>Variador Frecuencia (x4)</b>	824.60
<b>Bombas</b>	928.22
<b>Boquillas</b>	839.64
<b>Resistencias</b>	195.00
<b>TOTAL</b>	5769.96

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.12 registra los costos de la construcción de la estructura, del puesto a punto de la cadena, la cebada de las bombas.

**Tabla 3.12. Tabla de costo de fabricación de la maquina**

<b>Mano de obra</b>	<b>Costo/día</b>	<b>5 Días</b>
<b>2 Soldadores</b>	25	250
<b>3 Ayudantes</b>	15	225
<b>1 Armador</b>	20	100
<b>1 Técnico eléctrico</b>	30	150
<b>Equipos</b>	100	500
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		1225

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.13. Tabla de costo de accesorios de conexión de tuberías**

	<b>Cantidad</b>	<b>Precio/ unidad</b>	<b>Total</b>
<b>Codos 90° 32mm</b>	8	10	80
<b>Codos 90° 25mm</b>	10	9	90
<b>T Reductora de 25, 15, 15mm</b>	4	2.5	10
<b>T Reductora de 15, 15, 8mm</b>	15	2.5	37.5
<b>Codo 90° red de 25 a 15mm</b>	2	8	16
<b>Codo 90° red de 15 a 8mm</b>	2	8	16
<b>Codo 90° 15mm</b>	9	8	72



<b>Cruz 15mm</b>	6	4	24
<b>T 15mm</b>	1	2	2
<b>T 25mm</b>	2	3	6
<b>Válvula horizontal de nivel</b>	3	25	75
<b>Reductor de 8M a 6H mm</b>	26	1.2	31.2
<b>Adaptador HH 8mm</b>	5	1.2	6
<b>Pernos A Inox M6x30mm</b>	224	0.20	44.8
<b>Soldadura</b>	20	11	220
<b>Manguera sanitaria 25mm</b>	2	6.09	12.18
<b>Abrazadera sanitizada 25mm</b>	6	3.91	23.46
<b>Lana de Roca (1.44x1.44)</b>	2	80.00	160.00
<b>Válvulas de nivel</b>	2	150	300.00
<b>TOTAL ACCESORIOS</b>			<b>1250.10</b>

Fuente: Elaboración propia

El precio de venta se encuentra registrado en la tabla 3.14, para determinarlo se utiliza la ecuación (Ec 3.1.), la cual considera una rentabilidad del 30% sobre el costo de obra.

**Tabla 3.14. Tabla resumida de rublos y precio de venta**

<b>Material utilizado (M)</b>	1894.04
<b>Equipo necesario (E)</b>	5769.96
<b>Accesorios (A)</b>	1250.10
<b>Obra (O)</b>	1225.00
<b>PVP</b>	12011.59

Fuente: Elaboración propia

$$PVP = E + \frac{M + A + O}{1 - R} \quad \text{Ec 3.1.}$$

Donde:

*R*: Rentabilidad de la obra

El precio estimado de venta es de 12011.59 más IVA es decir se puede vender a un precio de 13000 más IVA. En el mercado internacional las máquinas de esta capacidad salen desde 14000 dólares más IVA

incluyendo él envió al país, lo cual significa que nuestro precio es competitivo.

### 3.3.2 Análisis de costo para la maquina llenadora de bidones

Para determinar el precio de venta de la máquina, es necesario determinar los precios de los materiales que se van a utilizar, los equipos necesarios para la instalación y el costo de obra para montar la máquina. En las tablas 3.15, 3.16, 3.17 se muestran los costos meramente referenciales de materiales a utilizar, mano de obra, equipos necesarios para el montaje.

**Tabla 3.15. Tabla de costo de materiales AISI304 o AISI316L**

Perfil	Longitud [mm]	Masa/longitud [Kg/m]	Costo/masa [\$/Kg]	Costo total [\$]
Tubería 75mm 316L	450	11.502	5.8	30.02
Tubería 50mm 316L	682	5.332	5.7	20.73
Tubería 40mm 316L	983	3.999	5.6	22.01
Tubería 25mm 316L	930	2.559	5.5	13.09
Cuadrado 50x50x2	560	2.789	3.4	5.31
Cuadrado 40x40x2	11500	2.349	3.4	91.85
Cuadrado 25x25x2	2080	1.389	3.4	9.82
Planchas	Masa [Kg]	Área [m <sup>2</sup> ]	Costo/masa [\$/Kg]	Costo total [\$]
1.6mm	19.472	1.52	3.2	62.31
3mm 316L	30.166	1.27	5.5	165.91
<b>TOTAL MATERIALES</b>				421.05

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.16. Tabla de costo de equipos seleccionados**

Bomba Goulds - 3ST1G2C4	820.00
Variador de frecuencia	448.41
Válvulas de llenado con reflujo (x2)	1200.00
Tambores (x27)	1350.00
<b>TOTAL</b>	<b>3818.41</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.17. Tabla de costo de fabricación de la maquina**

Mano de obra	Costo/día	3 Días
2 Soldadores	25	150

<b>3 Ayudantes</b>	15	135
<b>1 Armador</b>	20	60
<b>1 Téc eléctrico</b>	30	90
<b>Equipos</b>	100	300
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		735

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.18. Tabla de costo de accesorios de conexión de tuberías**

	<b>Cantidad</b>	<b>Precio/ unidad</b>	<b>Total</b>
<b>Codo 90° 32mm</b>	1	10	10.00
<b>Codo 90° 25mm</b>	2	9	18.00
<b>Manguera sanitaria 25mm</b>	3	6.09	18.27
<b>Abrazadera sanitizada 25mm</b>	6	3.91	23.46
<b>Soldadura</b>	10	11	110.00
<b>Válvula de nivel</b>	1	250	250.00
<b>TOTAL ACCESORIOS</b>			429.73

Fuente: Elaboración propia

El precio de venta se encuentra registrado en la tabla 3.19, para determinarlo se utiliza la ecuación (Ec 3.1.), la cual considera una rentabilidad del 30% sobre el costo de obra.

**Tabla 3.19. Tabla resumida de rublos y precio de venta**

<b>Material utilizado (M)</b>	421.05
<b>Equipo necesario (E)</b>	3818.41
<b>Accesorios (A)</b>	429.73
<b>Obra (O)</b>	735.00
<b>PVP</b>	6083.81

Fuente: Elaboración propia

El precio estimado de venta es de 6083.81 más IVA es decir se puede vender en un precio de 6500.00 más IVA. En el mercado internacional esta máquina se puede encontrar a precios por encima de 7000.00 con envío al país, por lo tanto, el precio es ligeramente competitivo.

### **3.3.3 VAN y TIR cuando se realice la inversión con las maquinas adquiridas**

Para la estimación de la producción media de una empresa familiar de lavado y llenado de bidones nos centraremos en datos recopilados para la ciudad de Guayaquil, donde se conoce que tiene 2'336.645 de habitantes y 614.453 hogares con un promedio de 3.80 personas por hogar (2,3 adultos y 1,5 hijos) de acuerdo al Censo de población y vivienda 2010. Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (MSP, INEC, 2012), el 26,3% de la población nacional compran agua purificada para beber, es decir aproximadamente 615 mil ecuatorianos. Adicionalmente en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición indica que el peso aproximado de los adultos y de los niños es de 71,9 y 54,5 kg respectivamente, entonces se puede estimar que la población adulta e hijos expresado en kilogramos es de 165,36 y 81,75 kg respectivamente, dando un total de 247,11 kg por hogar, este resultado ayuda con el cálculo de consumo diario de agua por cada persona que según la OMS (Organización Mundial de Salud) es aproximadamente 50 ml de agua por kilogramo de peso, entonces se tiene que por hogar se consume 12,4 litros de agua por día o 3,26 litros diarios de agua por persona, finalmente se puede estimar que la demanda diaria de agua purificada en Guayaquil es de 2 millones de litros.

En la tabla 3.20 se observa, según la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, para el año 2015 se encuentran registradas 32 compañías que se dedican al envasado de agua purificada. Suponiendo que todas las empresas satisfacen en partes iguales la demanda de agua purificada en Guayaquil, se tiene que cada empresa debería producir diariamente 62.500 litros de agua purificada. Como conocemos que la demanda no se cubre de esta forma, vamos a suponer que el 25% de este modelo homogéneo es cubierto por una pequeña empresa, es decir unos 16.000 litros diarios de agua purificada o aproximadamente 800 bidones, y adicional a ello consideraremos que estas pequeñas empresas solo dan abasto hasta 400 bidones al día.

**Tabla 3.20. Empresas envasadoras de agua activas en Guayaquil**

N	EMPRESAS ACTIVAS
32	CREAMVIDA S.A., EMPRESA DE BEBIDAS CUEVA EMBEC CIA.LTDA., AGUA FRESCA S.A. FRESCASA, AGUA CRISTAL ACRISTAL CA, INDUSTRIAS ICEBERGBRAND S.A., QUIMICAMP DEL ECUADOR SA, ASTRAL NEVADO ALIMENTICIA AGUANEVADO S.A., AQUAMED S.A., ECUALIQUIDOS S.A., MACOMON S.A., ALPINA BEVERAGE S.A. ALPINAGUA, SENETEL S.A., CRISTAL CLEAR U S.A. CRISCLE, NUTECOM NUEVAS TECNOLOGIAS COMERCIALES S.A., ECUACORPEXITO S.A., AQUATOTAL S.A., REFLASH S.A., DAFY S.A., WALQUIN S.A., LIQUIDOS DEL MILAGRO CA LIMISA, ROMILSORIA S.A., INDUSTRIAS DE BEBIDAS FRANCO&FARIAS, INBEFRAFASA S.A., TROPICVITA S.A., INCA KOLA DEL ECUADOR S.A., INDUSTRIALIZADORA FANNY CORTEZ FANCORT S.A., COMPAÑIA DE TRADICION TROPICAL S.A. COTTSA, GUAYAQUIL BOTTLING COMPANY S.A. BOTTLINGCOMP, BALORU SA, CRIBAGUZ CRIBAGUZ FOODS SA ELABORACION DE BEBIDAS S.A., AJECUADOR S.A., REFRESCOS SIN GAS S.A. RE.S.GA.SA, FORCYCORP S.A.

Fuente: (Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, 2012)

Adaptación de tabla, elaboración propia.

Considerando que nuestro posible micro empresario requiera incrementar su oferta de 400 a 800 bidones al día, la maquina funcionaria por cuatro horas, dando al microempresario tiempo en la tarde para distribuir su producción extra. El precio de venta de un bidón en el mercado es de 1.35 y su precio de costo aproximado (Anexo C) es de 0.18, en base a esta estimación se calcula el exceso de flujo al incremento de producción obtenido, la cantidad de bidones al año se realiza considerando 5 días laborables de las 52 semanas del año.

En la potencialización de una planta existente se estima para la instalación y transporte un valor de USD3500, la máquina de lavado a USD1300, y la llenadora a USD6500, con un monto de inversión de USD25760. Para una planta nueva el costo de las instalaciones físicas se estima en USD90000, el tratamiento de agua en USD60000 y la maquinaria de proceso en USD25760, es decir una inversión total de USD175760. En la tabla 3.21 se observan las estimaciones a nuevos ingresos anuales cuando se requiera potencializar (izquierda) con aceptación en el mercado de 20, 35, 50, 75 y el 100% del incremento máximo de la capacidad o cuando se considera la

planta nueva (derecha) con aceptación en el mercado de 40, 60, 85, 95 y el 100% de la capacidad total de la planta, en el primer caso el proyecto se paga en dos años y en el segundo caso se observa una tasa interna de retorno del 39% suficientemente alta para dar viabilidad al proyecto.

**Tabla 3.21. TIR y VAN a 5 años de mejorar o construir una micro planta.**

<b>Mejorar maquinaria</b>				<b>Planta nueva</b>			
<b>Año</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Egreso</b>	<b>V Neto</b>	<b>Año</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Egreso</b>	<b>V Neto</b>
<b>0</b>	0	25760	-25760	0	0	175760	-175760
<b>1</b>	31200	18304	12896	1	124800	73216	51584
<b>2</b>	54600	32032	22568	2	187200	109824	77376
<b>3</b>	78000	45760	32240	3	265200	155584	109616
<b>4</b>	117000	68640	48360	4	296400	173888	122512
<b>5</b>	156000	91520	64480	5	312000	183040	128960
<b>VAN</b>			92641	<b>VAN</b>			164717
<b>TIR</b>			85	<b>TIR</b>			39

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 4

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Una de las principales ventajas del diseño es su facilidad de mantenimiento, la maquina lavadora dispone de carritos que pueden moverse o anclarse en base a lo que se requiera, además que los equipos se encuentran en el mercado, y es más sencillo conseguir repuestos.

La maquinaria puede conectarse en sitios con instalaciones trifásicas o monofásicas, dependiendo del variador de frecuencia que se le instale a la máquina. En este diseño se consideró la conexión a sitio monofásico, por ello se seleccionó variadores de frecuencia con entrada monofásica y salida trifásica. Es posible conseguir en el mercado los trifásicos que se valoran aproximadamente igual a los listados.

Con la implementación de esta maquinaria, el tiempo empleado por los operarios para el proceso se reduce y existe un incremento de la producción, y un costo de producción reducido, en el anexo C se realiza un cálculo rápido del costo de producción de un bidón utilizando la maquinaria diseñada.

Los diseños de dimensionamiento incluyen análisis estático en todos los casos, y dado que el eje del sistema de transporte se encuentra sometido a esfuerzos variables, también se realizó un análisis de fatiga. La estructura se seleccionó para mantener un bajo peso y una capacidad de carga que soporte a los tanques reservorios y al transportador principal de la maquina lavadora, en total la maquina lavadora pesa 5.9KN. En la maquina llenadora su estructura se diseñó para su propio peso y el peso de 6 bidones llenos a lo largo de su transportador, la maquina finalmente pesa 1.3KN.

Durante la búsqueda del proceso adecuado, surgieron algunas alternativas y algunos errores posteriores en el diseño, una de esas alternativas planteaba la presión de trabajo en 0.7MPa, lo cual hacia obligatorio el posicionamiento de un sistema de sujeción que ayude a que los bidones no salgan disparados por la fuerza

del chorro. Continuando con la investigación se determinó que la presión, el tiempo y la cantidad de agua dentro del proceso tienen una relación inversamente proporcional entre sí, por tanto a mayores presiones de trabajo la cantidad de agua necesaria en todo el proceso se ubicaba en el orden del 60% al 70% del volumen total del recipiente y el tiempo de contacto eran muy inferior en el orden de 10 a 15 segundos, dando como resultado una optimización para volúmenes grandes de producción y siendo un gasto excesivo para volúmenes medios de producción. Siguiendo con la documentación se ubicaron procesos menos demandantes en presión pero que necesitaban mayor tiempo y cantidad de agua, finalmente se aceptó en base a experiencia y fabricantes externos, ir por un proceso que usa 0.2MPa de presión, pero que requiere un 95% del volumen total de recipiente, de esta manera el peso del bidón es suficiente para soportar la fuerza que produce la boquilla.

Durante la selección y búsqueda de las boquillas, fue importante ubicar aquellos tamaños que no produzcan fuerzas de impacto mayores al peso del bidón (4.9N). También fue necesario, verificar en la información técnica, el alcance, la cantidad de agua y capacidad de lavado que el ángulo de aspersión produciría en el bidón. Para el lavado la cantidad de turbulencias que forme el agua al ingresar ayuda en su limpieza. Se comprobó que todas las boquillas tienen alcance hasta los 50cm verticales, donde se ubica la base del bidón, y que el impacto directo del cono de aspersión contra las paredes del bidón se produjera en más del 50% del cuerpo, las boquillas seleccionadas impactan los costados del bidón a 25cm es decir se generan turbulencias desde la mitad del cuerpo.

El transportador de cadenas es necesario durante el proceso de transporte, es el método más simple y económico para el movimiento que necesitan los bidones, sin embargo, no se encuentra fácilmente disponible en el mercado nacional. Se buscaron alternativas en el medio, la primera opción fue el usar una cadena de acero inoxidable paso ASA80, pero este tipo de cadenas no proporciona la estabilidad requerida para los bidones, el área de sujeción de los aditamentos es muy reducida, por lo tanto, se necesita de cadenas paso doble de acero inoxidable,



finalmente se consultó con un intermediario y la cadena del transportador se trae al país por importación directa.

La estructura de la maquina fue pensada para una futura ampliación de su capacidad, creando unidades independientes que se pueden separar o incluso reducir, permitiéndonos variar los parámetros del proceso, la lavadora se diseñó para una capacidad de 200BPH, sin embargo, si la producción requiere incrementarse es posible obtener una producción mayor por incremento de las estaciones de lavado y minorizando el tiempo que se dedique a cada estación, por tanto, el volumen final y la presión permanecen estables. Otra posible adaptación un poco más costosa se podría realizar el desarmar las piezas horizontales que en la estructura solo están empernadas y realizar un incremento a nivel horizontal permitiendo colocar 3 bidones a la vez. En ambos casos la inversión necesaria es menor a un equipo nuevo de mayor capacidad.

El perfil seleccionado para la estructura fue acorde al mercado, es usual encontrar de 25, 40 y 50mm, en tubo cuadrado de acero AISI 304. En base a la experiencia el perfil más usado es el de 40mm, el análisis de cargas nos resulta en un factor de seguridad mínimo de 21.7, el perfil óptimo para una maquinaria de este tipo es el de 30mm es robusto e ideal para soportar la carga, sin embargo, no tenemos a disponibilidad inmediata.

El recubrimiento de la estructura utilizando planchas de acero inoxidable repercute en el peso total de la máquina, en base a la experiencia el uso de planchas de 1.5mm puede generar hundimientos y baja rigidez, sin embargo, el uso de planchas de 3mm incrementa el peso y el costo final de la máquina, la solución final fue utilizar rigidizadores para la plancha de 1.5mm, haciendo necesario un proceso de doblado de las esquinas de las planchas, simulando el uso de perfil rigidizador, pero con un menor costo.

En cuanto al requerimiento de mantenibilidad de la lavadora; los tanques y las bombas se diseñaron de tal manera que son de fácil remoción para mantenimiento.

Además, los tanques y las bombas están colocados sobre estructuras móviles e independientes de la principal, por tanto, la limpieza de tanques se debe de realizar a diario. Para permitir esta flexibilidad las bombas están conectadas a las tuberías por medio de abrazaderas de fácil desmontaje, y manguera sanitizada de grado alimenticio.

Finalmente, a la hora de definir boquillas, flujos, y presiones de operación, se cuidó el obtener aproximadamente los mismos requerimientos de cantidad de agua, por motivos de desagües, rebozos y cadenas de reutilización de agua, y adicional facilitar la tarea de mantenimiento, con 3 bombas iguales, es fácil mantener en bodega repuestos al menos para una de las bombas, permitiendo mayor velocidad de reacción ante posibles inconvenientes en la operación.

Durante el diseño de la maquina llenadora, uno de sus factores claves fue su incorporación a la salida de la lavadora, o su creación como sistema independiente, para colocarla a la salida se hacía necesario usar energía hidráulica o neumática, y todo el proceso de automatización necesario, y un incremento mayor en el precio, se decidió por un sistema independiente mayormente manual, que permita mantener un bajo costo en su implementación.

Al tratarse de agua para embotellar, se consideró de manera especial el material de la bomba, buscando una de acero AISI316L. Las válvulas de reflujo de igual manera deben ser construidas en acero AISI316L, el proveedor ofrece productos en este material, la válvula fue cotizada en Colombia.

El sistema de palanca seleccionado para subir y bajar las válvulas de reflujo se diseñó en base a su altura y el poco esfuerzo necesario para bajar con rapidez y subir con la misma rapidez.

El sistema de transporte de la maquina lavadora es manual, dado que la palanca y la salida de la lavadora hacen necesaria la presencia de un operador, el gasto en dar movimiento a este transportador es inútil, es suficiente con permitirle al

operador facilidad de desplazamiento. Es por ello que se seleccionó un transportador de rodillos de mediana carga. El transportador ofrece suficiente rigidez para aplicación de presión durante el taponamiento del bidón.

Durante la conexión de la bomba hacia los bidones, se colocó un reservorio que acumula agua durante el periodo de corte de la bomba, mientras las válvulas descargan en el bidón (15seg) las bombas trabajan al 100%, luego durante el cierre de las válvulas el variador baja el punto de operación de forma que no se apaga el motor pero se ahorra energía durante los 20 seg restantes hasta necesitar agua al 100% nuevamente, el agua bombeada en el punto de operación bajo se guarda en el micro reservorio para evitar daños en las válvulas.

En ambos casos, las partes soldables de la estructura deben utilizar procedimiento TIG, que garantiza estética y funcionalidad en espesores del orden utilizado, 1.5, 2 y 3mm. Se utilizará un electrodo de aporte ER308L, de 0.7mm de diámetro. Las conexiones pernadas se realizarán con perno de acero inoxidable M8 de 30mm, para las planchas de cierre, las bandejas, y los travesaños horizontales de la estructura.

#### **4.1 Conclusiones**

Los sistemas de lavado y llenado de bidones de 20 litros se diseñaron considerando los materiales, equipos y suministros del medio, con un tiempo de operación de 35 segundos que nos proporciona una capacidad de 204 bidones por hora. El diseño de la lavadora priorizo facilidad de mantenimiento y operabilidad ante el costo. El diseño de la llenadora priorizo calidad del material ante el costo.

El sistema de transporte por cadena de la maquina lavadora se diseñó considerando el grado de automatización y facilidad de construcción en el medio.

El sistema de transporte de rodillos sin accionamiento se seleccionó en base a la naturaleza manual de la maquina llenadora.

Los diseños de la lavadora y estructura de la llenadora de bidones de 20 litros se realizaron utilizando materiales sanitizados y acero inoxidable AISI 304 de fácil acceso en el mercado. El sistema de bombeo de la llenadora se realizó usando AISI326L.

La máquina lavadora de bidones tiene un costo de USD13000, costo competitivo con respecto a una maquina importada con similares características.

La máquina llenadora de bidones tiene un costo de USD7000, costo competitivo con respecto a una maquina importada con similares características.

Se generaron los planos ilustrativos y de construcción de los sistemas de lavado y llenado de bidones, se adjuntan en los anexos.

#### **4.2 Recomendaciones**

Se recomienda automatizar completamente la línea de producción, y considerar procesos de llenado más eficientes.

Durante la fase de lavado se recomienda utilizar detergente sanitario neutro.

Durante la operación del equipo se recomienda realizar un programa de mantenimiento adecuado para los mismos.

# BIBLIOGRAFÍA

- Almagor F. Luis, C. C. (2013). *Propuesta estrategica y estudio de prefactibilidad para la creacion de un empresa dedicada a la produccion y venta de botellones de agua purificada ubicada en el barrio el Condado del canton Quito*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Anderson/Rich Consulting. (2013). *CapSnap*. Obtenido de <http://www.capsnapequipment.com/index.php/capsnapequipment>
- APACKS. (2017). *Automatic Gravity Filling Machine*. Obtenido de <http://www.apacks.com>: <http://www.apacks.com/liquid-filling-machines/gravity-filler/automatic-gravity-filling-machine>
- Cengel Yonus & Cimbala Jhon. (2006). *Mecanica de Fluidos 'Fundamentos y Aplicaciones'*. Mc Graw Hill.
- DIPAC S.A. (2016). *DIPAC Productos de acero*. Obtenido de [http://www.dipacmanta.com/index.php?route=product/product&path=71\\_136&product\\_id=82](http://www.dipacmanta.com/index.php?route=product/product&path=71_136&product_id=82)
- Distribuidora Metalica S.A. de C.V. (2014). *Tuberias, Conexiones y Valvulas de Acero Inoxiable*. Obtenido de Distribuidora Metalica Web site: [http://www.metalica.com.mx/pdf/DM\\_TUBERIA.pdf](http://www.metalica.com.mx/pdf/DM_TUBERIA.pdf)
- E., H. N. (4 de junio de 2012). *SlideShare Web site*. Obtenido de Tubos y tuberias: <http://es.slideshare.net/n.ando/tubos-y-tuberias>
- EBARA. (2017). *CDX(L)-CD – Centrífuga monocelular – AISI 304 / 316 (L)* . Obtenido de <http://www.ebara.es/productos/bombas-centrifugas-horizontales/cdx-cd/>
- Elaplas. (s.f.). *Elaplas 'Elastomeros y Plasticos'*. Obtenido de <http://www.elaplas.es/wp-content/uploads/ptfe.pdf>
- FDA. (2016). *ELECTRONIC CODE OF FEDERAL REGULATIONS*. Obtenido de 129.80 Processes and controls.: [http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=ec2f92dfde3912b2428991449df2a735&mc=true&node=se21.2.129\\_180&rgn=div8](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=ec2f92dfde3912b2428991449df2a735&mc=true&node=se21.2.129_180&rgn=div8)
- Fernandez, D. T. (2004). *Medicina Tropical*. Guayaquil.
- Fierro, J. (2014). *Llenadora de liquidos manual*. Mexico.
- Garcia, C. (29 de Marzo de 2017). *Boquilla por reflujo y nivel*. Cali, Colombia.

- Global Water Technologies Group. (2005). *Global Water Technologies Group*. Obtenido de Global Water Technologies Group: <http://www.ciberteca.net/equipos-para-purificadoras-y-embotelladoras-de-agua-purificada-y-mineral/Lavadoras-de-garrafon-semiautomaticas/control-proceso-de-lavado-garrafon.htm>
- GoodFellow50. (Agosto de 2017). <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-316.html>.
- GOULDS WATER TECHNOLOGY. (Enero de 2016). *Goulds Xylem Brands*. Obtenido de <http://goulds.com/centrifugal-pumps-boosters/multi-stage-end-suction/esv-series/#product-tab-literature>: <http://documentlibrary.xylemappliedwater.com/wp-content/blogs.dir/22/files/2012/07/BeSV60-R7.pdf>
- Hoffmann, M. (2015). Llenadora de liquidos economica.
- Incropera, F. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Mexico: Prentice Hall.
- INEN. (2008). NTE INEN 2200:2008. *Agua envasada*. Quito.
- INEN. (2011). NTE INEN 1108:2011. *Agua Potable*. Quito.
- iWater. (2014). <http://www.plantas-purificadoras-de-aguas.com.mx/productos/maquinas-para-plastico-sopladoras-e-inyectoras/maquinaria-para-fabricacion-de-garrafon-de-19-litros/>. Obtenido de <http://www.plantas-purificadoras-de-aguas.com.mx/productos/maquinas-para-plastico-sopladoras-e-inyectoras/maquinaria-para-fabricacion-de-garrafon-de-19-litros/>
- Kay, M. G. (12 de January de 2012). *Industrial and systems engineering*. Recuperado el 6 de Mayo de 2016, de North Carolina State University: [http://www.ise.ncsu.edu/kay/Material\\_Handling\\_Equipment.pdf](http://www.ise.ncsu.edu/kay/Material_Handling_Equipment.pdf)
- Lideres. (2013). *Una decada de cambios en el mercado*. Obtenido de Lideres: <http://www.revistalideres.ec/lideres/decada-cambios-mercado.html>
- MSP. (2014). *INFORME TÉCNICO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO GUAYAQUIL ECOLÓGICO*. Direccion Zonal 8, Guayaquil.
- MSP, INEC. (2012). *ENSANUT - ECU TOMO I*.
- MSP, INEC. (2012). *ENSANUT - ECU TOMO II*.
- Multimet. (2014). *Clasificacion de los aceros inoxidables segun la norma AISI*. Lima.
- Nisbett, R. G. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (9 Edicion ed.). (M. M. Elmer, Trad.) Mexico, Mexico: Mc Graw Hill.
- NTN. (2014). *BEARING UNITS*. Bishop Ct.: NTN Bearing Corporation of America.

- OCME MOVING IDEAS. (2014). *OCME MOVING IDEAS*. Obtenido de <http://www.ocme.com/servicios/biblioteca-virtual-de-la-documentacion-tecnica-de-las-maquinas-ocme.aspx>
- PDVSA. (Noviembre de 1993). *ALEMANSISTEM*. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de <https://alemansistem.files.wordpress.com/2015/02/transportadores-de-cadena-de-tornillo-vibrador.pdf>
- Pentair. (s.f.). *Hypro - Nozzle - Pumps - Spray Parts*. Obtenido de [http://www.hypro-ind.co.uk/images/Flat\\_Fan\\_Spray.pdf](http://www.hypro-ind.co.uk/images/Flat_Fan_Spray.pdf)
- Pentair Ltd. (2013). <http://www.berkeleypumps.com/Spanish/>. Obtenido de <http://www.berkeleypumps.com/resources/images/5617.pdf>
- SKF. (june de 2013). *SKF TRANSMISSION CHAINS*. Obtenido de <http://www.skf.com/binary/49-238620/SKF-Transmission-Chains---13747-EN.pdf>
- Spraying System Co. (2017). *Sección A - Referencias Tecnicas*. Obtenido de [www.spray.com.ec](http://www.spray.com.ec)
- Spraying System Co. (2017). *Sección B – Boquillas de Aspersión de Cono Lleno*. Obtenido de <http://www.spray.com.ec/>
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (2012). *Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros*. Obtenido de <http://appscvs.supercias.gov.ec/portallInformacion/index.zul>
- TSUBAKI. (s.f.). *SMALL SIZE CONVEYOR CHAIN & SPROCKETS*. Obtenido de [http://ptp.tsubakimoto.co.jp/contents/e\\_book/catarog/e\\_small\\_size\\_conveyer\\_chains\\_and\\_sprockets/pageview/data/target.pdf](http://ptp.tsubakimoto.co.jp/contents/e_book/catarog/e_small_size_conveyer_chains_and_sprockets/pageview/data/target.pdf)
- UPV. (2015). *Unidad 15. Materiales Poliméricos y Compuestos*. Obtenido de 3. [http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15\\_3.html](http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_3.html)
- Polímeros Termoplásticos:

# APÉNDICES



## Apéndice A: Información técnica

### A1: Boquillas

A











## CONSIDERACIONES DEL DESEMPEÑO DE LA ASPERSIÓN

REFERENCIAS TÉCNICAS

### CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS BOQUILLAS

Las boquillas de aspersión son componentes de precisión diseñados para cumplir con un desempeño específico bajo ciertas condiciones. Para ayudarle a determinar cuál es la mejor boquilla para su aplicación, la siguiente tabla de referencias resume el desempeño para el cual fue diseñado cada tipo de boquilla.

Contacte a su ingeniero de ventas local de Spraying Systems para mayor información técnica o para una consulta sin obligación.

	<p><b>CONO HUECO (TIPO RECÁMARA DE TURBULENCIA)</b></p> <p><b>Características Principales de la Aspersión</b>                      Disponible en una amplia gama de capacidades y tamaños de gota. Proporciona una buena interfase entre el aire y la superficie de las gotas.</p> <p><b>Comentarios</b>                      Por la gran gama de capacidades y tamaños de gota, las boquillas de cono hueco son muy útiles en una gran variedad de aplicaciones en donde se requiera combinar gotas y capacidades pequeñas.</p>	<p>Patrón de aspersión:</p>  <p>Ángulos de Aspersión: 40° a 165°</p>
	<p><b>CONO HUECO (TIPO DEFLECTOR)</b></p> <p><b>Características Generales de la Aspersión</b>                      Utiliza una tapa deflectora para formar un patrón de aspersión de cono hueco tipo "paraguas".</p> <p><b>Comentarios</b>                      Las de capacidades mayores se pueden utilizar para drenar o limpiar el interior de tuberías y tanques pequeños.</p>	<p>Patrón de aspersión:</p>  <p>Ángulos de Aspersión: 100° a 180°</p>
	<p><b>CONO HUECO (TIPO ESPIRAL)</b></p> <p><b>Características Generales de la Aspersión</b>                      Proporciona un patrón de aspersión de cono hueco con gotas ligeramente más gruesas que aquellas producidas por otras boquillas de cono hueco.</p> <p><b>Comentarios</b>                      Boquilla de tamaño compacto que proporciona un alto flujo de líquido. Su diseño de una pieza permite un paso máximo para un tamaño de tubo dado.</p>	<p>Patrón de aspersión:</p>  <p>Ángulos de Aspersión: 50° a 180°</p>
	<p><b>CONO LLENO</b></p> <p><b>Características Generales de la Aspersión</b>                      Utiliza una vena interna para proporcionar un patrón de aspersión de cono lleno, uniforme y redondo con gotas de medianas a grandes.</p> <p><b>Comentarios</b>                      Proporciona un cono lleno con flujos de medianos a grandes. También hay disponibilidad de modelos sin vena y de aspersión ovalada.</p>	<p>Patrón de aspersión:</p>  <p>Ángulos de Aspersión: 15° a 125°</p>
	<p><b>CONO LLENO (TIPO ESPIRAL)</b></p> <p><b>Características Generales de la Aspersión</b>                      Proporciona gotas relativamente gruesas en un patrón de aspersión de cono lleno con un mínimo de obstrucción.</p> <p><b>Comentarios</b>                      La cobertura de la aspersión no es tan uniforme como en boquillas convencionales con vena interna. Boquilla compacta que proporciona un alto flujo.</p>	<p>Patrón de aspersión:</p>  <p>Ángulos de aspersión: 50° a 170°</p>



Spraying Systems Co.  
Experts in Spray Technology

Figura A1.1. Diferentes tipos de salida de boquilla

**ÁNGULO DE ASPERSIÓN Y COBERTURA**



Los ángulos de aspersión tabulados indican las coberturas aproximadas asperjiendo agua. En la aspersión real, el ángulo efectivo de aspersión varía con la distancia. Los líquidos más viscosos que el agua forman ángulos de aspersión relativamente más pequeños (o incluso un chorro sólido), dependiendo de la viscosidad, la capacidad de la boquilla y la presión de trabajo. Los líquidos con tensión superficial menor que la del agua producirán ángulos de aspersión relativamente más anchos que aquellos que figuran en la lista para agua. Esta tabla muestra la cobertura teórica de los patrones de aspersión calculada según el ángulo de aspersión y la distancia desde el orificio de la boquilla. Estos valores se han calculado suponiendo que el ángulo de aspersión se mantenga a todo lo largo de la distancia de aspersión. En la práctica, el ángulo de aspersión tabulado no se mantiene en largas distancias. Si la cobertura de aspersión es un requerimiento crítico, solicite hojas de datos con información específica de coberturas.

**COBERTURA TEÓRICA DE LA ASPERSIÓN**  
a Diversas Distancias en Pulgadas (cm) desde el Orificio de la Boquilla

Ángulo de Aspersión	2"	5 cm	4"	10 cm	6"	15 cm	8"	20 cm	10"	25 cm	12"	30 cm	15"	40 cm	18"	50 cm	24"	60 cm	30"	70 cm	36"	90 cm	40"	100 cm
5°	2	4	4	9	5	13	7	18	9	22	11	28	13	35	18	44	21	52	26	61	31	78	42	97
10°	4	9	7	18	11	28	14	35	18	44	21	53	26	70	31	88	42	105	52	123	63	148	84	175
15°	5	13	11	26	16	40	21	53	26	66	32	79	39	105	47	122	63	158	79	184	95	211	126	263
20°	7	18	14	35	21	53	28	71	35	88	42	106	53	141	64	176	85	212	106	247	127	282	159	353
25°	9	22	18	44	27	67	35	89	44	111	53	133	66	177	80	222	106	266	133	319	159	355	212	443
30°	11	27	21	54	32	80	43	107	54	134	64	161	81	214	97	268	128	322	161	375	193	429	257	536
35°	13	32	25	63	38	95	50	126	63	158	76	189	95	252	113	305	155	378	189	441	227	505	303	631
40°	15	38	29	73	44	109	58	146	73	182	87	218	109	291	131	364	175	437	218	518	262	582	349	728
45°	17	43	33	83	50	124	66	166	83	207	99	249	124	331	149	414	199	487	248	588	298	663	387	828
50°	19	47	37	93	56	140	75	187	93	233	112	280	140	373	168	466	224	560	280	653	336	746	448	933
55°	21	52	42	104	63	156	83	208	103	260	125	312	156	417	187	521	250	625	312	729	375	833	500	104
60°	23	58	46	116	69	173	92	231	115	289	138	346	173	462	206	577	277	683	346	808	416	924	554	115
65°	25	64	51	127	76	191	102	255	127	319	153	382	192	518	229	637	305	765	382	892	458	102	612	127
70°	28	70	56	140	84	210	112	280	140	360	168	420	210	560	252	700	336	840	420	980	504	112	672	140
75°	31	77	61	154	92	230	123	307	153	384	184	460	230	614	276	767	368	921	460	107	552	123	736	153
80°	34	84	67	168	101	252	134	336	168	420	202	504	252	671	303	839	403	101	504	116	604	134	806	168
85°	37	92	73	183	110	275	147	367	183	458	220	550	275	733	330	916	440	119	550	128	660	147	880	183
90°	40	100	80	200	120	300	160	400	200	500	240	600	300	800	360	1000	480	120	600	140	720	160	960	200
95°	44	109	87	218	131	327	175	437	218	546	262	655	328	873	383	1099	524	131	655	153	786	175	105	218
100°	48	119	95	238	143	358	191	477	238	596	286	715	358	953	430	1199	572	143	716	167	859	191	114	238
110°	57	143	114	288	171	429	228	571	285	714	343	857	428	114	514	143	685	171	856	200	103	228	--	288
120°	69	173	139	346	208	528	277	693	346	866	416	104	528	139	624	173	832	208	104	240	--	--	--	--
130°	86	215	172	429	267	643	343	858	429	107	515	129	644	172	773	215	103	257	--	--	--	--	--	--
140°	109	275	219	550	329	824	438	110	548	132	657	165	822	220	986	275	--	--	--	--	--	--	--	--
150°	149	373	298	746	467	112	596	149	745	187	895	224	112	289	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
160°	227	567	454	113	680	170	806	227	113	284	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
170°	458	114	916	229	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura A1.2. Desempeño de la aspersión a diferentes longitudes

## CONSIDERACIONES DEL DESEMPEÑO DE LA ASPERSIÓN



FLUJO DE AGUA A TRAVÉS DE TUBERÍA CÉDULA 40																												
Flujo gpm	Caída de Presión en psi para Diferentes Diámetros de Tubería Tubería de 10 pies de Longitud												Flujo l/min	Caída de Presión en bar para Diferentes Diámetros de Tubería Tubería de 10 m. de Longitud														
	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"	5"	6"		8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"	5"	6"	8"	
3	.42													1	.37													
4	.70	.16												1.5	.16	.04												
5	1.1	.24												2	.26	.06												
6	1.5	.30												2.5	.40	.08												
8	2.5	.54	.33											3	.56	.12	.03											
10	3.7	.80	.39	.06										4	.86	.25	.05	.02										
15	8.0	1.8	.80	.32										6	2.0	.45	.10	.03										
20	13.4	3.0	.85	.25	.05									8	3.5	.74	.17	.05	.01									
25		4.5	1.0	.32	.08									10		1.2	.25	.08	.02									
30		6.4	1.4	.40	.11									12		1.7	.25	.11	.03									
40		11.1	2.4	.74	.38	.06								15		2.8	.54	.37	.04	.01								
50			3.7	1.1	.28	.08								20			.82	.28	.07	.03								
60			5.2	1.6	.38	.12								25			1.2	.45	.11	.03								
80			8.1	2.8	.66	.28	.05							30			2.1	.82	.15	.04	.01							
10			12		1.0	.38	.08							40				1.1	.25	.08	.02							
15				2.2	.64	.16	.08							60				5.4	1.6	.94	.02	.006						
20				3.0	1.1	.28	.13	.04						80				.90	.28	.07	.03	.009						
25					1.7	.42	.19	.05						100					.82	.12	.05	.01						
30					2.4	.58	.27	.08						115					5.8	1.4	.85	.015						
35					3.2	.78	.36	.11	.04					130					.72	.18	.08	.03	.01					
40						1.0	.47	.14	.06					150						2.9	.19	.03	.012					
45						1.3	.58	.17	.07					170						2.9	.13	.04	.016					
50						1.6	.70	.20	.08					190						3.6	.15	.05	.02					
60						2.2	1.0	.29	.12	.04				230						5.0	.29	.07	.03	.006				
70							1.4	.38	.16	.05				260							.32	.08	.04	.01				
80							1.8	.50	.26	.07				300							.38	.11	.04	.02	.007			
90							2.2	.62	.35	.08	.04			340							.50	.14	.05	.02	.009			
100							2.7	.76	.31	.11	.05			380							.61	.18	.07	.03	.01			
125								1.2	.47	.16	.08	.04		470								.26	.11	.04	.02	.008		
150								1.7	.67	.22	.11	.06		530									.28	.15	.05	.03	.01	
200								2.9	1.2	.38	.20	.16		750									.64	.25	.08	.04	.02	.007
250									.58	.38	.15	.05		950										.14	.06	.03	.01	
300									.84	.48	.21	.07		1150										.19	.08	.05	.02	
400										.70	.37	.12	.05	1500										.16	.08	.03	.01	
500											.57	.19	.07	1900										.13	.04	.02		
750												.28	.15	.04	2800										.08	.03	.009	
1000													.08	.27	.07	3800										.16	.06	.02
2000													1.0	.35		7500											.25	.05

La capacidad recomendada para cada tamaño se muestra en el área delimitada.

Figura A1.3. Perdidas por fricción en tuberías de acero inoxidable cedula 40

## A2: Resistencia eléctrica calefactora

### RESISTENCIAS CALEFACTORAS PARA CALDERAS ELÉCTRICAS

#### DP/ED/ET “con tapón de acoplamiento”



#### CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- Elementos tubulares en cobre niquelado o acero inoxidable AISI 321 de Ø8 mm.
- Cabezales roscados en latón estampado.
- Caperuzas de protección de poliéster con fibra de vidrio o de acero bicromatizado, con grado de protección contra la humedad IP-40.
- Opcionalmente, todos los modelos con tapón roscado de 1-1/2", 2" y 2-1/2" pueden suministrarse con caja de conexiones de aluminio IP-66.
- Soldadas con aleación de plata para tubo inox. y con aleación de cobre para tubo de cobre.
- Tensión normalizada 3Ø230 V Δ, 3-400 V Δ
- Bajo pedido pueden fabricarse resistencias a medida según sus especificaciones:
  - Elementos tubulares en: AISI 316L, Incoloy®-800 e Incoloy®-825 y Titanio.
  - Cabezales en acero inoxidable o Titanio.

#### APLICACIONES:

- Calentamiento de líquidos en general.
- Calderas de vapor.
- Baños María.
- Recalentamiento de fuel.
- Termos.
- Cámaras de aceite.
- Destilación.
- Limpieza.
- Tintes.
- Radiadores de calor por convección líquida.
- Secadores de toallas.
- Desengrase.
- Calefacción por circulación de líquidos.
- Piscifactorías.
- Hervidores.
- Cocederos.
- Instalaciones industriales de calor.
- Industrias químicas.
- Electromedicina.

Figura A2.1. Usos y forma de la resistencia eléctrica seleccionada

### A3: Transportador de cadenas

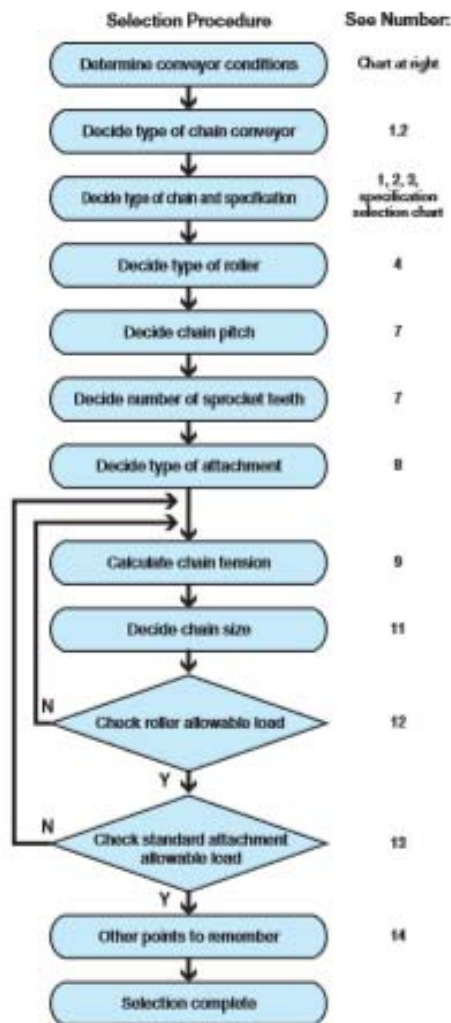
## Selection and Handling

### Chain Selection and Handling

Selecting conveyor chains for chain conveyors requires comprehensive knowledge and experience. However, the following are general points for selecting the optimum chain for your application.

#### 1. Determine Conveyance Conditions

Determine the conveyance conditions of the conveyor chain.



#### Determining Conveyor Chain Conveyance Conditions

Machine	:	
Conveyed Material	:	
Corrosion	:	
Wear	:	
Temp. of Material Conveyed	:	Room Temp. °C
Dimensions of Conveyed Items	:	
Mass of Material Conveyed	:	MAX kg/each
Conveyed Amount (Loose Materials)	:	MAX t/h
Conveyed Amount (Item)	:	MAX kg/conveyor
Conveyor Length	:	m
Lift	:	m
Number of Chain Strands	:	(spaced m apart)
Chain Speed	:	m/min
Average Tensile Strength	:	kN[kg]
Chain Pitch	:	mm
Attachment Spacing	:	att. every link
Conveyance Method	:	Pushed by dog, direct conveyance, other
Operating Time	:	h/d
Lubrication	:	Yes / No
Motor	:	AC/DC kW, r/min, unit(s)
Number of Sprocket Teeth	:	NT (PCD mm)
Sprocket Bore Diameter	:	φ H6 / H7
Boss	:	Type φ x L
Keyway	:	Unnecessary, JS b at Parallel/breaked
Sprocket Tooth Finishing	:	Precision Welded, Machine Cut, Induction Hardened



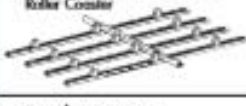








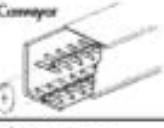
1. We recommend using standard chain from a cost/delivery perspective.  
 2. When unable to choose between a standard or specialty chain, the materials and attachments make it a special chain with special specifications. See sections regarding conveyor chain category and type.

Figura A3.1. Diseño de transportador de cadena



# Selection and Handling

## 2. Deciding Conveyor Type

Basic Conveyor Types	Conveyed Items					
	Item Conveyance	Chain Type	See Pg.	Loose Material	Chain Type	See Pg.
Top Loading Conveyance	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Slot Conveyor</li> </ul> 	RF-BR RF-NB RF (CT)	50 65 20 68	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Apron/Pan Conveyor</li> </ul> 	RF	20
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Push Conveyor, Tow Conveyor, Roller Conveyor</li> </ul> 	RF RF-NB NF RF-SR	20 65 84 64			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Free Flow Conveyor</li> </ul> 	RF-VR RF-TR RF-SR	62 63 64			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Standard Chain Conveyor</li> </ul> 	RF NF EPC RF-NB	20 84 107 65			
Suspension Conveyance	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Trolley Conveyor</li> </ul>	RF	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bucket Elevator</li> </ul> 	RF B Class Chain	20 77
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tray Elevator</li> </ul> 	RF-NB RF NF	65 20 84			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vertical Parking Structure</li> </ul> 	RF Specialty Chain	20			
Push Conveyance, Frictional Conveyance	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Push Conveyor</li> </ul> 	RF NF RF-NB	20 84 65	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Scraper/Flight Conveyor</li> </ul> 	RF	20
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Horizontal Revolving Conveyor</li> </ul> 	RF RF-NB	20 65	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flow Conveyor</li> </ul> 	RF NF	20 85
				<ul style="list-style-type: none"> <li>● Drag Chain Conveyor</li> </ul>	Special Chain	

Note: See pg. 143, Table 13 regarding item wear and corrosion properties.

Figura A3.2. Diseño de transportador de cadena

# Selection and Handling

## 3. Deciding Chain Type

When selecting conveyor chain type, it is necessary to identify the physical properties of the materials conveyed. Method of conveyance and chain conveyor type should then be determined, keeping cost performance in mind. Three basic types of conveyor are shown on pg. 95, which can be used for determining conveyor chain type.

### Key Points in Determining Conveyor Chain Type

- Adopt a loading type conveyor to reduce the running resistance of the conveyor chain when conveying materials, which will lead to energy savings. Bearing Roller Conveyor Chain and GT Series are the most suitable for this application.
- Design layout so that powdery or liquid materials, or materials that will promote chain wear, are prevented from directly contacting the conveyor chain.
- Use a sealed conveyor, such as a flow conveyor, to prevent loose material from flying during conveyance.
- When using conveyor chains to convey very corrosive material, or in corrosive environments, select a conveyor chain with suitable specifications. (Fig. 108, Chart 13)

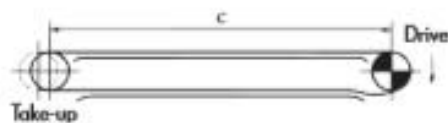
## 4. Deciding Roller Type

Refer to "Roller Types" in the pages concerning Large Conveyor Chain construction.

## 5. Basic Conveyor Chain Layout

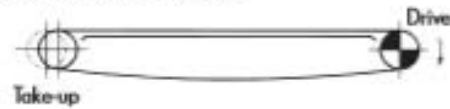
### 5.1 Horizontal Conveyor

#### 1) Making a catenary on the drive sprocket side



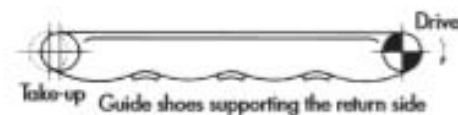
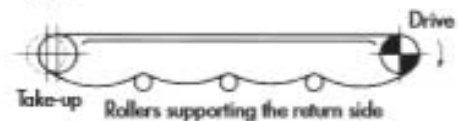
- ① Catenary tension makes chain-sprocket engagement smooth.
- ② Lubrication at the catenary is most effective.

#### 2) No guide on the return side



For short center distance and slow chain speed. The mass of the chain on the return side may cause vibration, affecting chain operation.

#### 3) Supporting the chain on the return side with guides or rollers



Contact between chain and guide or roller may hasten chain wear or damage chain as it articulates at the roller or guide. This may also cause vibration, affecting chain operation. With a long center distance, it is practical to divide the return side into several catenaries.

Partial or full support by catenary on the return side (see diagrams above) can absorb chain elongation/shrinkage from heat or other factors. This arrangement can be used when chain speed is comparatively slow. Catenary sag should be about 10% of the free span. This is not recommended for reverse drives.

#### 4) Supporting the entire return side



The return side is entirely supported by rails, which are fixed on the take-up of the driven sprocket. This method absorbs all chain sag, and can also be used in reverse operation. However, there is no catenary on the drive sprocket lower side, making it necessary to regularly adjust chain elongation through take-up.

Caution: Excessive tension from take-up will hasten chain wear.

Figura A3.3. Diseño de transportador de cadena

## Selection and Handling

### 5) Return side on top



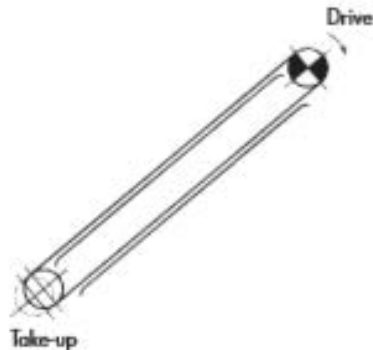
### 5.2 Vertical Conveyors

If the conveyor will be stopped while loaded, it will be necessary to install a brake or Tsubaki Back Stop Cam Clutch to prevent reverse operation.

Caution: Excessive tension from take-up will hasten chain wear.



### 5.3 Inclined Conveyors



### 5.4 Vertical Shaft Conveyors



Installing a guide roller will help the chain run smoother.

### Key Points in Using Conveyor Chains

- Lubricate chain to prevent elongation during use. Use a lubricant with an equivalent viscosity of ISO VG100-150 (SAE30-40). Use a drip or brush method and ensure lubricant penetrates between pins, bushes, rollers, and other areas to prevent metal-on-metal contact. (See pg. 89 for the Tsubaki Automatic Conveyor Chain Lubricator.)
- Ensure that sprocket shafts are parallel.
- At least three sprocket teeth need to engage the chain.
- Use take-up to adjust chain elongation.
- When using chains in parallel, be sure that sprocket teeth on both sides are aligned when engaging.
- New chain will prematurely wear if connected to a sprocket whose teeth have severely worn.

Figura A3.4. Diseño de transportador de cadena



# Selection and Handling

## 6. Choosing a chain series for conveying loose materials

The following table lists the chain conveyor types and chain series used in conveying typical loose items, as well as our recommendations.

Depending on the conveyed items, the same items listed in Table 1 may differ in condition or quality. Determine conveyor type and chain series based on consideration of past performance and careful investigation.

Table 1: Material and Chain Specifications

Material	Type of Conveyor						Recommended Chain Series	Notes
	Apron	Flow	Apron	Bucket	Scraper	Roller		
Activated Charcoal	B	C	○	△	△	△	DI	
Alumina	B	E	○	△	△	△	CI	
Bauxite	C	C	○				GI	
Barley	C	C	○	○		○	DI	
Carbide	B		○	○	○	○	+	
Carbon	B	C	○	△		△	BI	
Cement Clinker	A	E	○	△	○	△	CI	
Cement Products	B	E	○		○	○	+	
Clinker Dust	A	E		△			BI	
Coal	B	B	○		○		CI	
Coke	A	C			○	△	BI	
Coke Dust	A	C		△			+	
Dolomite	B	D	○	△	○	△	DI	UJ on Apron Conveyors
Dry American Glue	B	B	○	△		△	+	
Dry American Mtn	C	C	○	△		△	+	
Dry Clay	B	C		△		△	BI	
Dry Portland Cement	C	D	○				GI	
Dry Sintered Iron	B	D	○	△	○	△	DI	UJ on Apron Conveyors
Dry Sintered Steel	C	D	○	△			+	
Dry Sintered Tin	C	E	○	△		△	+	
Dry Unbleached Linn	B	E	○	△		△	+	
Dry Unbleached Linn	C	C	○	△		△	+	
Dry Wood Chips	C	D	○	△			+	
Foundry Sand	A	C	○		△		BI	
Garbage	B		△		○		BI	
Gilbar's Salt	B	B		△			GS	
Moisture	C	C	○	○		○	DI	
Mixed Feed	C	B	○	△		△	+	
Polyethylene	B	C	○	△		△	+	
Rice	C	C	○	○		○	+	
Rock Salt	C	C	○	△		△	+	
Salt	B	C	○	△		△	BI	
Soda Ash	B	E	○	△		△	DI	
Soybean	C	C	○	○		○	+	
Starch	C	C	○	△		△	+	
Sugar	C	C	○	○		○	SS	See 3.
Sugar Cane	C	C	○	○		○	GI	
Synthetic Detergent	B	C	○	△		△	DI	
Top Chalk Powder	B			△		△	MI	
Wet Coal Dust	B	B		△			BI	
Wet Gypsum	B	A	○	○		○	GS, BI	
Wet Portland Cement	C	D	○				BI	
Wet Unbleached Linn	B	E	○	△		△	DS	
Wheat	C	C	○	○		○	DI	
Wheat Flour	C	C	○	○		○	+	

Note 1. Abrasiveness: ABC  
 2. Corrosiveness: A (Strong acid), B (Moderate acid), C (Neutral), D (Moderate alkali), E (Strong alkali)  
 3. See pg. 143 for clean specifications.

## 7. Chain Pitch And Number Of Sprocket Teeth

- 1) Smoother chain operation can be expected as the number of sprocket teeth increases. This means that for a sprocket with the same outer diameter, a shorter pitch chain can operate more smoothly due to a reduction in the polygonal speed fluctuation or less articulating angle of chain on the sprocket. This also results in less wear between pin and bush.
- 2) Longer pitch chain, though more expensive per link, would be cheaper for a unit length of chain in general. Chain pitch for Unit Conveyors is determined by unit size or attachment spacing.  
 (Example) Attachment spacing = 2m  
 • Chain pitch = 100, 200, 250  
 • Chain pitch can be selected by dividing attachment spacing by an even number.
- 3) The chain pitch for Bulk Conveyors is determined not only by material itself, but also by conveyor capacity. Conveyor capacity is determined by sizes of bucket, apron, scraper, etc. Chain pitch is in turn determined by these sizes.
- 4) Space limitation should also be kept in mind when selecting sprocket.
- 5) Chain pitch relates to the number of sprocket teeth and chain speed shown in Table 2.

Table 2: Chain Pitch and Allowable Chain Speed

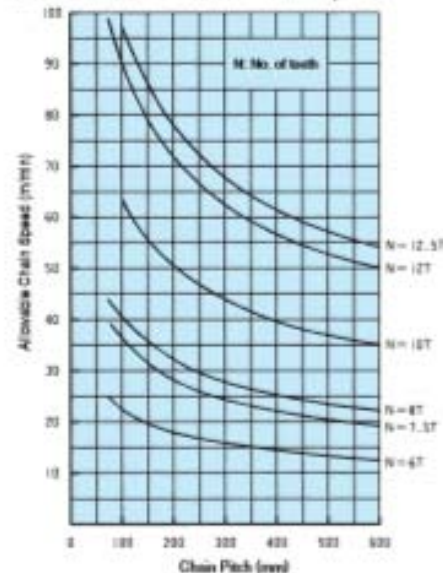


Figura A3.5. Diseño de transportador de cadena

# Selection and Handling

## 8. Deciding Attachment Type

See pages 9-10.

## 9. Calculating Chain Tension

Maximum static tension to chain,  $T_{max}$ , during operation can be calculated using the formulae in Table 3. The formulae are based on mass  $M$  (weight  $W$ )  $\times$  coefficient of friction. Inertial forces are extremely large when suddenly starting or stopping high speed conveyors or when rapidly conveying items using push conveyors or other such systems. Bear these inertial forces in mind when calculating the tension and required kW.

### 9.1 Terms

	SI Units	Gravimetric Units
$T_{MAX}$	: Maximum static tension on chain	kN (kgf)
$T$	: Static tension on chain	kN (kgf)
$Q$	: Maximum conveying quantity	t/h (t/h)
$V$	: Chain speed	m/min (m/min)
$H$	: Center distance between sprockets (vertical)	m (m)
$L$	: Center distance between sprockets (horizontal)	m (m)
$C$	: Center distance between sprockets (inclined)	m (m)
$M$	: Mass (weight) of conveying device (Chain X stands, baskets, aprons, etc.)	kg/m (kgf/m)

Note: SI Units and Gravimetric Units  
Calculations are listed in both SI Units and Gravimetric Units.  
When calculating tension  $T$  in gravimetric units, the mass value (kgf) is the same as the mass value for SI Units (kg).

- $f_1$  : Coefficient of friction between chain and guide rail (Table 5 and 6)
- $f_2$  : Coefficient of friction between material conveyed and casing (Table 7)
- $f$  : Material loaded directly on chain:  $f=1$   
Material scraped:  $F = \frac{f_2}{f_1}$
- $g$  : Acceleration of gravity: 9.80665m/s<sup>2</sup>
- $W$  : Mass Conveyed Item (Weight) kg/m (kgf/m)

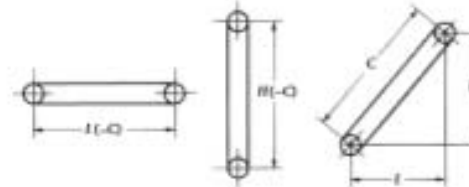
Loose

$$W = 16.7 \times \frac{Q}{V} \quad (W = 16.7 \times \frac{Q}{V})$$

Item

$$W = \frac{\text{Mass of Item (kg/each)}}{\text{Load Spacing (m)}} \quad (W = \frac{\text{Mass of Item (kg/each)}}{\text{Load Spacing (m)}})$$

\*  $\tau$  : The coefficient for calculating the mass (weight) per meter of item conveyance is 16.7-1000/60.



### 9.2 Calculate Chain Tension (Table 3)

#### Horizontal Conveyor



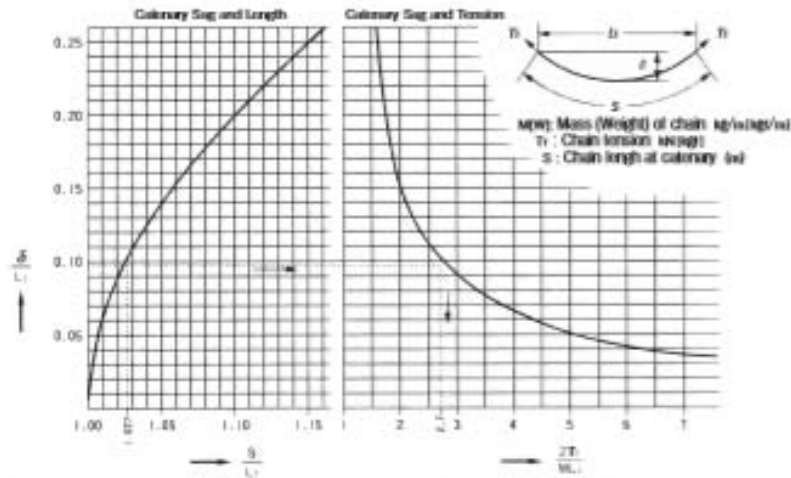
SI Units	[ Gravimetric Units ]
$T_1 = 1.35 \times M \times L_1 \times \frac{g}{1000} \dots\dots \text{kN}$	$T_1 = 1.35 \times M \times L_1 \dots\dots [\text{kgf}]$
$T_2 = (L - L_1) \times M \times f_1 \times \frac{g}{1000} + T_1 \dots\dots \text{kN}$	$T_2 = (L - L_1) \times M \times f_1 + T_1 \dots\dots [\text{kgf}]$
$T_3 = 1.1^2 \times T_2 \dots\dots \text{kN}$	$T_3 = 1.1 \times T_2 \dots\dots [\text{kgf}]$
$T_{MAX} = (W \times f + M) \times L \times f_1 \times \frac{g}{1000} + T_3 \dots\dots \text{kN}$	$T_{MAX} = (W \times f + M) \times L \times f_1 + T_3 \dots\dots [\text{kgf}]$

\* 1: Refer to Table 4, pg. 137.  
\* 2: 1.1 is for increased tension at the driven sprocket.

Figura A3.6. Diseño de transportador de cadena

# Selection and Handling

Table 4: Catenary Tension Graph



$T_1 = 1.35 \times M \times L_1 \times \frac{q}{1000} \dots \text{KN}$   
 1.35 factor in the above formula is worked out as follows:  
 When catenary sag is 10%,  $\delta = 0.10L_1$   
 Then from the graph  
 $\frac{\delta}{L_1} = 0.10 \rightarrow \frac{2T_1}{ML_1} = 2.7 \quad T_1 = 1.35 \times M \times L_1 \times \frac{q}{1000}$

Table 5: Rolling Friction Factor  $f_r$  Between Chain And Rail

Roller diameter (mm)	Lubricated		Dry	
	R, F	S, M, N	R, F	S, M, N
$D < 65$	0.08	0.16	0.15	0.24
$65 \leq D < 100$	0.08	0.15	0.14	0.23
$100 \leq D$	0.08	0.14	0.13	0.22
BF 214 (exception)	0.12	0.15	0.18	0.22

Note 1. Conditions : Clean and room temperature  
 2. Lubricant ISO VG100 (SAE30-40)  
 3. The friction factor  $f_r$  between top roller and material conveyed is the same as that of R roller in the above.

Series	$f_r$
Roller Roller Series / Plastic Roller Series	0.08 (Dry)
Bearing Roller Series	0.03 (lubricated)
Bearing Bush Series	0.14 (lubricated) 0.21 (Dry)
EPC7B	0.1 (lubricated), 0.2 (Water lubricated), 0.25 (Dry)

Table 6: Sliding Coefficient of Friction  $f_s$  Between Chain And Rail

Temperature of conveyed material (°C)	Lubricated	Dry
Room temperature - 400	0.20	0.30
400 - 600	0.30	0.35
600 - 800	0.35	0.40
800 - 1000	-	0.45

Table 7: Coefficient of friction  $f$  Between Material Conveyed And Casing

Material	$f_r$	Aggravate (g/g)	Material	$f_r$	Aggravate (g/g)
Alum	0.63	1.01	Phosphate rock	0.42	1.51
Alumina	0.55	0.83	Pitch	0.41	0.7
Asbestos diatom	0.79	0.67	Polystyrene	0.52	0.36
Asbestos	0.58	0.19	Pyrites	0.58	1.54
Barley	0.71	0.39	Quartz powder	0.55	1.26
Calcium carbonate	0.49	0.88	Quilins	0.46	1.51
Calcium chloride	0.43	0.68	Red iron ore	0.47	2.99
Carbon	0.53	0.3	Rice	0.4	0.77
Cement	0.54	0.80-0.75	Rock salt	0.57	1.09
Cement clinker	0.46	1.3	Rubber powder	0.53	0.39
Charcoal	0.41	0.64	Scales	0.67	1.54
Chrome powder	0.51	1.14	Soap	0.73	0.54
Clay	0.63	0.77	Skag	0.48	0.9
Coal		0.30-0.70	Skidlines	0.63	0.69
Coke		0.35-0.70	Soap material	0.27	0.65
Corn	0.4	0.71	Soda ash	0.45	0.52
Dolomite	0.55	1.62	Soybean	0.41	0.88
Feldspar	0.55	1.36	Starch	0.57	0.71
Gypsum	0.64	0.77	Sugar	0.47	0.88
Lead ore powder	0.77	3.26	Supplemented cobalt	0.64	1.01
Limestone	0.47	0.35-0.55	Urea	0.63	0.64
Magnesium	0.84	1.48	Wheat	0.43	0.73
Mixed sand	0.5	0.55	Wood chips	0.74	0.36
Molding sand	0.41	1.59	Zinc ore powder	0.79	1.93
Nickel ore powder	0.45	0.92			

Note: The above values may change depending on dryness and humidity.


Figura A3.7. Diseño de transportador de cadena

## A4: Rodamientos

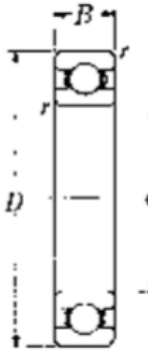
Tabla 3.4 Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (Referencia)

Clasificación del servicio	Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (referencia) $L_{10h}$ $\times 10^3$ h				
	~4	4~12	12~30	30~60	60~
Máquinas usadas por periodos cortos q utilizadas sólo ocasionalmente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aplicaciones domésticas</li> <li>● Herramientas de mano eléctricas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Maquinaria agrícola</li> <li>● Equipos de oficina</li> </ul>			
Utilización durante periodos cortos e intermitentemente, pero con requerimientos de alta confiabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Equipos médicos</li> <li>● Instrumentos de medición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Motores de acondicionadores de aire residenciales</li> <li>● Equipos de construcc.</li> <li>● Elevadores</li> <li>● Grúas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Grúas (Poleas)</li> </ul>		
Máquinas que no se usan constantemente, pero se utilizan por periodos largos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Automóviles</li> <li>● Vehículos de dos ruedas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Motores pequeños</li> <li>● Buses/camiones</li> <li>● Transmisiones de engranes en general</li> <li>● Máquinas madereras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Husillos de máquinas</li> <li>● Motores industriales</li> <li>● Trituradores</li> <li>● Cribas vibratorias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Transmisiones de engranes principales</li> <li>● Máquinas de caucho/plástico</li> <li>● Rodillos de calandrias</li> <li>● Máquinas de impresión</li> </ul>	
Máquinas en constante uso durante las 8 horas del día.		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Laminadores</li> <li>● Escaleras eléctricas</li> <li>● Transportadores</li> <li>● Centrifugas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ejes de vehículos ferroviarios</li> <li>● Acondicionadores de aire</li> <li>● Motores grandes</li> <li>● Centrifugas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ejes de locomotoras</li> <li>● Motores de tracción</li> <li>● Elevadores mineros</li> <li>● Volantes a presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Máquinas de fabricación de papel</li> <li>● Equipos de propulsión para barcos</li> </ul>
24 horas de operación continua, no interrumpible.					<ul style="list-style-type: none"> <li>● Equipos de abastecimiento de agua</li> <li>● Bombas de drenaje/ventiladores para minería</li> <li>● Equipos para generación de potencia</li> </ul>

Figura A.4.1 Aplicaciones en maquinarias y vida requerida



Units: INCHES  
Millimeters



Open Type  
60

SINGLE ROW RADIAL BALL BEARINGS								
Bearing No.	Bore	O.D.	Width	Fillet Radii		Basic Load Ratings (lbs)		Weight (lbs)
	d	D	B	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	Dynamic C	Static C <sub>0</sub>	
6000	.3937 10	1.0236 26	.3150 8	.012 .3	—	1,030	440	.042
6001	.4724 12	1.1024 28	.3150 8	.012 .3	—	1,150	540	.049
6002	.5906 15	1.2598 32	.3543 9	.012 .3	—	1,260	635	.066
6003	.6693 17	1.3780 35	.3937 10	.012 .3	—	1,530	755	.086
6004	.7874 20	1.6535 42	.4724 12	.024 .6	.020 .5	2,110	1,140	.152
60/22	.8661 22	1.7323 44	.4724 12	.024 .6	.020 .5	2,110	1,150	.163
6005	.9843 25	1.8504 47	.4724 12	.024 .6	.020 .5	2,260	1,320	.176
60/28	1.1024 28	2.0472 52	.4724 12	.024 .6	.020 .5	2,800	1,660	.216
6006	1.1811 30	2.1654 55	.5118 13	.039 1.0	.020 .5	2,970	1,860	.256
60/32A	1.2598 32	2.2835 58	.5118 13	.039 1.0	.020 .5	3,400	2,060	.284
6007	1.3780 35	2.4409 62	.5512 14	.039 1.0	.020 .5	3,600	2,310	.342
6008	1.5748 40	2.6772 68	.5906 15	.039 1.0	.020 .5	3,150	2,590	.423
6009	1.7717 45	2.9528 75	.6299 16	.039 1.0	.020 .5	4,700	3,400	.540
6010	1.9685 50	3.1496 80	.6299 16	.039 1.0	.020 .5	4,900	3,760	.576

Figura A.4.2 Catálogo de rodamientos rígidos de bola

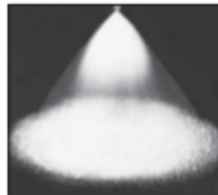


## Apéndice B: Ficha técnica equipos seleccionados

### B1: Boquillas



## BOQUILLAS *FullJet* ASPERSIÓN ESTÁNDAR



### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- Patrón de aspersión en forma de cono sólido con área de impacto redonda.
- Distribución uniforme en una amplia gama de capacidades y presiones.
- Gotas de medianas a grandes.
- Diseño de vena único con amplios pasos de flujo que proporcionan un control superior y una distribución uniforme.
- Tapas y venas desmontables en la mayoría de los modelos para una fácil inspección y limpieza.
- La vena desmontable cuenta con marcas para su correcta colocación después de la limpieza.
- Algunos modelos cuentan con tornillos para la fijación de la vena para prevenir que se mueva a causa de vibraciones.
- Opción de material en polipropileno ofrece excelente resistencia a los químicos y la corrosión y resiste encostramientos y acumulaciones de material.
- Opciones de instalación en pared en el exterior del cuarto, contenedor o tubería.
- Para instalaciones con limitaciones de espacio, la opción de montaje angulado permite el montaje con un ángulo de 90°.

BOQUILLAS DE CONO LLENO

G



Tapa y vena desmontables  
1/8" a 1/2" NPT o BSPT (H)

GG



Tapa y vena desmontables  
1/8" a 1/2" NPT o BSPT (M)

H



Cuerpo de una pieza  
3/4" a 1" NPT o BSPT (H)

H



Vena desmontable/cuerpo de fundición  
1-1/4" a 1" NPT o BSPT (H)

H



Vena desmontable/Polipropileno  
1-1/2" a 2" NPT o BSPT (H)  
Temperatura máxima de 150°F  
(66°C)

HF



Vena desmontable/cuerpo de fundición  
Conexión brida de 4" a 10"

HH



Cuerpo de una pieza  
1/8" a 1" NPT o BSPT (M)

GD



Montaje en pared  
Tapa y vena desmontables  
1/8" a 1/2" NPT o BSPT (H)



Spraying Systems Co.  
Experts in Spray Technology

B3

Figura B1.1. Modelos y beneficios de boquillas de cono lleno HH



DATOS DE DESEMPEÑO

\*A la presión indicada en bar.

Conexión Entrada (pulg.)	Tipo de Boquilla									Tamaño	Diam. Nominal Orificio (mm)	Diam. Máximo Paso Libre (mm)	Capacidad (litros por minuto)*												Ángulo de Aspersión (°)		
	Tipo Estándar			Montaje en Pared			Ángulo						Capacidad (litros por minuto)*												Ángulo de Aspersión (°)		
	G	GG	H	HH	GD	HD	GGD	GA	GGA				0.4	0.5	0.7	1.5	2	3	4	6	7	10	0.5	1.5	6		
1/8	•	•		•	•		•			1	.79	.64	.29	.33	.38	.54	.62	.74	.85	1.0	1.1	1.3	—	58	53		
	•	•		•						1.5	1.2	.64	.44	.49	.57	.81	.93	1.1	1.3	1.5	1.6	1.9	52	65	59		
	•	•		•	•		•	•	•	2	1.2	1.0	.59	.65	.76	1.1	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.6	43	50	46		
	•	•		•	•		•	•	•	3	1.5	1.0	.88	.96	1.1	1.6	1.9	2.2	2.5	3.1	3.3	3.9	52	65	59		
	•	•		•	•		•	•	•	3.5	1.6	1.3	1.0	1.1	1.3	1.9	2.2	2.6	3.0	3.6	3.8	4.5	43	50	46		
								•	•	3.8	2.0	1.0	1.1	1.3	1.5	2.1	2.4	2.9	3.3	4.0	4.3	5.1	77	84	79		
1/4	•	•		•	•		•	•	•	5	2.0	1.3	1.5	1.6	1.9	2.7	3.1	3.7	4.2	5.1	5.5	6.5	52	65	59		
	•	•		•	•		•	•	•	6.1	2.3	1.3	1.8	2.0	2.3	3.3	3.8	4.5	5.2	6.2	6.7	7.9	69	74	68		
	•	•		•	•		•	•	•	6.5	2.4	1.6	1.9	2.1	2.5	3.5	4.0	4.8	5.5	6.7	7.1	8.4	45	50	46		
3/8	•	•		•	•		•	•	•	10	3.2	1.6	2.9	3.3	3.8	5.4	6.2	7.4	8.5	10.2	11.0	13.0	58	67	61		
	•	•		•	•		•	•	•	12.5	3.2	1.6	3.7	4.1	4.8	6.8	7.7	9.3	10.6	12.8	13.7	16.2	69	74	68		
	•	•		•	•		•	•	•	9.5	2.6	2.4	2.8	3.1	3.6	5.1	5.9	7.1	8.1	9.7	10.4	12.3	45	50	46		
1/2	•	•		•	•		•	•	•	15	3.6	2.4	4.4	4.9	5.7	8.1	9.3	11.2	12.7	15.4	16.5	19.4	64	67	61		
	•	•		•	•		•	•	•	20	4.0	2.8	5.9	6.5	7.6	10.8	12.4	14.9	17.0	20	22	26	76	80	73		
	•	•		•	•		•	•	•	22	4.5	2.8	6.5	7.2	8.4	11.9	13.6	16.4	18.7	23	24	29	87	90	82		
	•	•		•	•		•	•	•	16	3.5	3.2	4.7	5.2	6.1	8.7	9.9	11.9	13.6	16.4	17.6	21	48	50	46		
3/4	•	•		•	•		•	•	•	25	4.6	3.2	7.4	8.2	9.5	13.5	15.4	18.6	21	26	27	32	64	67	61		
	•	•		•	•		•	•	•	32	5.2	3.6	9.4	10.4	12.2	17.3	19.0	24	27	33	35	41	72	75	68		
	•	•		•	•		•	•	•	40	6.2	3.6	11.8	13.1	15.2	22	25	30	34	41	44	52	88	91	83		
	•	•		•	•		•	•	•	50	6.7	4.0	14.7	16.3	19.1	27	31	37	42	51	55	65	91	94	86		
1	•	•		•	•		•	•	•	2.5	4.9	4.4	8.7	9.6	11.2	15.9	18.2	22	25	30	32	38	40	50	46		
	•	•		•	•		•	•	•	4.0	6.4	4.4	13.9	15.4	18.0	26	29	35	40	48	52	61	67	70	63		
	•	•		•	•		•	•	•	7.0	9.5	5.2	24	27	31	45	51	61	70	84	91	107	89	92	84		
1	•	•		•	•		•	•	•	4.2	6.0	5.6	14.6	16.2	18.9	27	31	37	42	51	54	64	40	50	46		
	•	•		•	•		•	•	•	7.0	8.3	5.6	24	27	31	45	51	61	70	84	91	107	67	68	62		
	•	•		•	•		•	•	•	8.0	9.5	5.6	28	31	36	51	58	70	80	97	104	122	72	61	62		
	•	•		•	•		•	•	•	10	11.9	5.6	35	38	45	64	73	88	100	121	130	153	78	90	94		
	•	•		•	•		•	•	•	12	11.9	6.4	42	46	54	77	87	105	120	145	155	183	89	92	84		

El Diámetro de Máximo Paso Libre es el diámetro máximo de materia que puede pasar a través de la boquilla sin taparla.

BOQUILLAS DE  
CONEXIÓN

Figura B1.2. Desempeños de boquillas HH

# B

## BOQUILLAS *FullJet* ASPERSIÓN ESTÁNDAR



BOQUILLAS DE CONO LLENO

### DIMENSIONES Y PESOS

Estándar	Tipo de Boquilla	Conexión Entrada (pulg.)	Longitud (mm)	Diam. (mm)	Hex. (mm)	Peso Neto (kg)
	G (H)	1/8	30	—	14.3	.03
		1/4	32.5	—	17.5	.04
		3/8	46	—	20.6	.07
		1/2	57	—	25.4	.17
	GG (M)	1/8	32.5	—	14.3	.02
		1/4	39.5	—	17.5	.04
		3/8	47	—	20.6	.07
		1/2	56.5	—	25.4	.17
	H Barra (H)	3/4	55.5	32	—	.21
		1	70	38	—	.37
	H Fundición (H)	1-1/4	87.5	53	—	.57
		1-1/2	103	59	—	.80
		2	138	76	—	1.7
		2-1/2	175	87	—	2.2
		3	196	105	—	2.7
		4	243	138	—	8.2
		5	311	172 excl.	—	17.3
		6	365	203 excl.	—	24.1
	H Polipropileno (H)	1-1/2	103	59.5	—	.06
		2	134	71.4	—	.10
	HF (Brida)	4	207	229	—	12.3
		5	269	254	—	16.4
		6	321	279	—	22.3
		8	423	343	—	48.2
		10	527	406	—	78.6
	HH (M)	1/8	22.2	12.7 diam.	—	.03
		1/4	23	14 diam.	—	.01
		3/8	30	17 diam.	—	.03
		1/2	35	21 diam.	—	.04
		3/4	43.5	27	—	.10
		1	53	33	—	.20

Basados en la versión más grande y más pesada de cada tipo

Montaje en Pared	Tipo de Boquilla	Conexión Entrada (pulg.)	Longitud (mm)	Diam. (mm)	Hex. (mm)	Peso Neto (kg)
	GD (H)	1/8	26.5	—	14.3	.03
		1/4	41	—	17.5	.04
		3/8	46	—	20.6	.07
		1/2	56	—	25.4	.13
	GGD (M)	1/8	37	—	14.3	.03
		1/4	43.5	—	17.5	.04
		3/8	47	—	20.6	.07
		1/2	55	—	25.4	.13
	HH (H)	3/4	54	32	—	.17
		1	68.5	38	—	.40
		1-1/4	86	48	—	.68
		1-1/2	103	57	—	1.1
		2	129	70	—	2.0
		2-1/2	159	83	—	3.2
		3	186	102	—	5.8

Basados en la versión más grande y más pesada de cada tipo

Figura B1.3. Dimensiones boquillas HH

## B2: Bomba Ebara CDX70/76



# CDX

CENTRIFUGAL PUMPS in AISI 304

Single (CDX) impeller centrifugal pumps with hydraulic components constructed in stainless steel AISI 304, suitable for pressure boosting, water supply, water treatment and irrigation. Air conditioning systems and general water pumping including moderately aggressive liquids



### SPECIFICATIONS

- Max working pressure: 8 bar
- Max. water temperature: 60°C CDX 70  
90°C CDX 90-120-200  
110°C CDXH - CDXHS

### MATERIALS

- Pump body, impeller, diffuser and casing cover in AISI 304
- Shaft in AISI 303
- Bracket and motor casing in aluminium
- Mechanical seal in carbon/ceramic/NBR
- Special mechanical seal are available on demand

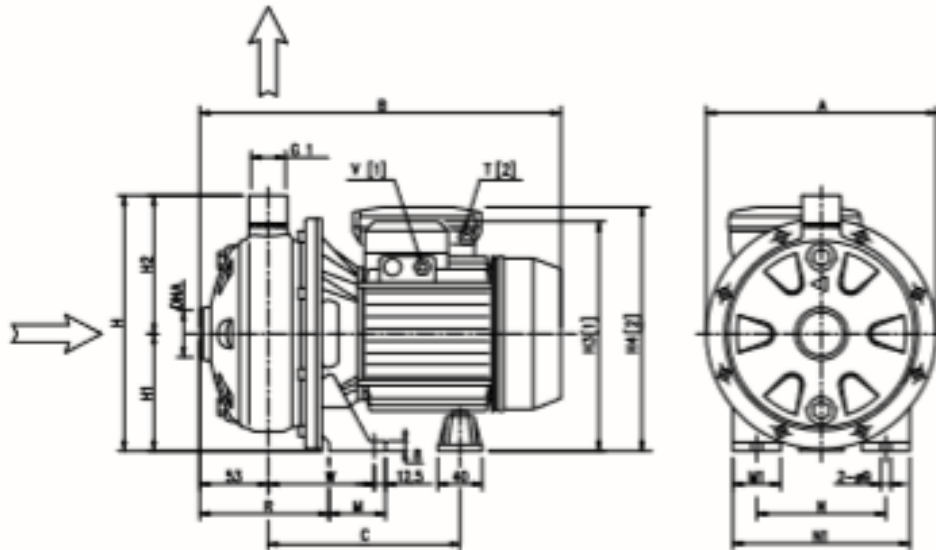
### TECHNICAL DATA

- T.E.F.C. 2 poles motor
- Insulation class F
- Protection degree IP 55
- Single-phase standard voltage: 220-230V  $\pm 6\%$   
110-115V  $\pm 6\%$
- Three-phase standard voltage: 220/380V  $-6\%$   $+10\%$
- Permanent split capacitor and automatic thermal overload protection for single-phase version
- Thermal protection to be provided by the user for three-phase version
- DN 1" for CDX 200 other models
- DNM 1"

Figura B2.1. Información general bomba Ebara CDX70/76



**DIMENSIONS**



**DIMENSIONAL TABLE**

Pump type CDX(M)	Dimensions [mm]																Weight [kg]			
	A	B		C	H	H1	H2	H3	H4	M	M1	N	N1	R	T	Y	W	DNA	1-	3-
70X070	208	321,5	321,5	181	229,5	106	123,5	207	211	50	38	120	160	108	PG 11	PG 11	92,5	G 1" G	8,5	8,4
70X100	208	321,5	321,5	181	229,5	106	123,5	207	211	50	38	120	160	108	PG 11	PG 11	92,5	G 1" G	9,5	9,6
70X150	208	321,5	321,5	181	229,5	106	123,5	207	211	50	38	120	160	108	PG 11	PG 11	92,5	G 1" G	11,7	11,7
120X100	208	321,5	321,5	181	229,5	106	123,5	207	211	50	38	120	160	108	PG 11	PG 11	92,5	G 1" G	9,5	9,5
120X150	208	321,5	321,5	181	229,5	106	123,5	207	211	50	38	120	160	108	PG 11	PG 11	92,5	G 1" G	11,7	11,6
120X200	208	340	350	191,5	229,5	106	123,5	221,5	242,5	55	40	140	180	105,5	PG 13,5	PG 11	95	G 1" G	15,3	14,5
200X150	208	321,5	321,5	181	229,5	106	123,5	207	211	50	38	120	160	108	PG 11	PG 11	92,5	G 1" G	11	10,7
200X200	208	340	350	191,5	229,5	106	123,5	221,5	242,5	55	40	140	180	105,5	PG 13,5	PG 11	95	G 1" G	15	13,8
200X250	232	350	-	191,5	250	118	132	233,5	-	55	40	140	180	105,5	-	PG 11	95	G 1" G	-	15,9

[1] - Only for three-phase  
[2] - Only for single-phase

Figura B2.2. Dimensiones bomba Ebara CDX70/076

PERFORMANCE CURVES CDX 70 series (according to ISO 9906 Annex A)

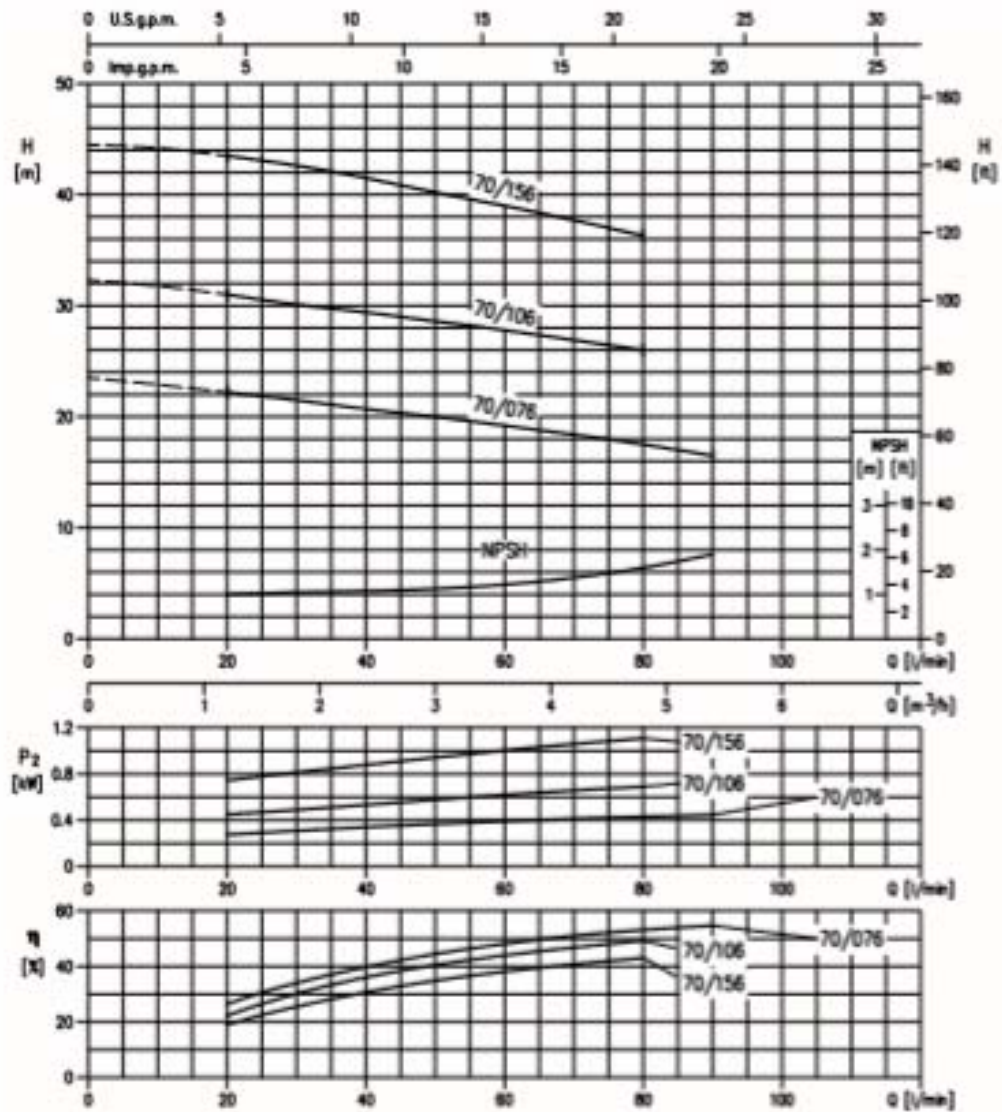


Figura B2.3. Desempeño de la bomba Ebara CDX70/76

B3: Cadena 2080 SN

## Conveyor Chains Double Pitch Roller Chains

Double-Pitch Conveyor chains are lower in cost than standard roller chains and are ideally suited for conveyor applications, particularly when shaft centers are relatively long. Double-Pitch conveyor chains have straight side-bars of equal height and can be furnished with standard diameter or large diameter rollers.

Standard diameter rollers are for applications where the chain slides along the conveyor path. The straight, equal height sidebars provide ample sliding surfaces to resist wear.

Chains with rollers larger in diameter than the height of the sidebars are used where rolling action along the conveyor path is desired. Large Delrin rollers can be furnished for applications that require minimum or no lubrication.

Sprockets Sprockets for Double-Pitch Conveyor chains with standard diameter rollers are normally furnished with two times the number of teeth required. As illustrated in Fig. 6553-A, the relationship between chain pitch and roller diameter results in adequate space for a second set of teeth which substantially increases sprocket life.

When the total number of teeth in the sprocket is 24 or more, stock sprockets for standard roller chains of one-half the conveyor chain pitch may be used.

Sprockets for conveyor chains with large diameter rollers can only be furnished with the required number of teeth as illustrated in Fig. 6553-B.

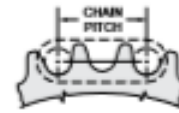


Fig. 6553-A

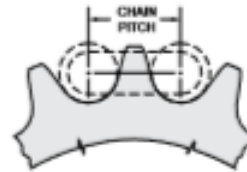


Fig. 6553-B

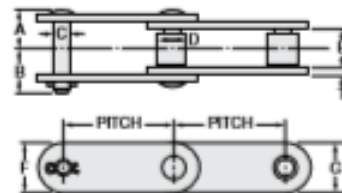


Fig. 6574

## Standard Diameter Steel Rollers

### Carbon Steel

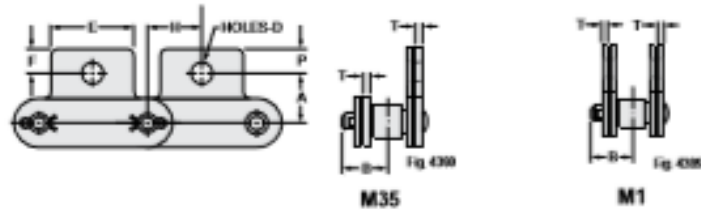
Chain Number	Chain pitch, inches	Average Ultimate strength, pounds	Joint bearing area, square inches	Weight per foot, pounds	Dimensions, inches								Sprocket data, pages
					A	B	C	D	E	F	G	T	
C 2040 <sub>a</sub>	1.000	3,700	.068	.32	.32	.38	.156	.313	.31	.47	.47	.06	E-10
C 2050 <sub>a</sub>	1.250	6,100	.108	.51	.41	.48	.200	.400	.38	.59	.59	.08	E-12
C 2060H	1.500	8,500	.176	1.05	.56	.65	.234	.469	.50	.68	.68	.13	E-14
C 2080H	2.000	12,000	.295	1.67	.69	.81	.313	.625	.63	.91	.91	.16	E-16
C 2100H	2.500	26,000	.427	2.55	.83	.95	.375	.750	.75	1.13	1.13	.19	E-18
C 2120H	3.000	36,500	.636	3.57	1.02	1.19	.438	.875	1.00	1.38	1.38	.22	E-20
C 2160H	4.000	68,000	1.014	6.18	1.30	1.48	.562	1.125	1.25	1.87	1.87	.28	E-22

### Stainless Steel

Chain Number	Chain pitch, inches	Average Ultimate strength, pounds	Joint bearing area, square inches	Weight per foot, pounds	Dimensions, inches								Sprocket data, pages
					A	B	C	D	E	F	G	T	
C 2040 SS <sub>a</sub>	1.000	3,000	.068	.32	.32	.38	.156	.313	.31	.45	.45	.06	E-10
C 2050 SS <sub>a</sub>	1.250	5,000	.108	.51	.41	.48	.200	.400	.38	.55	.55	.08	E-12
C 2060H SS	1.500	6,800	.176	1.05	.56	.65	.234	.469	.50	.71	.71	.13	E-14
C 2080H SN	2.000	12,000	.295	1.67	.69	.81	.313	.625	.63	.91	.91	.16	E-16
C 2100H SN	2.500	18,750	.427	2.55	.83	.95	.375	.750	.75	1.13	1.13	.19	E-18
C 2120H SN	3.000	27,000	.636	3.57	1.02	1.19	.438	.875	1.00	1.38	1.38	.22	E-20
C 2160H SN	4.000	47,000	1.014	6.18	1.30	1.48	.562	1.125	1.25	1.87	1.87	.28	E-22

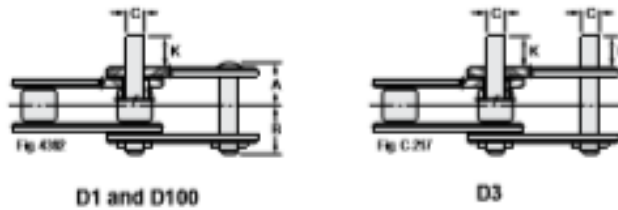
<sup>a</sup> Available only in riveted construction. All other sizes may be furnished cottered or riveted.

Figura B3.1. Dimensiones de cadena 2080SN



**M35 and M1 attachments**

Chain Number		Chain pitch, inches	Dimensions, inches							
Standard Rollers	Large Rollers		A	B	D	E	F	H	P	T
C 2040 $\Delta$	C 2042 $\Delta$	1.000	.44	.38	.20	.75	.37	.50	.37	.06
C 2050 $\Delta$	C 2052 $\Delta$	1.250	.56	.48	.27	1.00	.42	.63	.42	.08
C 2060H	C 2062H	1.500	.69	.65	.33	1.13	.61	.75	.61	.13
C 2080H	C 2082H	2.000	.88	.81	.39	1.50	.70	1.00	.70	.16
C 2100H	C 2102H	2.500	1.13	.95	.52	1.88	.88	1.25	.88	.19
C 2120H	C 2122H	3.000	1.31	1.19	.58	2.25	1.06	1.50	1.06	.22
C 2160H	C 2162H	4.000	1.75	1.48	.75	3.00	1.08	2.00	1.08	.28



**D1, D3 and D100 attachments**

Chain Number		Chain pitch, inches	Dimensions, inches					
Standard Rollers	Large Rollers		A	B	C	D1 $\Delta$	D3	D100 $\ddagger$
C 2040 $\Delta$	C 2042 $\Delta$	1.000	.32	.38	.156	.38	.38	.50
C 2050 $\Delta$	C 2052 $\Delta$	1.250	.40	.48	.200	.47	.47	.77
C 2060H	C 2062H	1.500	.50	.65	.234	.56	.56	.81
C 2080H	C 2082H	2.000	.69	.81	.313	.75	.75	1.08
C 2100H	C 2102H	2.500	.83	.95	.375	.94	.94	1.33
C 2120H	C 2122H	3.000	1.02	1.19	.438	1.13	1.13	1.72
C 2160H	C 2162H	4.000	1.30	1.48	.562	1.50	1.50	2.52

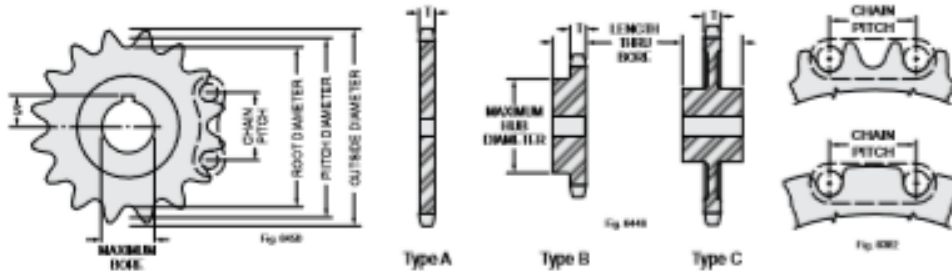
For stainless steel chains and attachments, contact Remond.  
 $\Delta$  Available only in riveted construction. All other sizes may be furnished cottered or riveted.  
 When ordering chains and attachments with large Delrin rollers, add the suffix "DR" to the chain number listed above.  
 $\ddagger$  Formerly furnished as D1 attachment.  
 $\blacktriangle$  Conforms to ANSI Standard B29.1 and will be furnished unless otherwise specified.

Figura B3.2. Dimensiones de aditamento M1

# Sprockets

## C 2080H sprockets 2.000" pitch

Sprockets are usually furnished with twice the required number of teeth, virtually doubling sprocket life. Sprockets with only the required number of teeth can also be furnished.



Number of effective teeth <sup>a</sup>	Pitch dia., inches	Root dia., inches	Outside dia., inches <sup>Δ</sup>	Maximum hub diameter, inches	Maximum bore with standard keyseat, inches <sup>▲</sup>	S max., inches	Number of effective teeth <sup>a</sup>	Pitch dia., inches	Root dia., inches	Outside dia., inches <sup>Δ</sup>	Number of effective teeth <sup>a</sup>	Pitch dia., inches	Root dia., inches	Outside dia., inches <sup>Δ</sup>
6	4.000	3.375	4.332	2.42	1.625	1.000	23%	15.005	14.380	15.536	48	30.580	29.955	31.25
6½	4.304	3.679	4.638	2.78	1.750	1.063	24	15.323	14.698	15.858	49	31.216	30.591	31.78
7	4.610	3.985	4.982	3.11	2.063	1.281	24½	15.640	15.015	16.175	50	31.852	31.227	32.42
7½	4.917	4.292	5.289	3.45	2.250	1.375	25	15.968	15.333	16.495	51	32.488	31.863	33.06
8	5.226	4.601	5.627	3.80	2.688	1.688	25½	16.275	15.650	16.812	52	33.124	32.499	33.69
8½	5.536	4.911	5.937	4.13	3.000	1.875	26	16.593	15.968	17.133	53	33.761	33.136	34.33
9	5.848	5.223	6.271	4.45	3.250	2.031	26½	16.910	16.285	17.450	54	34.397	33.772	34.97
9½	6.160	5.535	6.583	4.80	3.500	2.188	27	17.228	16.603	17.770	55	35.033	34.408	35.61
10	6.472	5.847	6.914	5.13	3.750	2.313	27½	17.545	16.920	18.087	56	35.669	35.044	36.24
10½	6.785	6.160	7.227	5.45	3.938	2.438	28	17.863	17.238	18.406	57	36.306	35.681	36.88
11	7.099	6.474	7.556	5.78	4.250	2.625	28½	18.180	17.555	18.723	58	36.942	36.317	37.52
11½	7.413	6.788	7.870	6.09	4.500	2.750	29	18.498	17.873	19.044	59	37.578	36.953	38.15
12	7.727	7.102	8.195	6.42	4.625	2.875	29½	18.816	18.191	19.362	60	38.215	37.590	38.79
12½	8.042	7.417	8.510	6.75	4.688	2.969	30	19.134	18.509	19.681	61	38.851	38.226	39.43
13	8.357	7.732	8.835	7.08	4.938	3.094	30½	19.451	18.826	19.998	62	39.487	38.862	40.06
13½	8.672	8.047	9.150	7.41	5.063	3.156	31	19.769	19.144	20.318	63	40.124	39.499	40.70
14	8.988	8.363	9.476	7.72	5.250	3.250	31½	20.087	19.462	20.636	64	40.760	40.135	41.34
14½	9.304	8.679	9.792	8.05	5.500	3.438	32	20.405	19.780	20.956	65	41.396	40.771	41.97
15	9.620	8.995	10.115	8.35	5.688	3.594	32½	20.723	20.098	21.274	66	42.033	41.408	42.61
15½	9.936	9.311	10.431	8.69	5.875	3.688	33	21.040	20.415	21.592	67	42.669	42.044	43.24
16	10.252	9.627	10.753	9.02	6.188	3.844	33½	21.358	20.733	21.910	68	43.306	42.681	43.88
16½	10.568	9.943	11.069	9.34	6.613	4.156	34	21.676	21.051	22.230	69	43.942	43.317	44.52
17	10.885	10.260	11.392	9.66	7.375	4.500	35	22.312	21.687	22.870	70	44.578	43.953	45.16
17½	11.201	10.576	11.708	9.98	7.688	4.719	36	22.947	22.322	23.500	71	45.215	44.590	45.79
18	11.518	10.893	12.030	10.31	7.938	4.844	37	23.583	22.958	24.140	72	45.851	45.226	46.43
18½	11.834	11.209	12.346	10.63	8.188	4.969	38	24.219	23.594	24.780	73	46.488	45.863	47.07
19	12.151	11.526	12.668	10.95	8.438	5.094	39	24.855	24.230	25.410	74	47.124	46.499	47.70
19½	12.467	11.842	12.984	11.27	8.675	5.313	40	25.491	24.866	26.050	75	47.760	47.135	48.34
20	12.785	12.160	13.306	11.59	9.313	5.531	41	26.127	25.502	26.690	76	48.397	47.772	48.98
20½	13.102	12.477	13.623	11.91	9.438	5.694	42	26.763	26.138	27.330	77	49.033	48.408	49.61
21	13.419	12.794	13.944	12.23	9.563	5.856	43	27.399	26.774	27.960	78	49.670	49.045	50.25
21½	13.736	13.111	14.261	12.55	9.688	5.719	44	28.035	27.410	28.600	79	50.306	49.681	50.89
22	14.053	13.428	14.581	12.88	9.813	5.875	45	28.671	28.046	29.240	80	50.943	50.318	51.53
22½	14.371	13.746	14.899	13.19	9.875	5.938	46	29.307	28.682	29.870				
23	14.688	14.063	15.219	13.52	-	-	47	29.943	29.318	30.510				

Large sizes available.

### Hub length thru bore

Sprocket Type	Number of effective teeth	Hub length, thru bore, inches	Sprocket Type	Number of effective teeth	Hub length, thru bore, inches
B	6 to 7½	1.38	C	9 to 18	2.50
	8 to 12	1.63		18½ to 32	3.00
	12½ to 18½	1.88		32½ to 40	3.25
	19 to 30	2.13		41 to 60	3.50
	30½ to 44	2.38		61 to 72	4.00
	45 to 72	2.63		73 to 80	4.25
	73 to 80	2.75			

### Tooth dimensions

T = .575" + .000", -0.012" for machined sprockets.  
 T = .575" + .000", -0.040" for hot rolled plate sprockets or unfinished forgings.

Recommended standard bore tolerances, keyseat dimensions, eccentricity tolerances, and similar data, page C-2.  
<sup>a</sup> "Effective" describes the number of teeth that engage the chain rollers during each revolution of the sprocket. See Fig. 8302 above. The effective number is used to calculate chain speed. Sprockets are normally furnished with twice the effective number listed. When the actual number of teeth is 24 or more, sprockets for No. 80 roller chain may be used. See page C-21 for sprocket data.  
<sup>b</sup> Non-functional dimension that may vary with the type of cutter used.  
<sup>Δ</sup> Based on maximum hub diameter.

Figura B3.3. Dimensiones de Catarina 2080H 6 dientes efectivos



## B4: Bomba Goulds 3ST1G2C4

# Goulds Water Technology

### Commercial Water

#### A FULL RANGE OF PRODUCT FEATURES UNA GAMA TOTAL DE CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

**Superior Materials of Construction:** Complete AISI 316L stainless steel liquid handling components and mounting bracket for corrosion resistance, quality appearance, and improved strength and ductility.

**High Efficiency Impeller:** Enclosed impeller with unique floating seal ring design maintains maximum efficiencies over the life of the pump without adjustment.

**Casing and Adapter Features:** Stainless steel construction with NPT threaded, centerline connections, easily accessible vent, prime and drain connections with stainless steel plugs. Optional seal face vent/flush available.

**Mechanical Seal:** Standard John Crane Type 21 with carbon versus silicon-carbide faces, Viton elastomers, and 316 stainless metal parts. Optional high temperature and chemical duty seals available.

**Motors:** NEMA standard open drip-proof, totally enclosed fan cooled or explosion proof enclosures. Rugged ball bearing design for continuous duty under all operating conditions.

The various versions of the NPE are identified by a product code number on the pump label. This number is also the catalog number for the pump. The meaning of each digit in the product code number is shown at left.

**Materiales Superiores de Construcción:** Componentes completos para manejo de líquidos en acero inoxidable AISI 316L y consola para el montaje para resistencia a la corrosión, apariencia de calidad, y fuerza y ductilidad mejoradas.

**Impulsor de Eficiencia Superior:** El impulsor encerrado con un diseño único de anillo del sello flotante, mantiene sin ajustes, la eficiencia máxima sobre la vida de la bomba.

**Características de la Carcasa y del Adaptador:** Construcción en acero inoxidable con NPT roscado, conexiones centrales, válvulas de fácil acceso, conexiones de cebado y drenaje con enchufes de acero inoxidable. Cara del sello válvula/chorro opcional disponible.

**Sello Mecánico:** Estándar John Crane Tipo 21 con carbón en contraste con caras de silicón-carbido, elastómeros de Viton, y partes metálicas de acero inoxidable 316. Sellos de alta temperatura y productos químicos están disponibles.

**Motores:** Estándar NEMA a prueba de goteo, ventilador totalmente encerrado o recintos a prueba de explosión. Diseño robusto de balineras de bolas para trabajo continuo en todas las condiciones de funcionamiento.

Las diferentes versiones de la NPE se identifican con un número de código del producto en la etiqueta de la bomba. Este número es también el número del catálogo para la bomba. El significado de cada dígito en el número de código del producto se muestra a la izquierda.

#### NPE PRODUCT LINE NUMBERING SYSTEM LÍNEA DE PRODUCTO NPE SISTEMA DE NUMERACIÓN

##### Example Product Code, Ejemplo Código del Producto

1 S I 2 C 1 A 4 F

Seal Vent/Flush Option,  
Opción de Sello Válvula/Chorro/Seal Vent

**Mechanical Seal and O-ring**

4 = Pre-engineered standard  
For optional mechanical seal modify catalog order no. with seal code listed below.

**Sello Mecánico y Anillo "O"**

4 = Estándar aprobado  
Para sello mecánico opcional modificar el número de orden del catálogo con el código del sello anotado abajo.

John Crane Type 21 Mechanical Seal ("C" seal), Sello Mecánico John Crane Tipo 21 (sello de "C")					
Seal Code, Código del Sello	Rotary, Rotativo	Stationary, Estacionario	Elastomers, Elastómeros	Metal Parts, Partes Metálicas	Part No., Número
2	Carbon		Viton	316 SS	10R31
4	Carbon	SiC	Viton	316 SS	10R35
5	SiC	Carbon	Viton	316 SS	10R37
6	Carbon		Viton	316 SS	10R32

**Impeller Option ... No Adder Required**

For optional impeller diameters modify catalog order no. with impeller code listed. Select optional impeller diameter from pump performance curve.

**Código del Impulsor Opcional**

Para impulsiones con diámetros opcionales modificar el número de orden del catálogo con el código del impulsor anotado. Escoger el impulsor con diámetro opcional de la curva de funcionamiento de la bomba.

Impeller Code, Código del Impulsor	Pump Size, Tamaño de la Bomba		
	1 x 1 1/2 - 4	1 1/2 x 1 1/2 - 4	1 1/2 x 2 - 4
	Diameter	Diameter	Diameter
K	-	4 1/2	-
G	-	5 1/2	5 1/2
H	-	5 1/2	5
A	4 1/2	5 1/2	4 1/2
B	5 1/2	5 1/2	4 1/2
C	5 1/2	4 1/2	4 1/2
D	4 1/2	4 1/2	4 1/2
I	4 1/2	4 1/2	3 1/2
F	4 1/2	3 1/2	-

**Driver, Conductor**

1 = 1 PH, ODP 7 = 3 PH, XP  
2 = 3 PH, ODP 8 = 5 1/2 V, XP  
3 = 5 1/2 V, ODP 9 = 3 PH, BEC  
4 = 1 PH, BEC Premium IE  
5 = 3 PH, BEC 0 = 1 PH, XP  
6 = 5 1/2 V, BEC

**HP Rating, HP Potencia**

C = 1/2 HP E = 1 HP G = 2 HP J = 5 HP  
D = 3/4 HP F = 1 1/2 HP H = 3 HP

**Driver: Hertz/Poles/RPM,**

**Conductor: Narcios/Polo/RPM**

1 = 60 Hz, 2 polo, 3500 RPM  
2 = 60 Hz, 4 polo, 1750 RPM  
3 = 60 Hz, 6 polo, 1150 RPM  
4 = 50 Hz, 2 polo, 2900 RPM  
5 = 50 Hz, 4 polo, 1450 RPM

**Material**

SI = Stainless steel, Acero inoxidable

**Pump Size, Tamaño de la Bomba**  
1 = 1 x 1 1/2 - 4 2 = 1 1/2 x 1 1/2 - 4 3 = 1 1/2 x 2 - 4

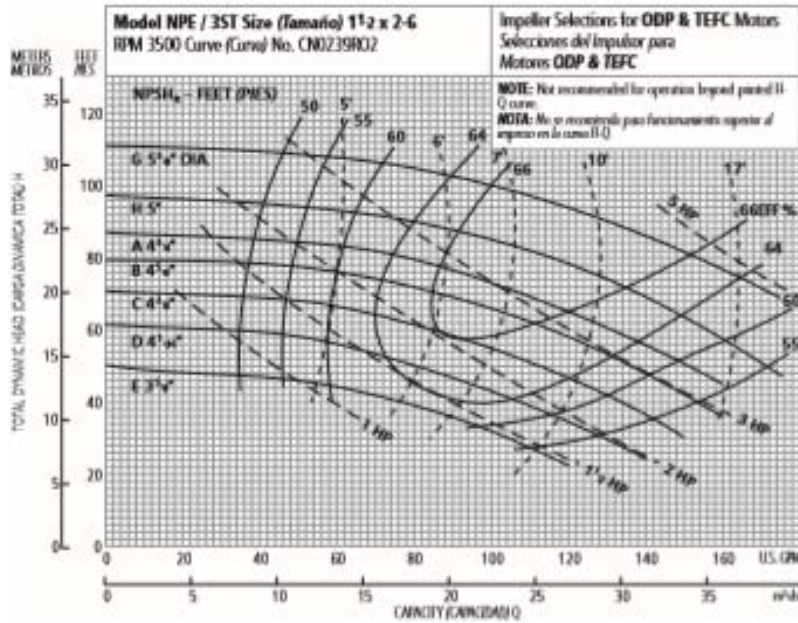
For frame mounted version, substitute the letters "FHM" in these positions.  
Para la versión con el armazón montado, sustituya las letras "FHM" en estas posiciones.

Figura B4.1. Información general bomba 3ST1G2C4

# Goolds Water Technology

Commercial Water

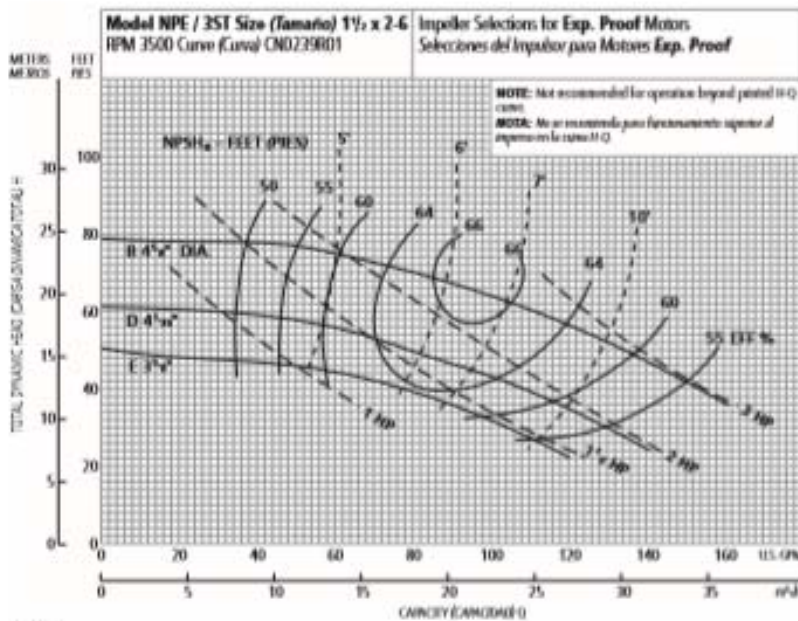
## PERFORMANCE CURVES - 60 HZ, 3500 RPM CURVAS DE FUNCIONAMIENTO - 60 HZ, 3500 RPM



Ordering Code, Código de Pedido	Standard HP Rating, Estándar HP Potencia	Imp. Dia.
E	1	3½"
D	1½	4¼"
C	2	4½"
B	3	4½"
A	3	4½"
H	5	5"
G	5	5½"

NOTE: Although not recommended, the pump may pass a ½" sphere.

NOTA: Si bien no se recomienda, la bomba puede pasar una esfera de ½".



Ordering Code, Código de Pedido	Standard HP Rating, Estándar HP Potencia	Imp. Dia.
E	1½	3½"
D	2	4¼"
B	3	4½"

NOTE: Although not recommended, the pump may pass a ½" sphere.

NOTA: Si bien no se recomienda, la bomba puede pasar una esfera de ½".

FIG. 2

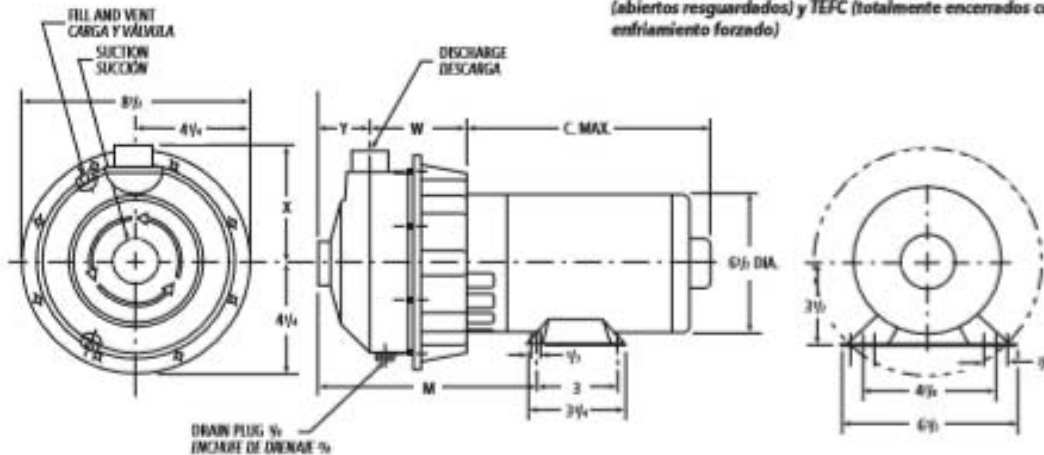
Figura B4.2. Información desempeño de bomba 3ST1G2C4

# Goulds Water Technology

## Commercial Water

### NPE CLOSE COUPLED WITH FOOTED MOTOR, EXPLOSION-PROOF AND 5 HP MOTORS NPE ACOUPLE CERRADO CON MOTOR CON PATAS, MOTORES A PRUEBA DE EXPLOSIÓN Y 5 HP

All Explosion Proof Motors and 5 HP ODP and TEFC  
Todos los motores son a prueba de explosiones, 5 HP, ODP (abiertos resguardados) y TEFC (totalmente encerrados con enfriamiento forzado)



Dimensions - Determined by Pump,  
Dimensiones - Determinadas por la Bomba

Pump, Bomba	Suction, Succión	Discharge, Descarga	HP	W	X	Y	L	M
1ST	1 1/4	1	3/4 - 3	3 1/4	4 1/4	2	4 1/4	7 1/4
2ST	1 1/4	1 1/4	3/4 - 5	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/4	7 1/4
3ST	2	1 1/4	1 - 5	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/4	7 1/4

Available Motor Weights and Dimensions  
Pesos y Dimensiones Disponibles del Motor

HP	Motor Weights, Pesos del Motor						C Max. Length, (longitud)
	1 Phase, Monofásico			3 Phase, Trifásico			
	ODP	TEFC	EXP	ODP	TEFC	EXP	
3/4	16	21	47	19	18	27	10 1/4
1	19	24	41	21	21	30	10 1/4
1 1/2	22	26	49	23	21	30	11 1/4
2	28	35	56	27	27	37	11 1/4
3	33	39	60	32	33	44	12 1/4
5	40	43	-	41	37	-	13 1/4
5	42	-	-	42	45	-	13 1/4

Dimensions in inches, weights in pounds.  
Dimensiones en pulgadas, pesos en libras.

#### NOTES:

- Pump will be shipped with top vertical discharge position as standard. For other orientations, remove casing bolts, rotate discharge to desired position, replace and tighten 6mm bolts to 5 - 6 lbs.-ft.
- Motor dimensions may vary with motor manufacturers.
- Dimensions in inches, weights in pounds.
- For explosion proof motor dimensions consult factory for information.
- Not to be used for construction purposes unless certified.

#### NOTAS:

- Las bombas se transportarán con la descarga vertical superior como estándar. Para otras orientaciones, retirar los tornillos de la carcasa, rotar la descarga a la posición deseada, y reemplazar y apretar los tornillos de 6mm a 5 - 6 libras-pies.
- Las dimensiones del motor puede que varíen con los fabricantes.
- Dimensiones en pulgadas, pesos en libras.
- Para las dimensiones de los motores a prueba de explosión consultar con la fábrica para información.
- No usar para propósitos de construcción sin certificar.

Figura B4.3. Dimensiones de bomba 3ST1G2C4



## B5: Lana mineral de roca

### Aplicación

Los paneles Prorox SL 920<sup>F5</sup> cumplen plenamente con los requerimientos normativos internacionales, de acuerdo con la norma EN14303.

### Características técnicas

	Resultados										Normativa	
Conductividad térmica	T (°C)	50	100	150	200	250						EN 12667
	$\lambda$ (W/mK)	0,043	0,054	0,069	0,086	0,106						
Temperatura máxima de trabajo	250 °C										EN 14706	
Reacción al fuego	Euroclase A1										EN 13501-1	
Densidad nominal	39 kg/m <sup>3</sup>										EN 1602	
Absorción de agua	< 1 kg/m <sup>2</sup>										EN 1609	
Resistencia al paso del vapor de agua	$\mu = 1$										EN 14303	
Resistencia al paso del aire	> 10 kPa.s/m <sup>2</sup>										EN 29053	
Código de designación	MW EN 14303-T4-ST(+)-250-WS1										EN 14303	



Figura B5.1. Propiedades de la lana mineral de roca

**Apéndice C:** Estimación de precio costo por bidón.

Los detalles de un día de producción se presentan a continuación:

Costo Dia			
Dia Operario	22,5	Operarios	3
Horas netas	7h	Producción	1440B
Agua Envasada	28,8m3	Costo purificar	0,2/m3
Costo Agua	1/m3	Potencia	18,25KW
Energía	120,2KWh	Costo KWh	0,08
Recipiente	6	N usos	20
Flujo limpiar	26,4 lt/min	Agua usada	11,088m3
D. equipo 5 años	16,8	D. Instalaciones 10años	57,7

Generalizando los costos del día se obtiene

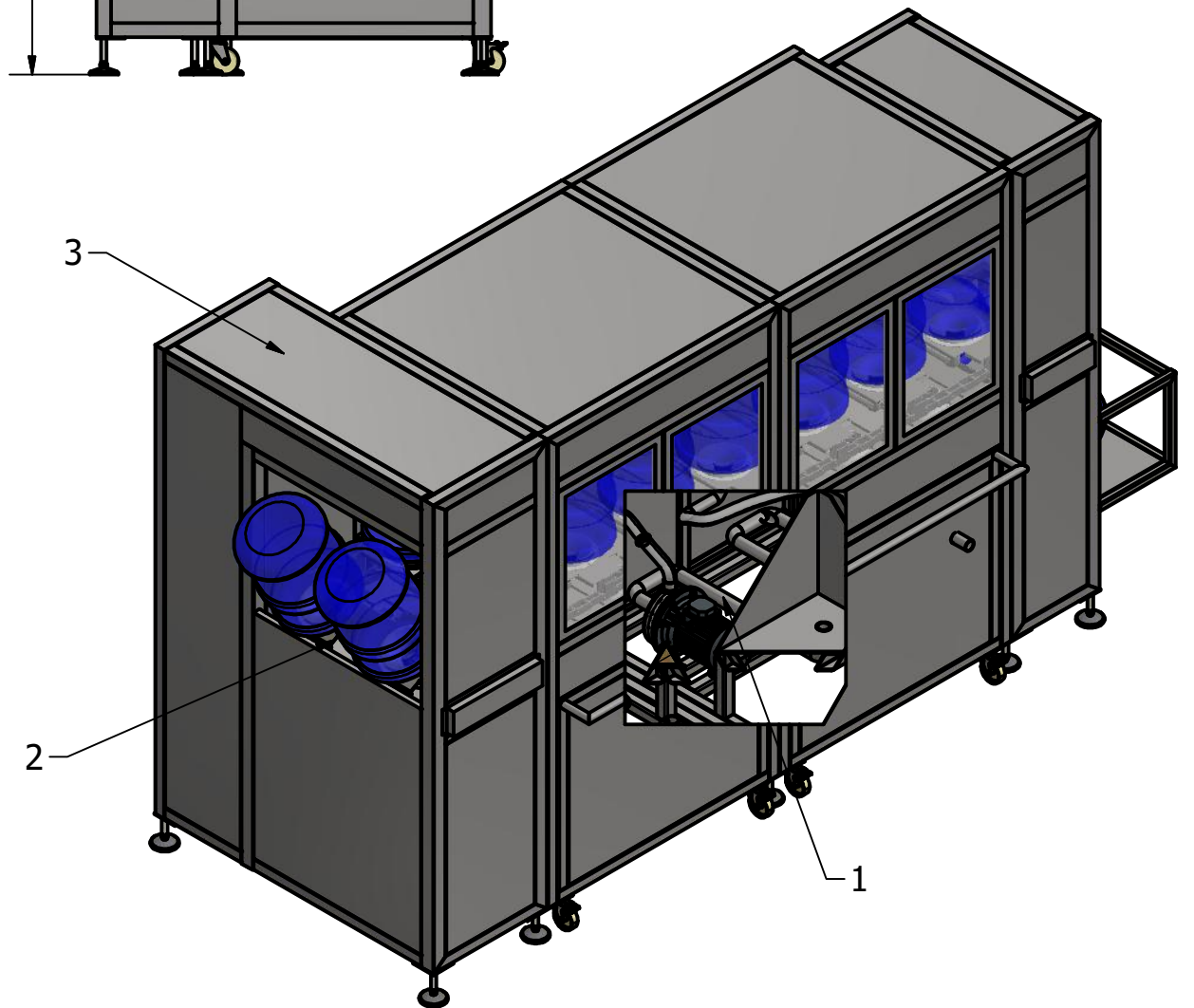
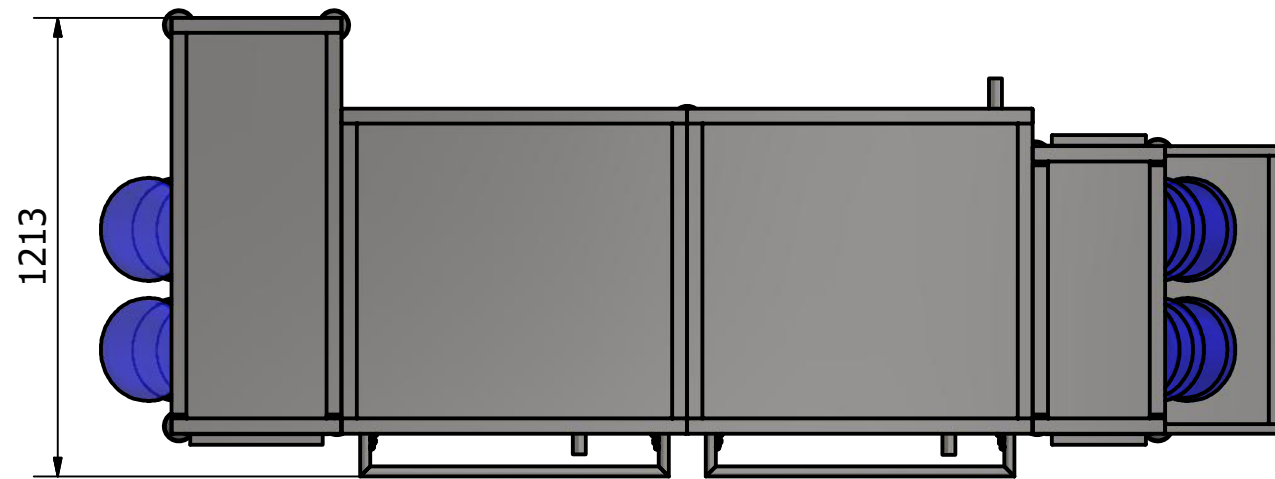
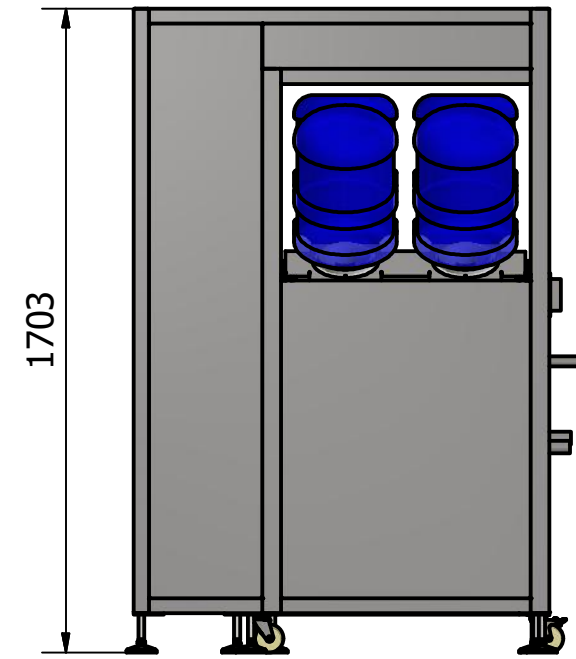
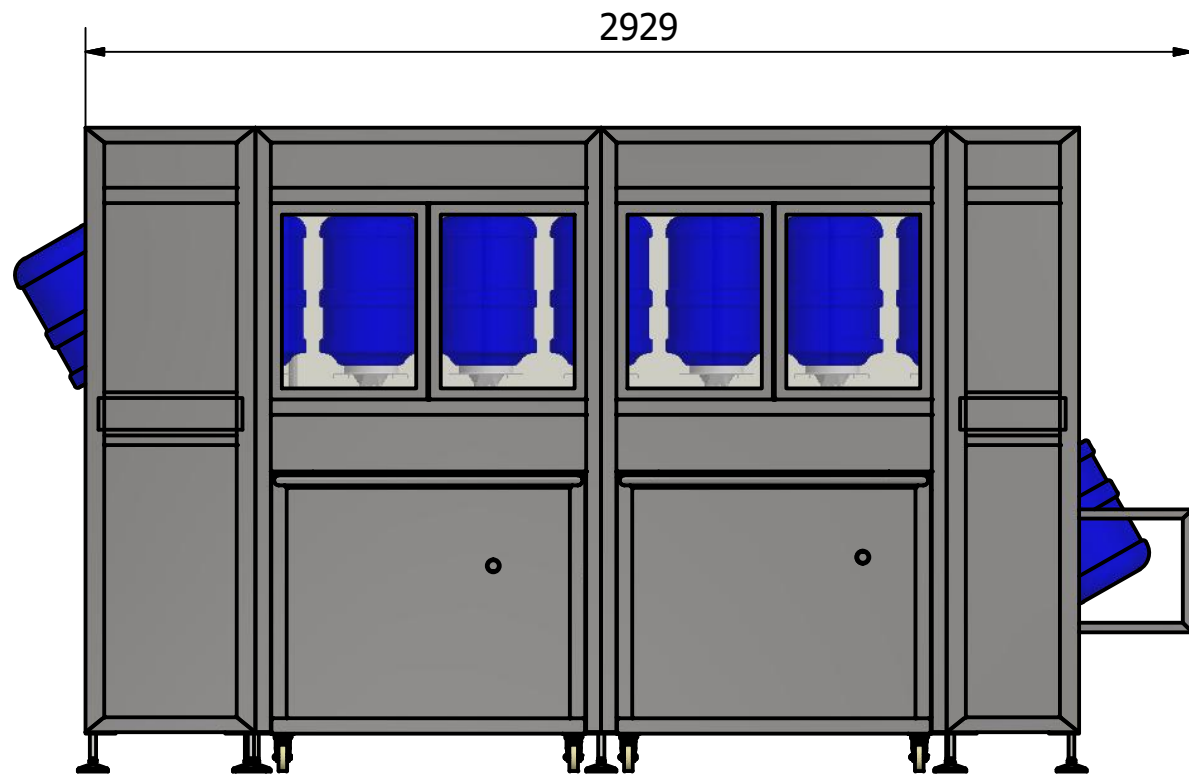
Energía	9,61
Agua	34,56
Recipiente	432,00
Agua Uso	11,09
Depreciación	74,50
	669,26

Ese costo dividido para la producción nos da como resultante un costo de 0.4369/B,  
44ctvs por cada bidón.

## Apéndice D: Licencia estudiantil de Autodesk Inventor 2017.

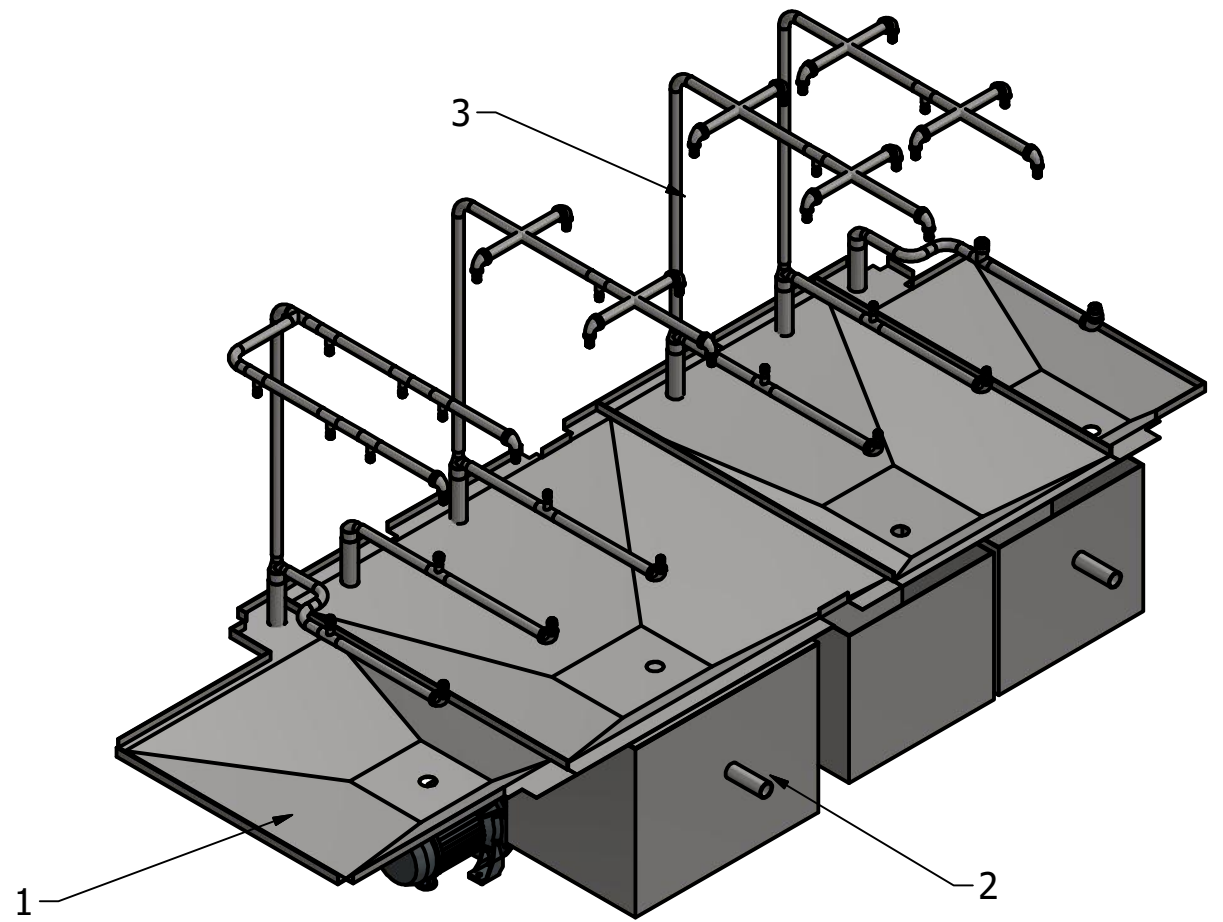
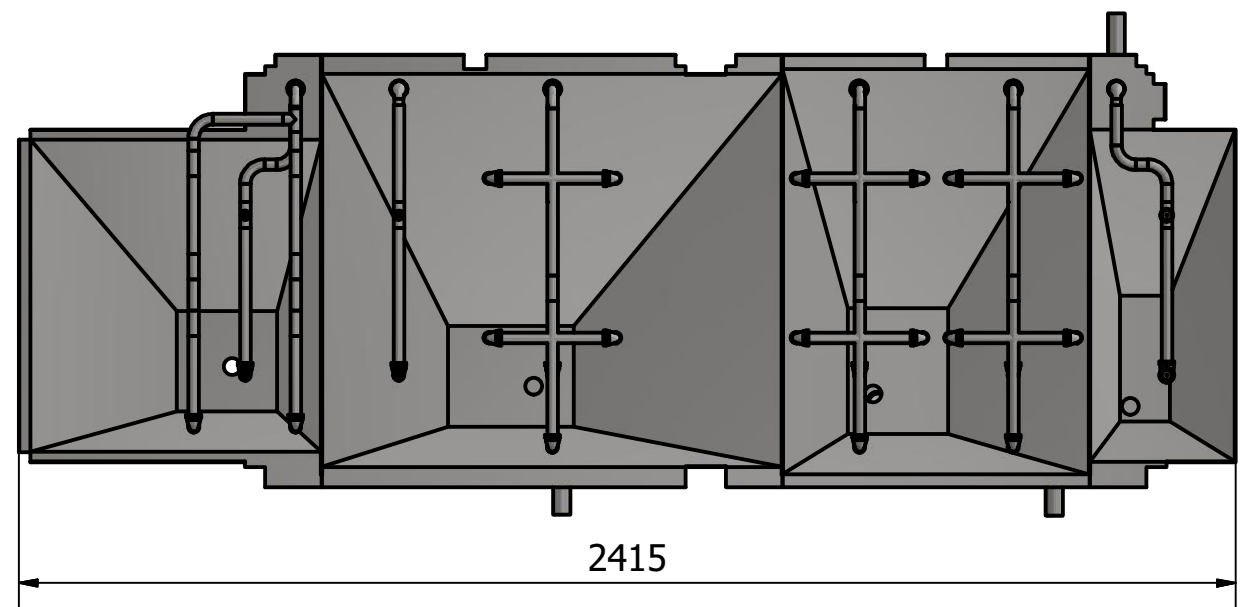
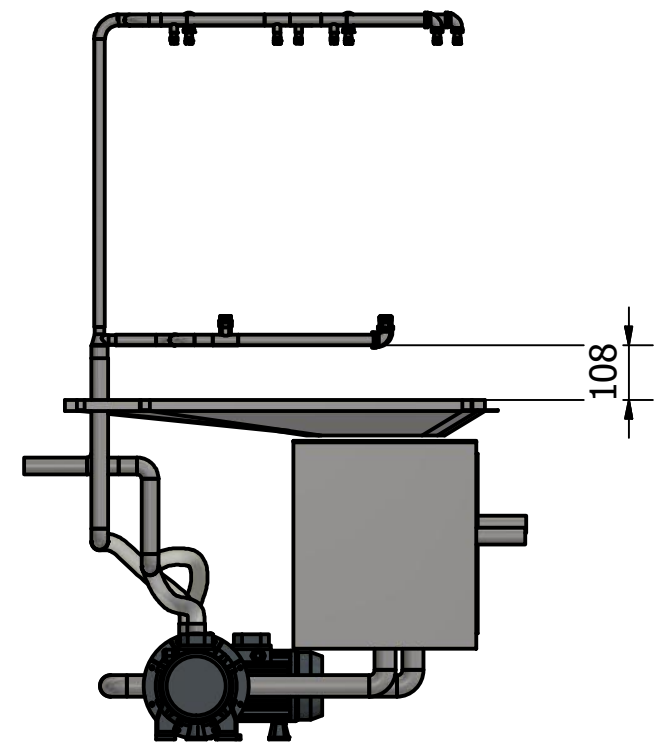
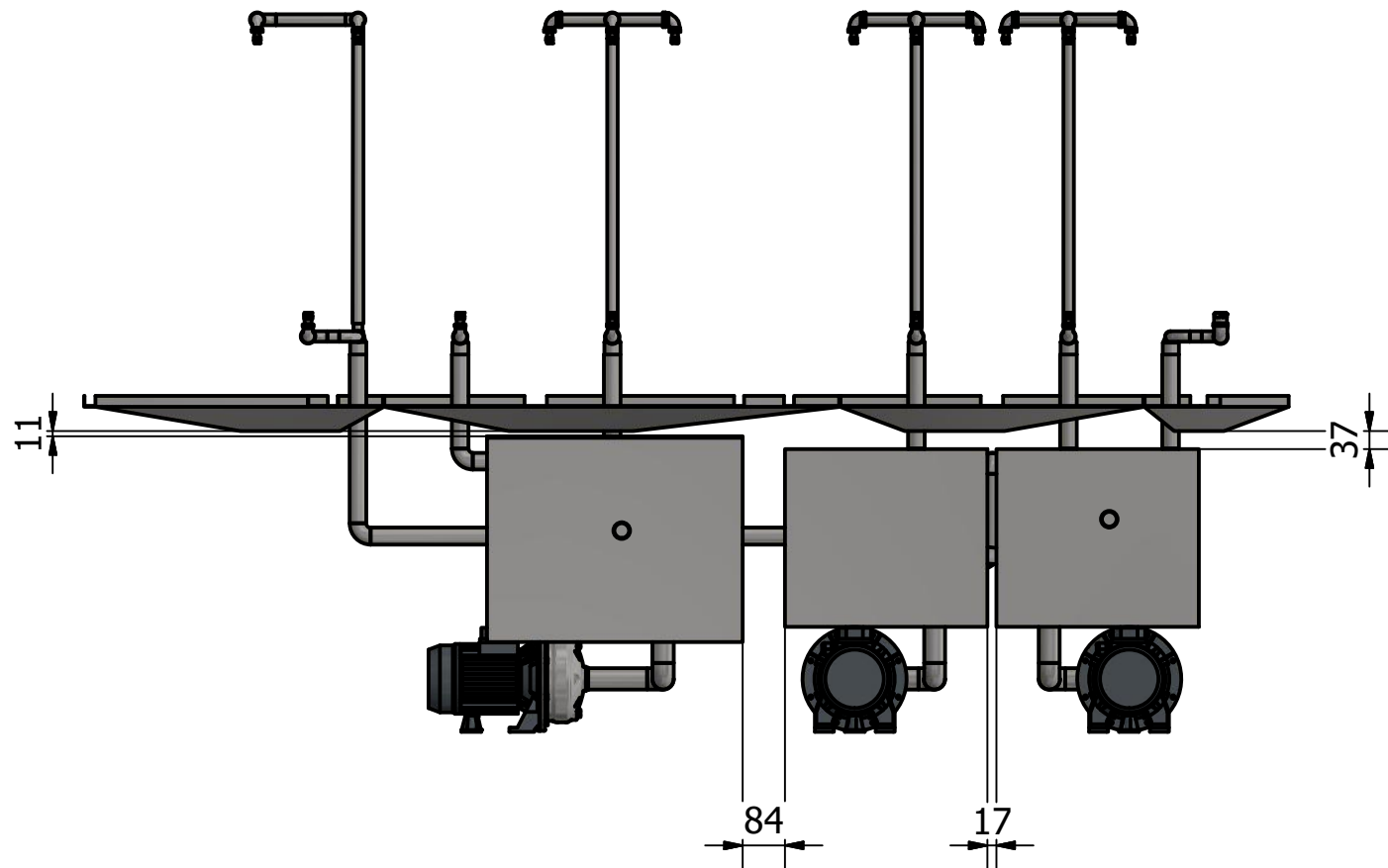
	<b>Inventor Professional</b> 3 seats . student . single-user		
<b>Summary</b>	student		
<b>Serial numbers</b>	<b>Versions</b> 2017, 2016, 2015	<b>Platforms</b> Win 32, Win 32/64, Win 64	<b>License type</b> Standalone
	<b>Seats</b> 3		
	<b>Version</b>	<b>Serial Number / Product Key</b>	
	2017 Downloads	900-35021446 / 797H1	
	2016 Downloads	900-35021446 / 797H1	
	2015 Downloads	900-35021446 / 797G1	

**APÉNDICE E**  
**Planos Esquemáticos**

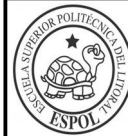


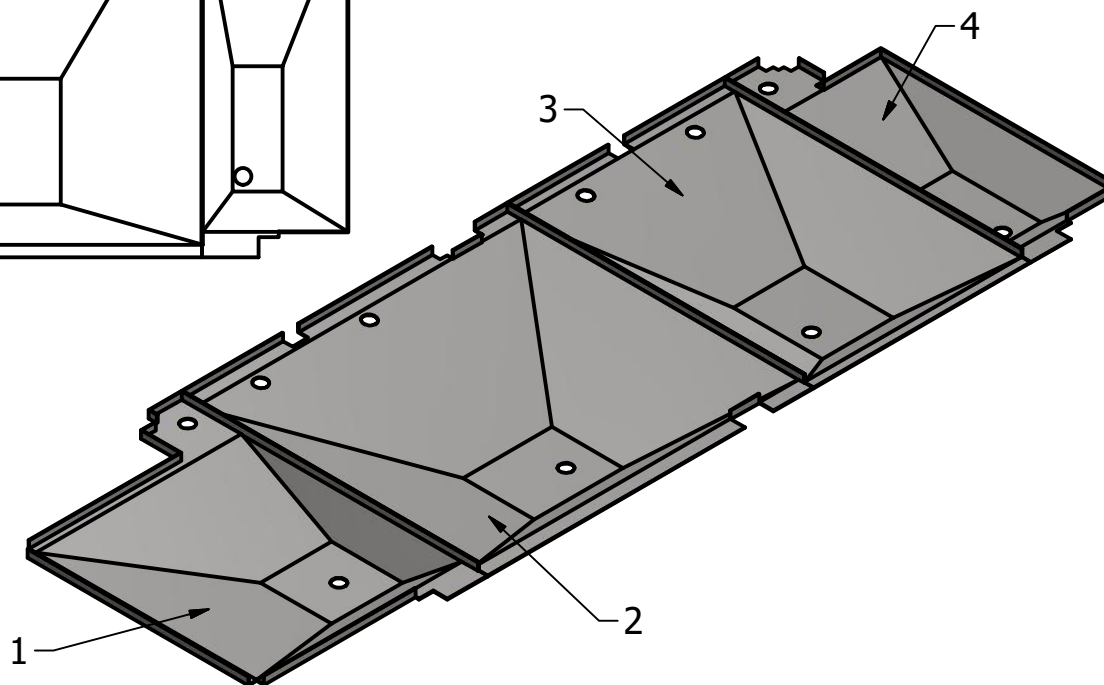
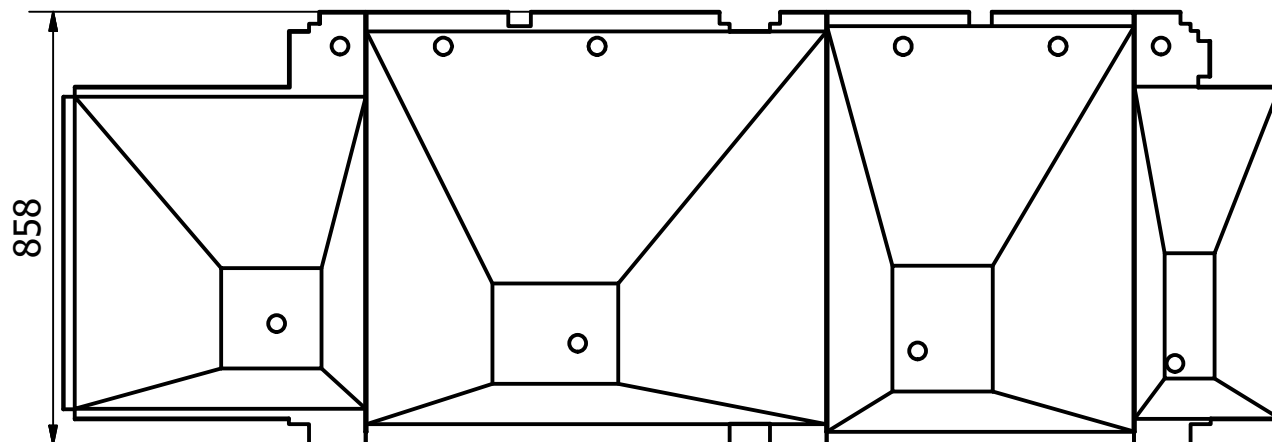
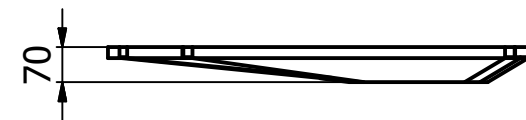
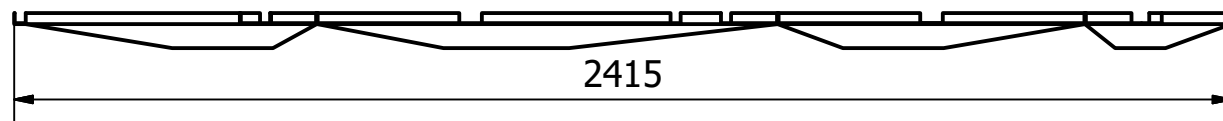
Lista de Sistemas		
Sistema	Descripcion	Planos
1	Sistema de bombeo	2-15
2	Sistema de transporte	16-19
3	Sistema estructural	20-43

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	Edición Hoja 1 / 53



Elementos del sistema de bombeo		
Sistema	Descripcion	Planos
1	Bandejas	3-7
2	Tanques	8-11
3	Tuberias	12-15

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>		Planos constructivos lavadora de bidones Sistema de bombeo	
		Edición	Hoja 2 / 53



Elementos de las bandejas

Num	Descripcion	Plano
1	Bandeja pre lavado	4
2	Bnadeja lavado	5
3	Bandeja pre enjuague	6
4	Bandeja enjuague	7

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------



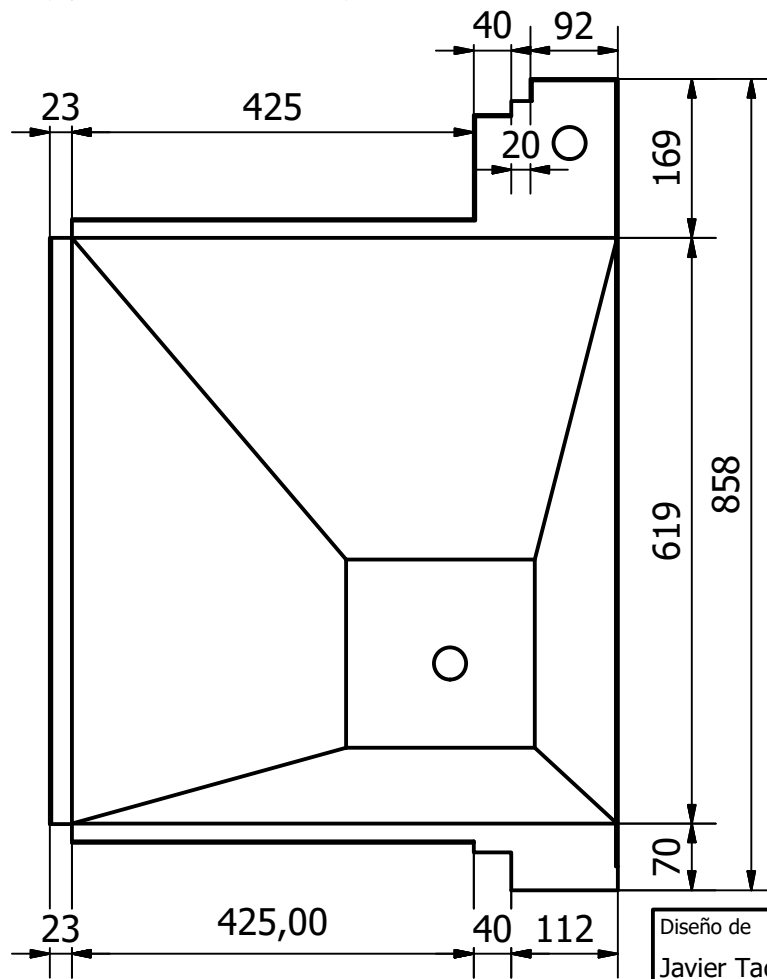
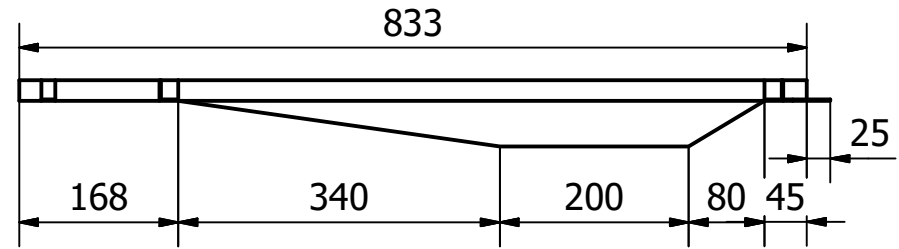
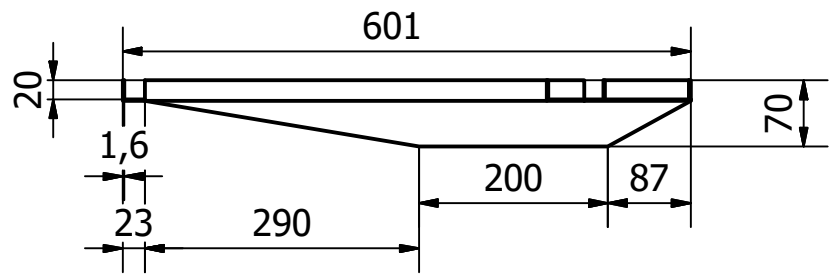
**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"

Planos constructivos lavadora de bidones

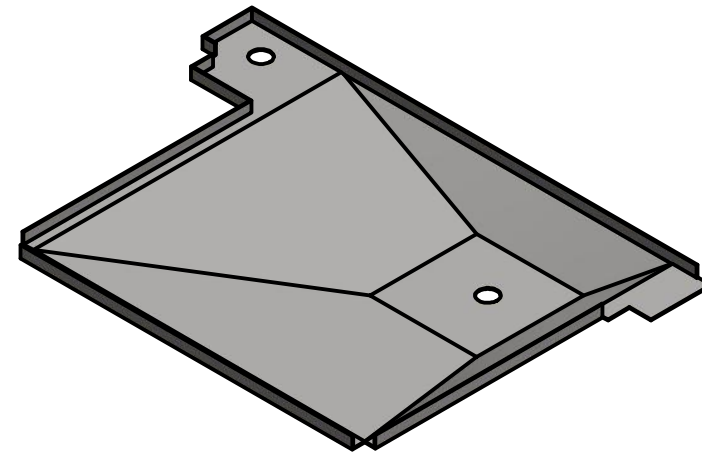
Detalle de bandejas

Edición

Hoja  
3 / 53



Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento



Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------

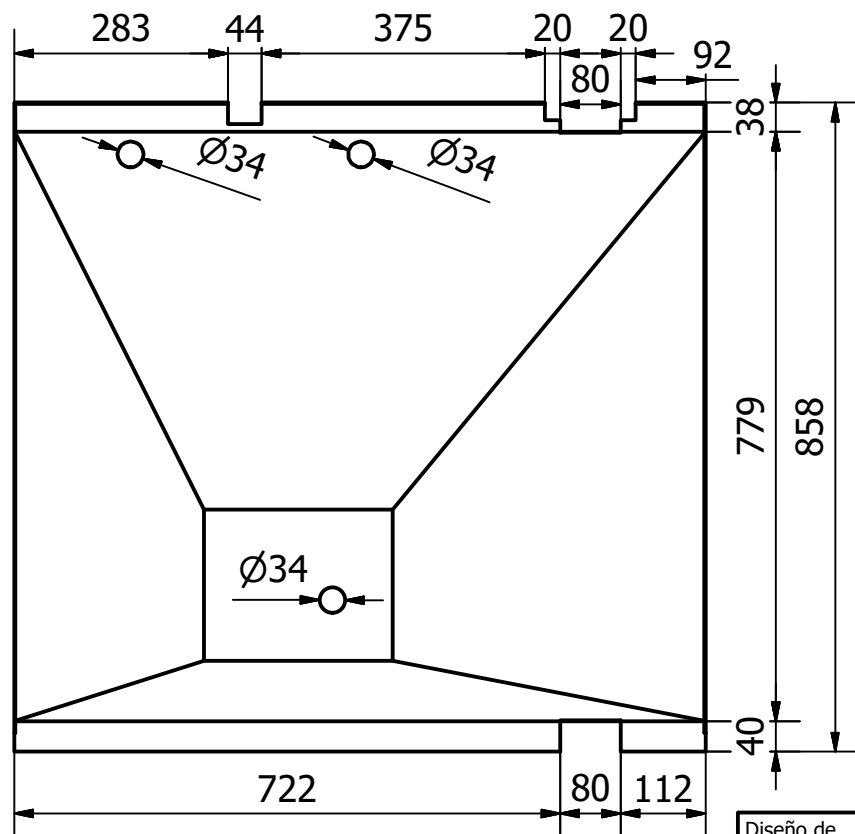
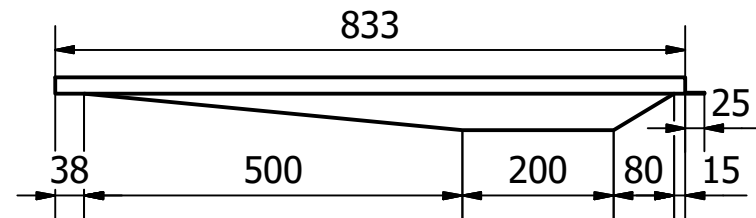
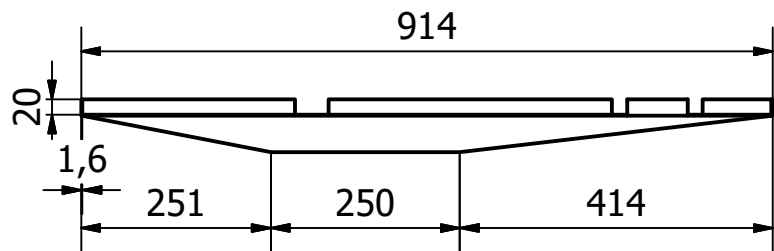


**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"

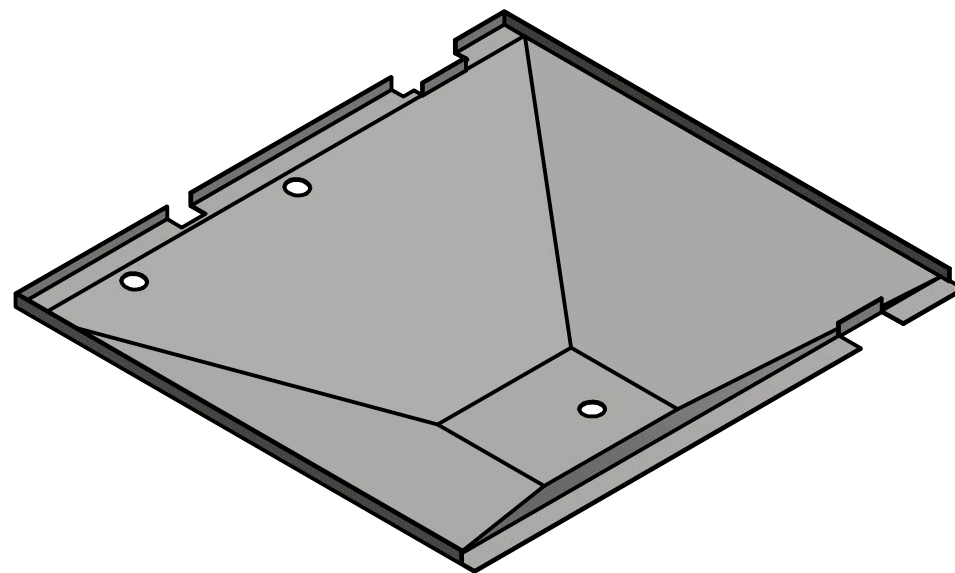
Planos constructivos lavadora de bidones

Bandeja pre lavado	Edición	Hoja 4 / 53
--------------------	---------	----------------





Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento



Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------



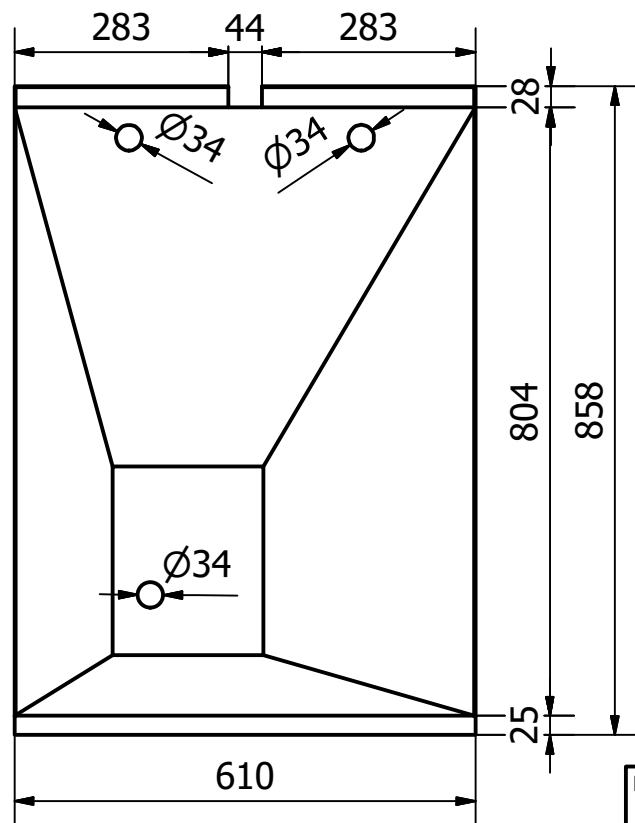
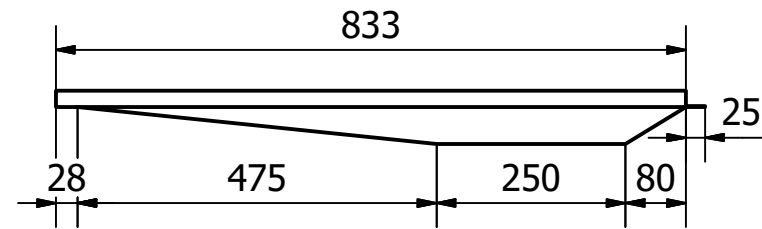
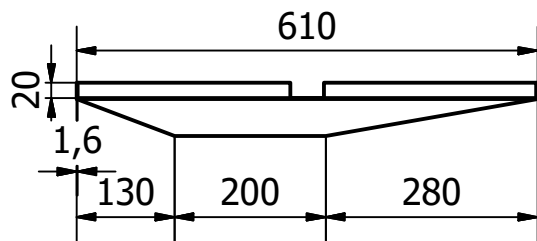
**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"

Planos constructivos lavadora de bidones

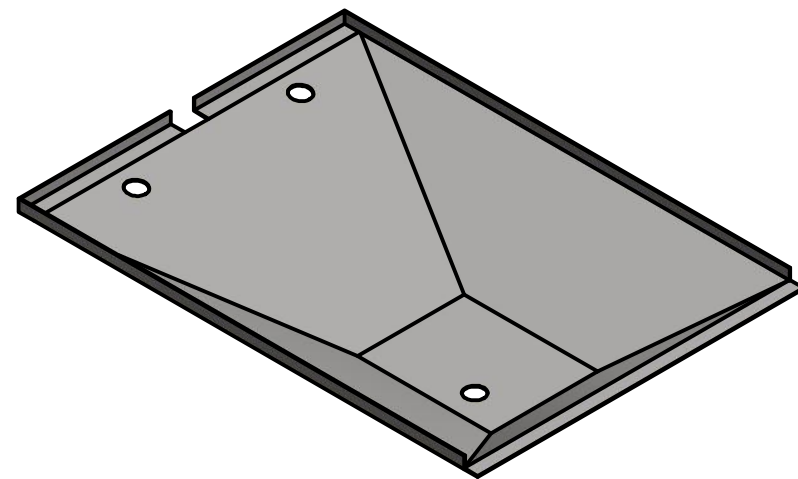
Bandeja lavado

Edición

Hoja  
5 / 53



Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento



Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------



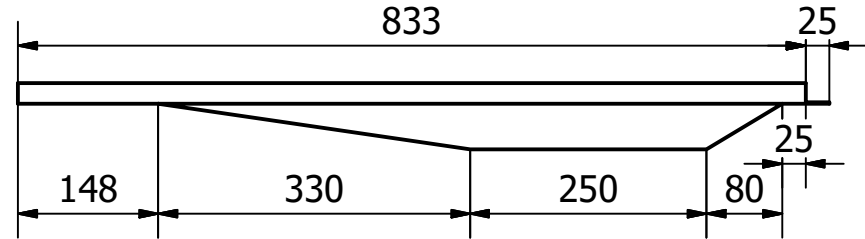
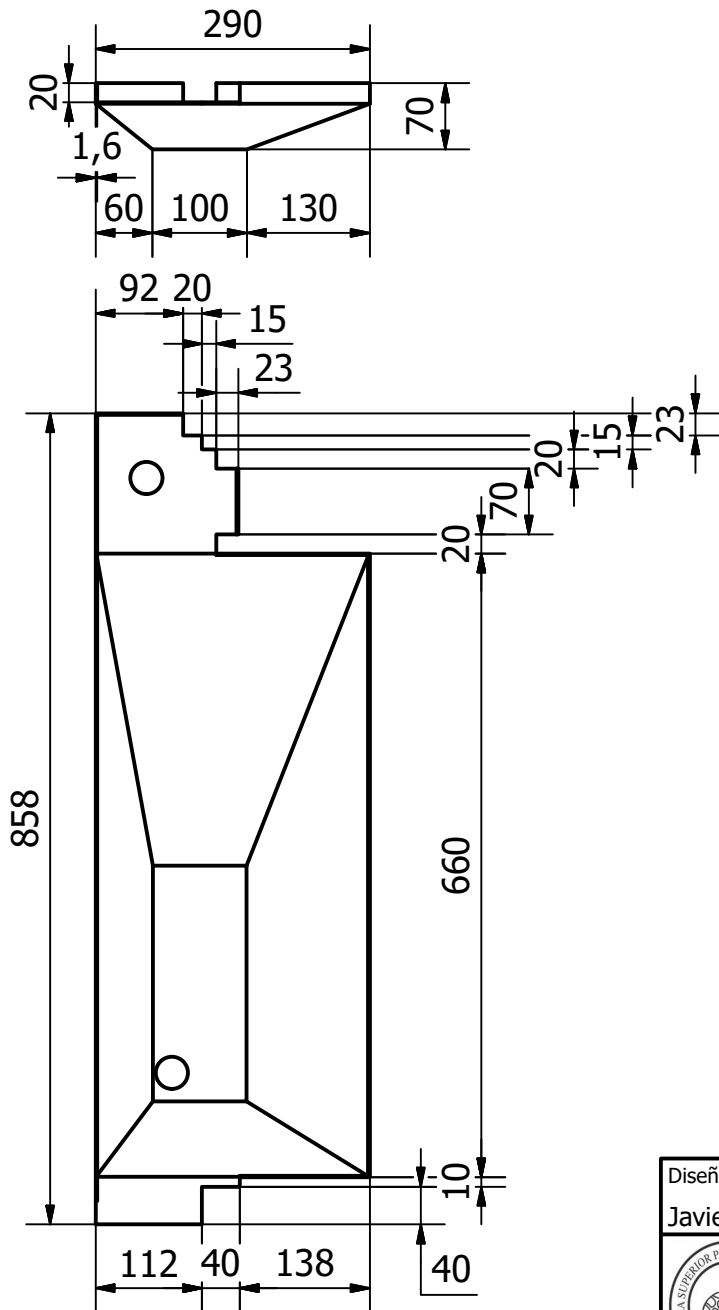
**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"

Planos constructivos lavadora de bidones

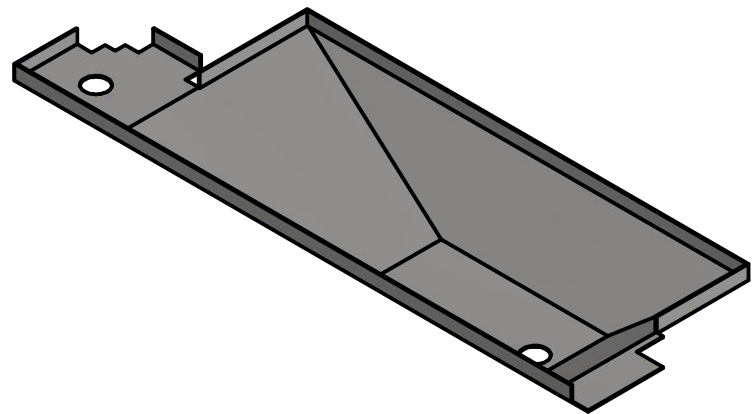
Bandeja pre enjuague

Edición

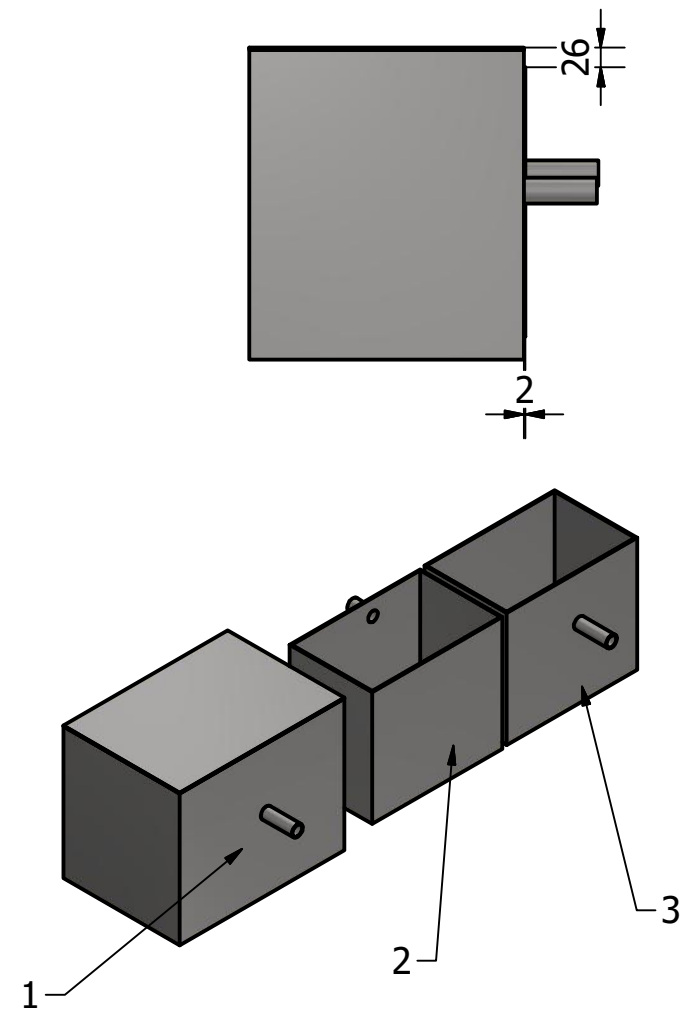
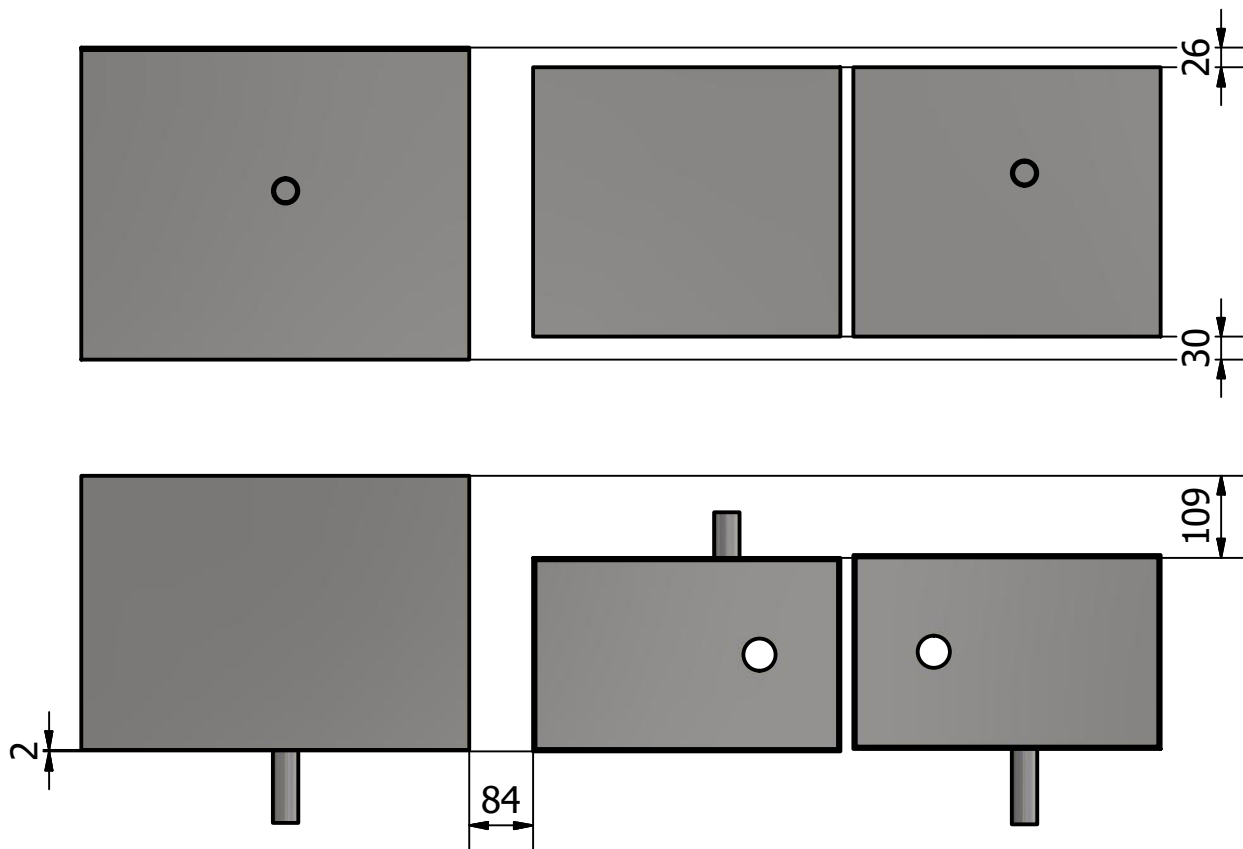
Hoja  
6 / 53



Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

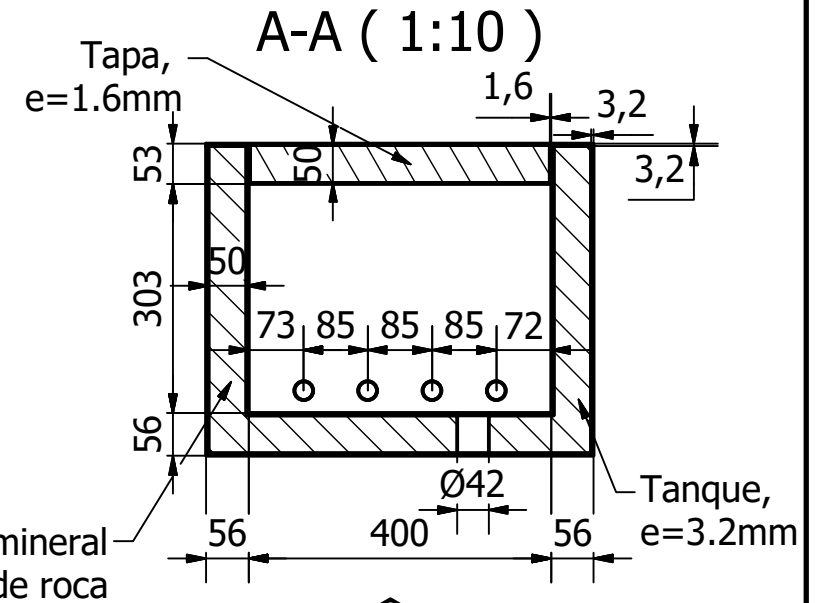
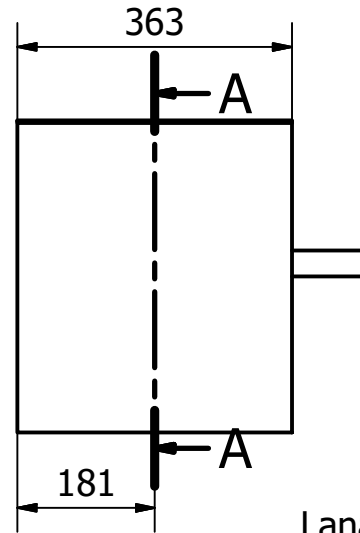
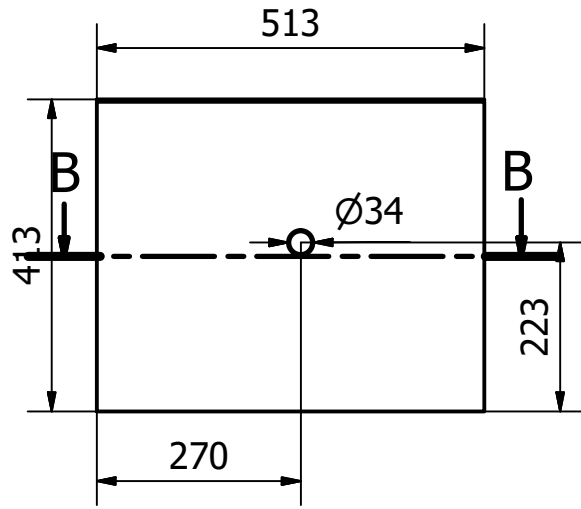


Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
Bandeja enjuague		Edición	Hoja 7 / 53

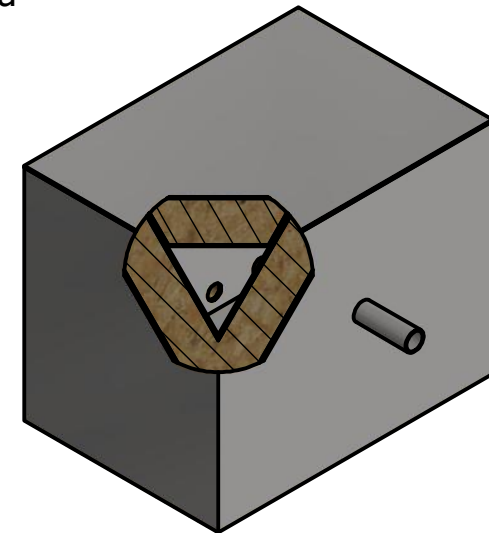
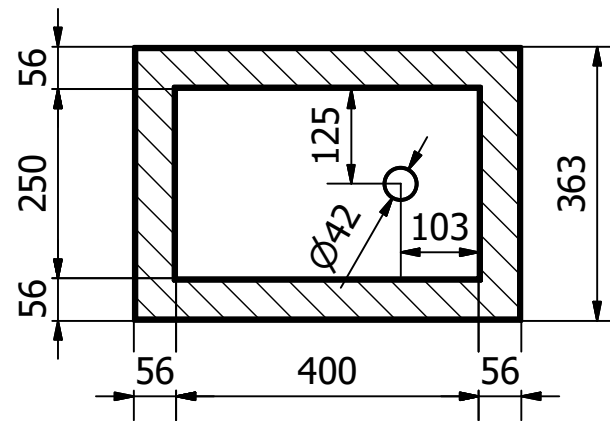
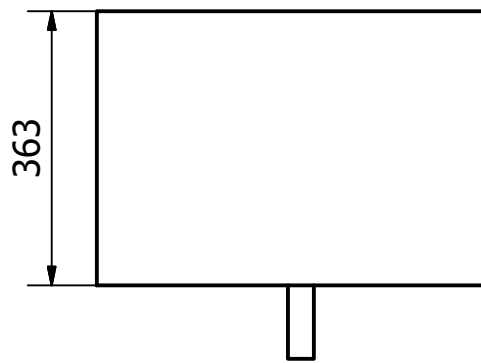


Elementos de los tanques		
Num	Descripcion	Plano
1	Tanque lavado	9
2	Tanque pre enjuague	10
3	Tanque enjuague	11

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
		Detalle de tanques	Edición Hoja 8 / 53

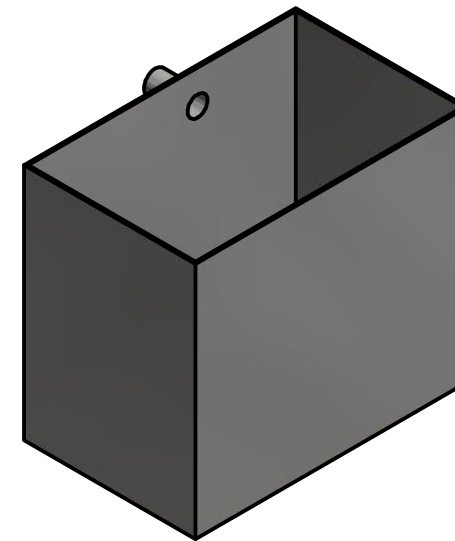
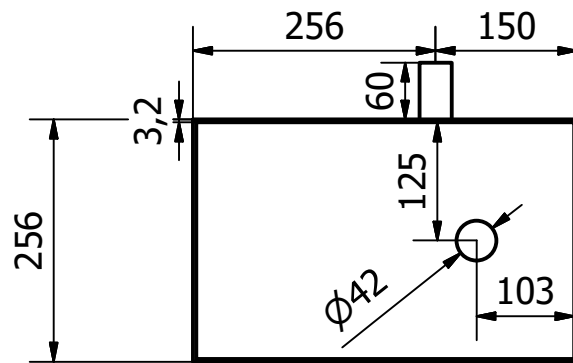
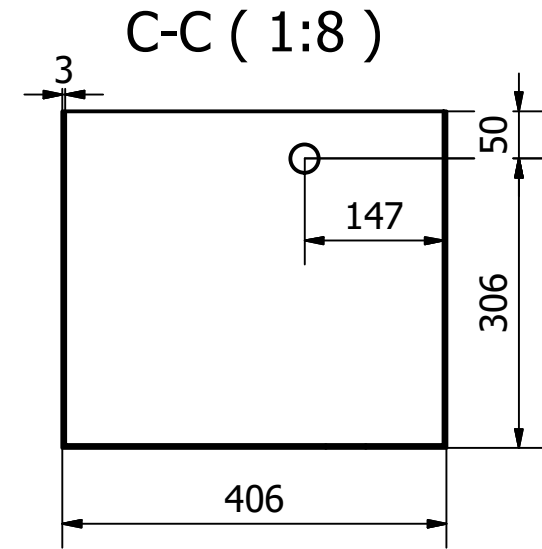
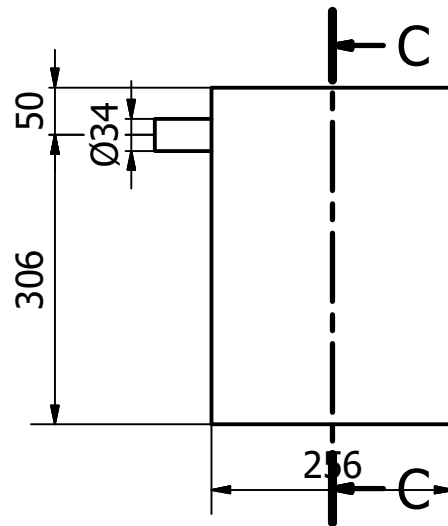
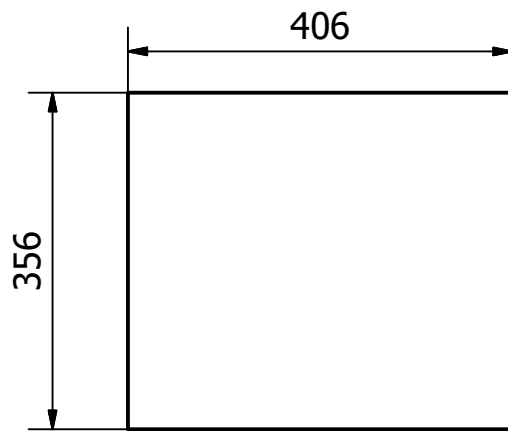


B-B ( 1:10 )



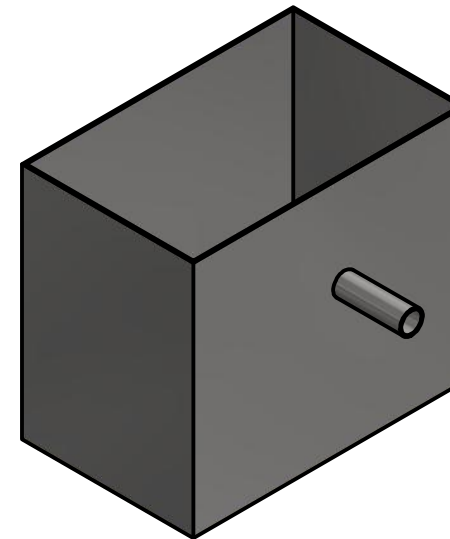
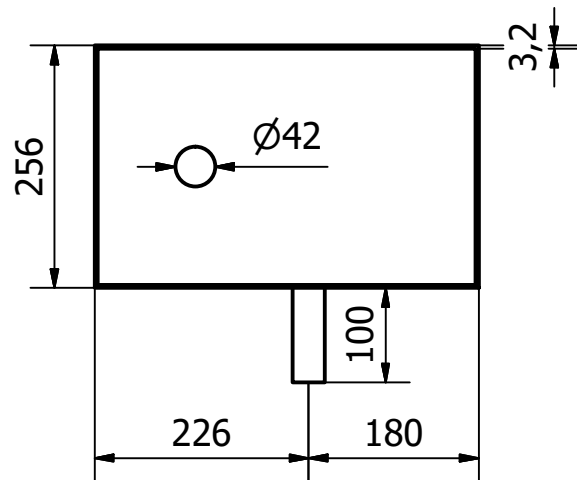
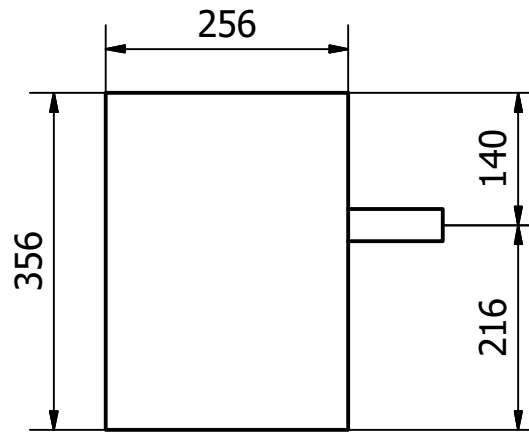
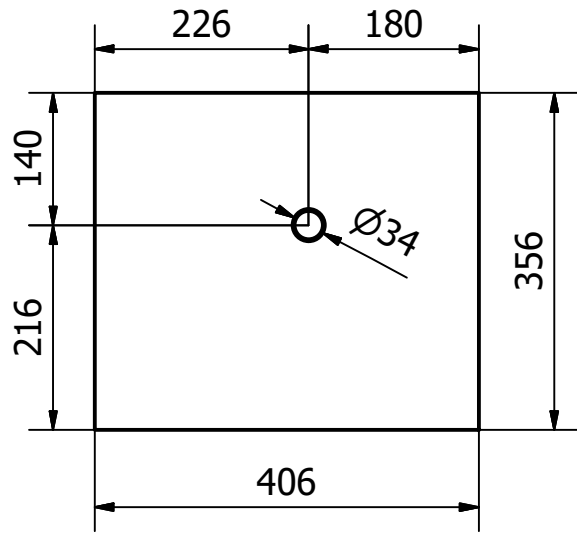
Plancha acero inoxidable 304,  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
		Tanque lavado	Edición Hoja 9 / 53




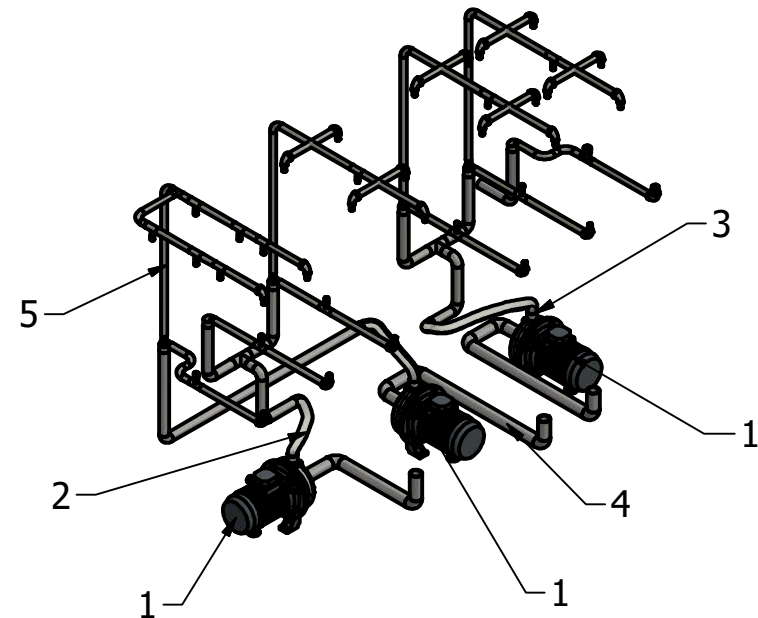
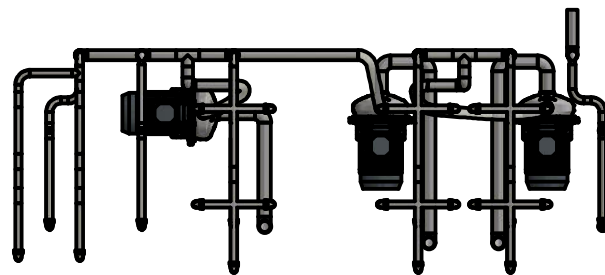
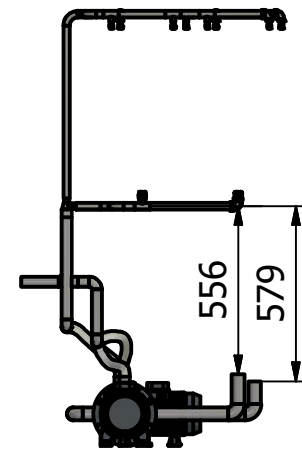
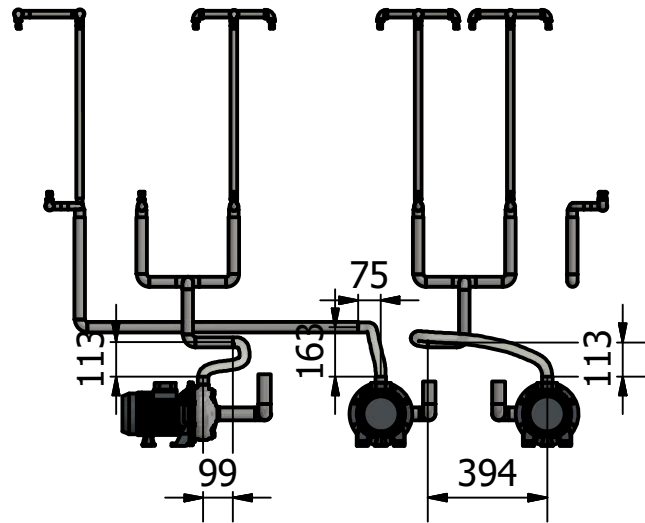
Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Tanque pre enjuague		Hoja 10 / 53



Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

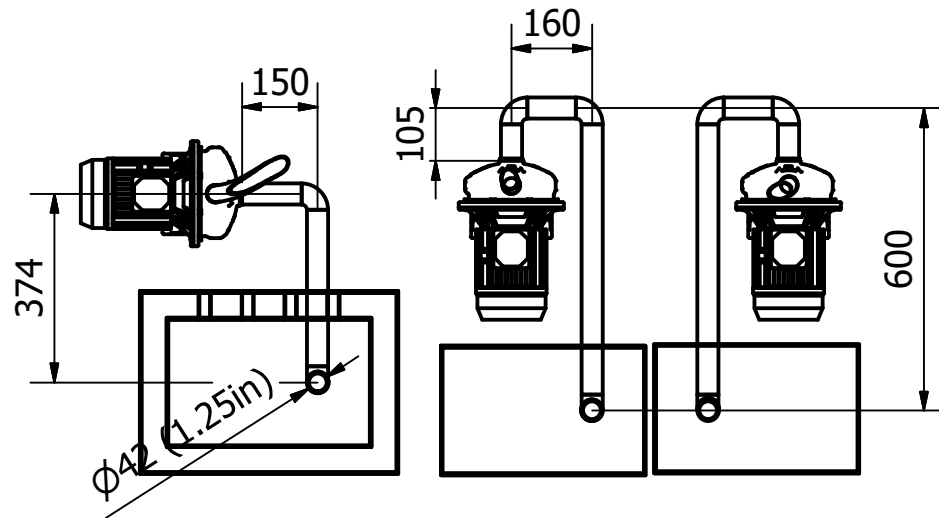
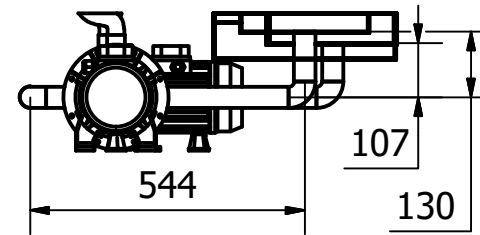
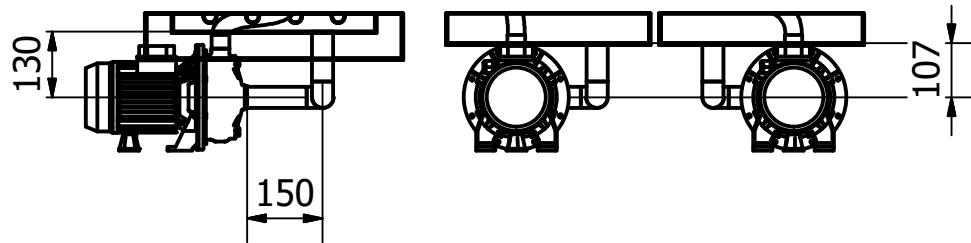
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Tanque Enjuague		Hoja 11 / 53



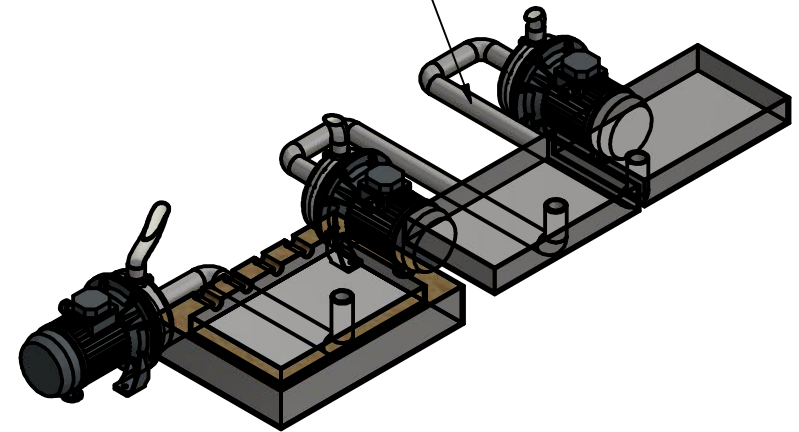
Elementos de tuberías		
Num	Descripcion	Plano
1	Bomba, 0.56Kw, 220V, 3F, 32x25	NA
2	(3) Manguera grado alimentos 25	NA
3	(6) Clamp Sanitarios 25	NA
4	Tubería Succion	13
5	Tubería descarga	14,15

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
		Sistema de bombeo	Edición Hoja 12 / 53

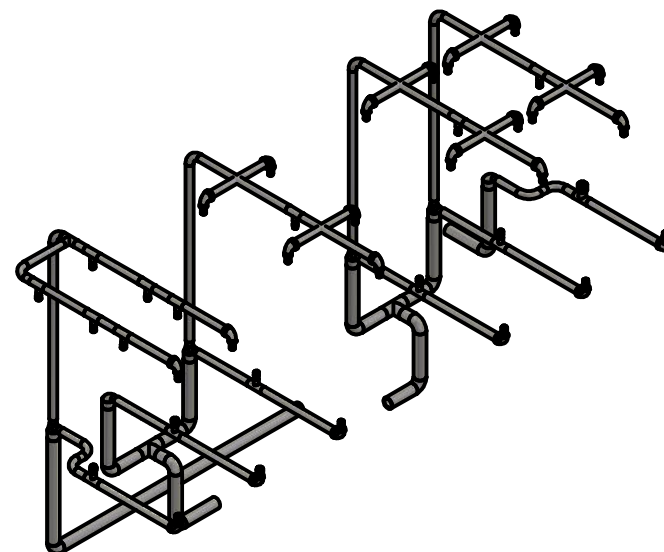
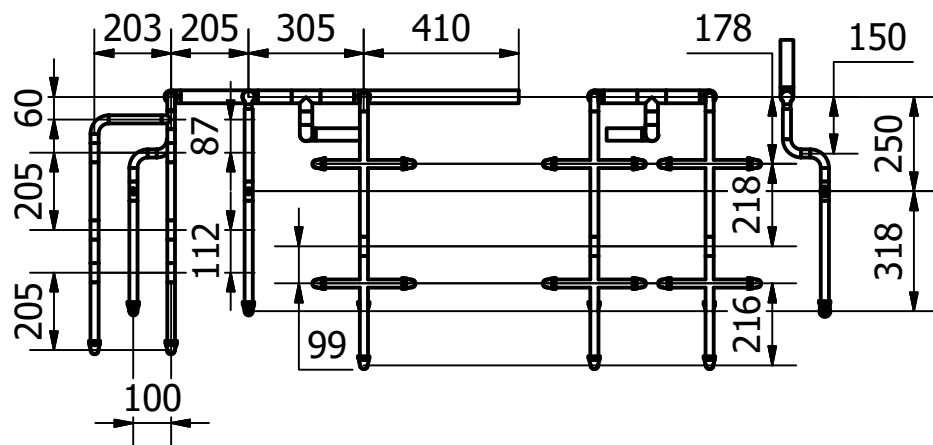
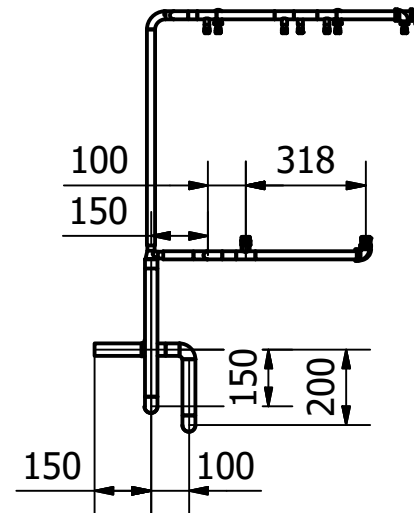
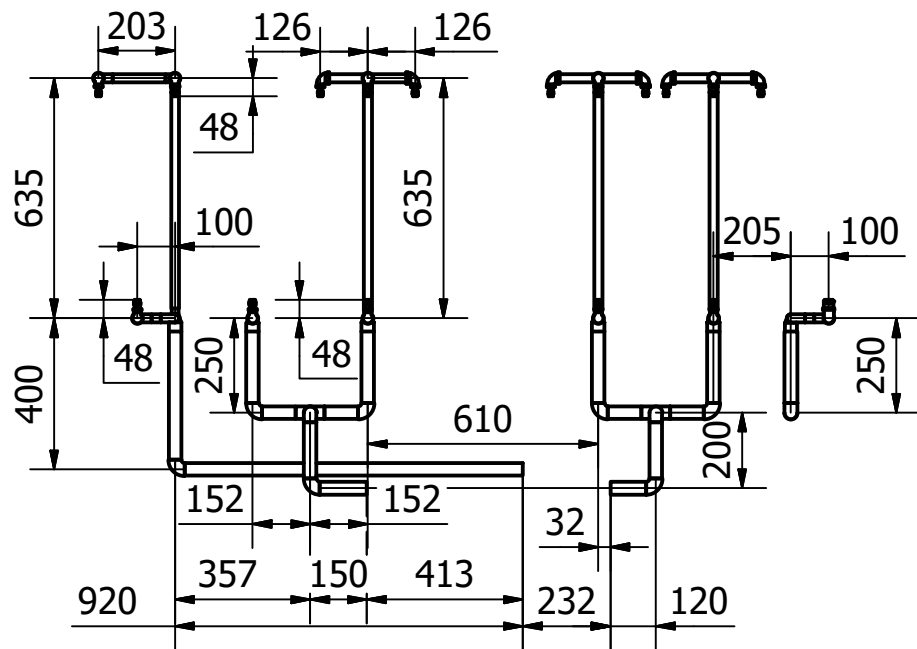




Tuberia Acero Inoxidable 304,  
A312, Cedula 40, 42mm (1.25in)  
Soldadura TIG

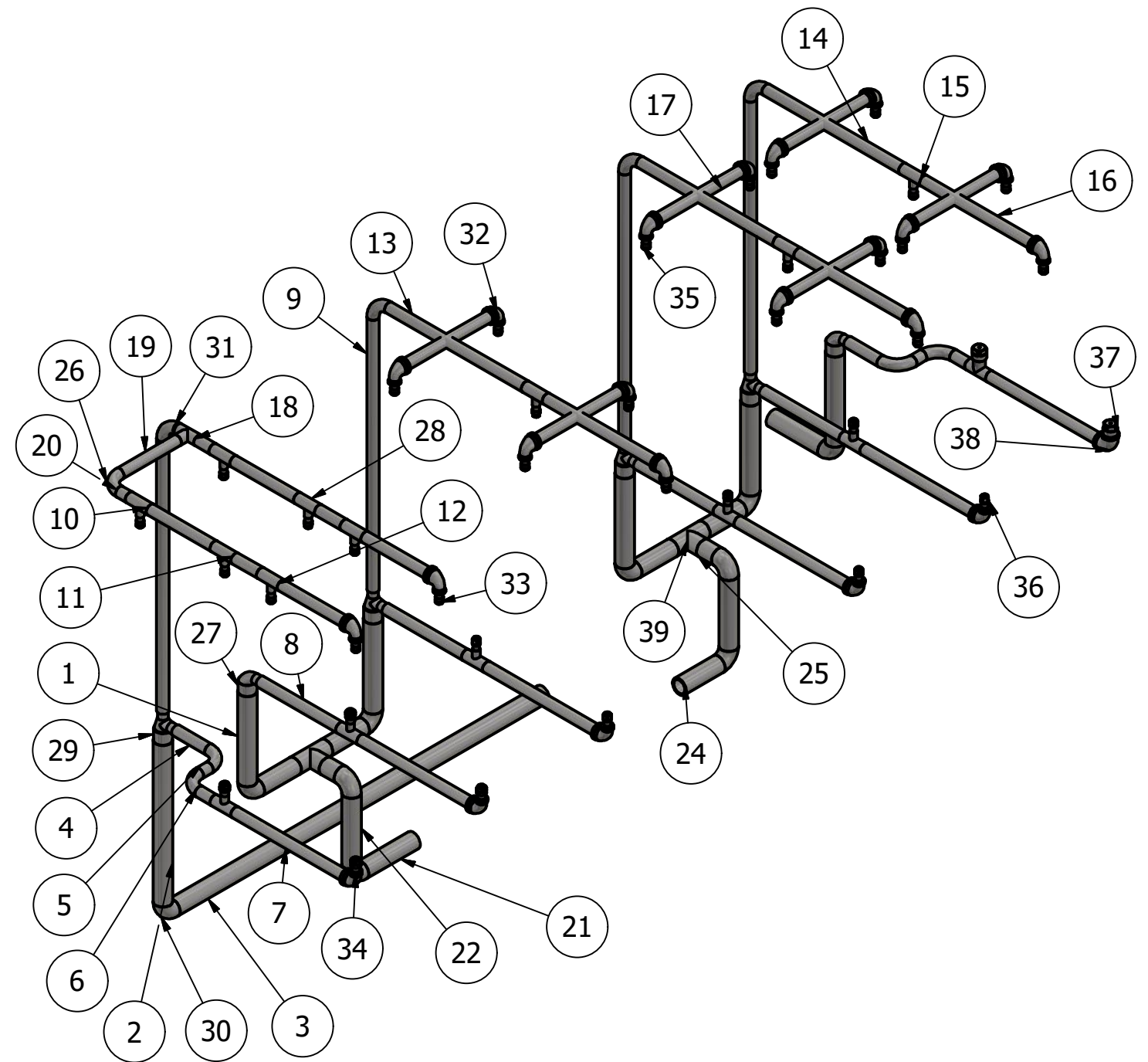


Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Tuberias de succion		Hoja 13 / 53

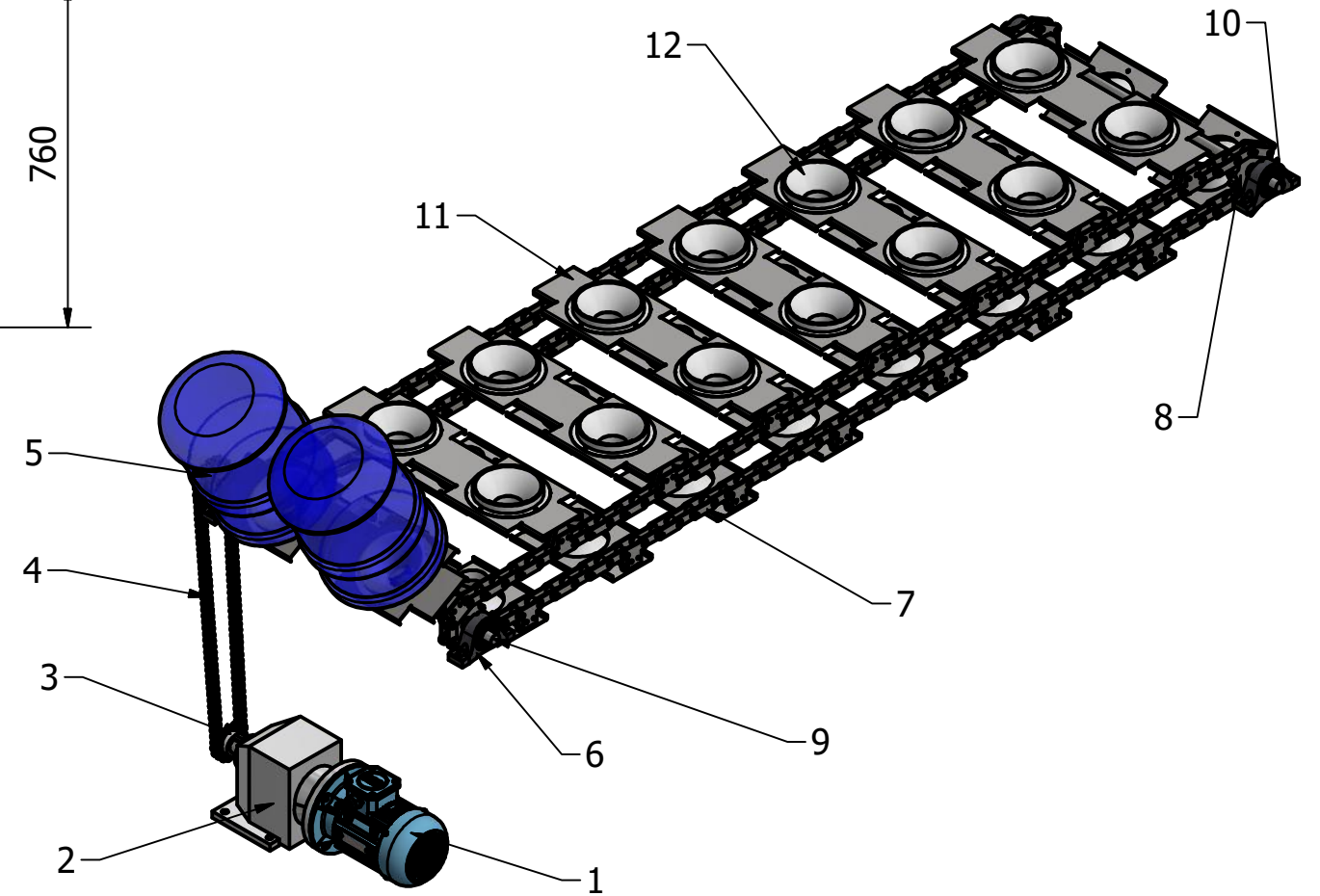
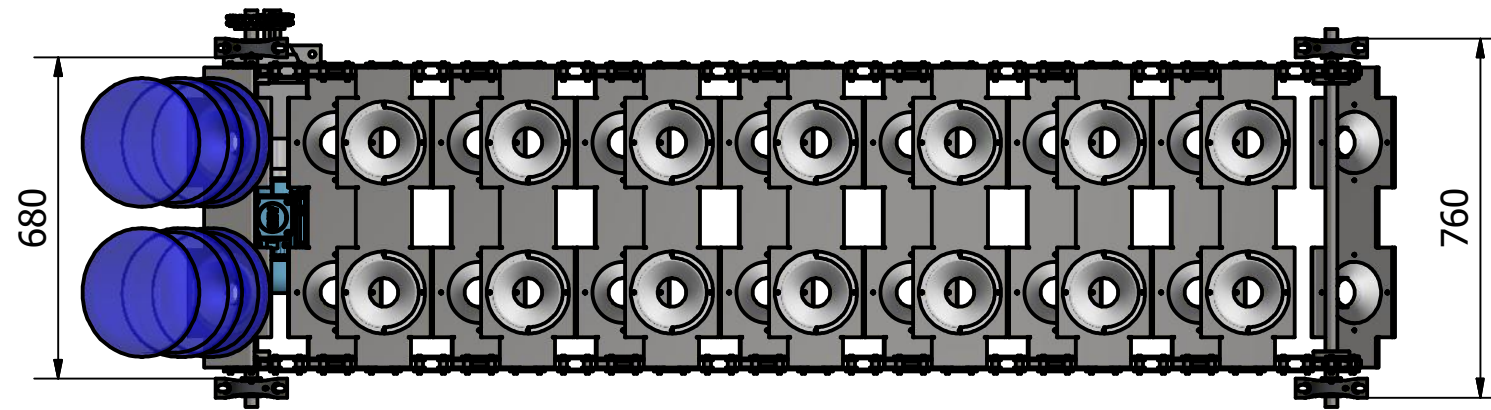
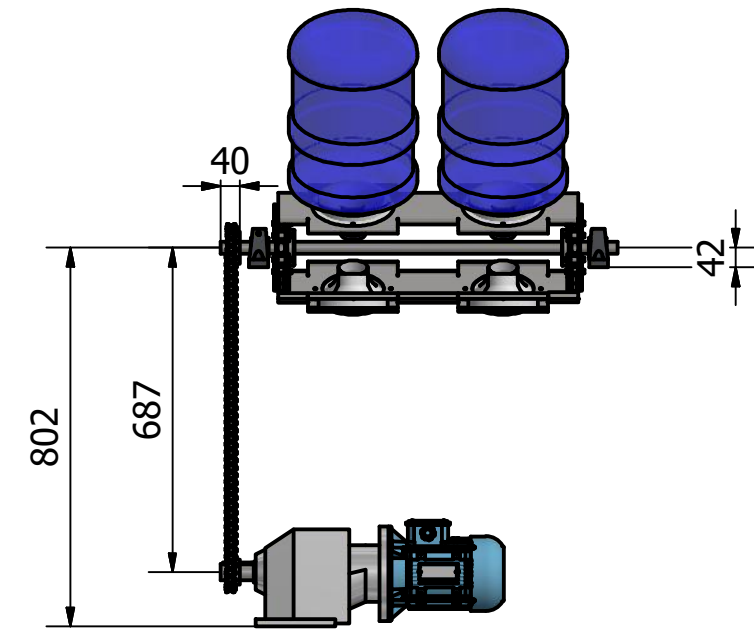
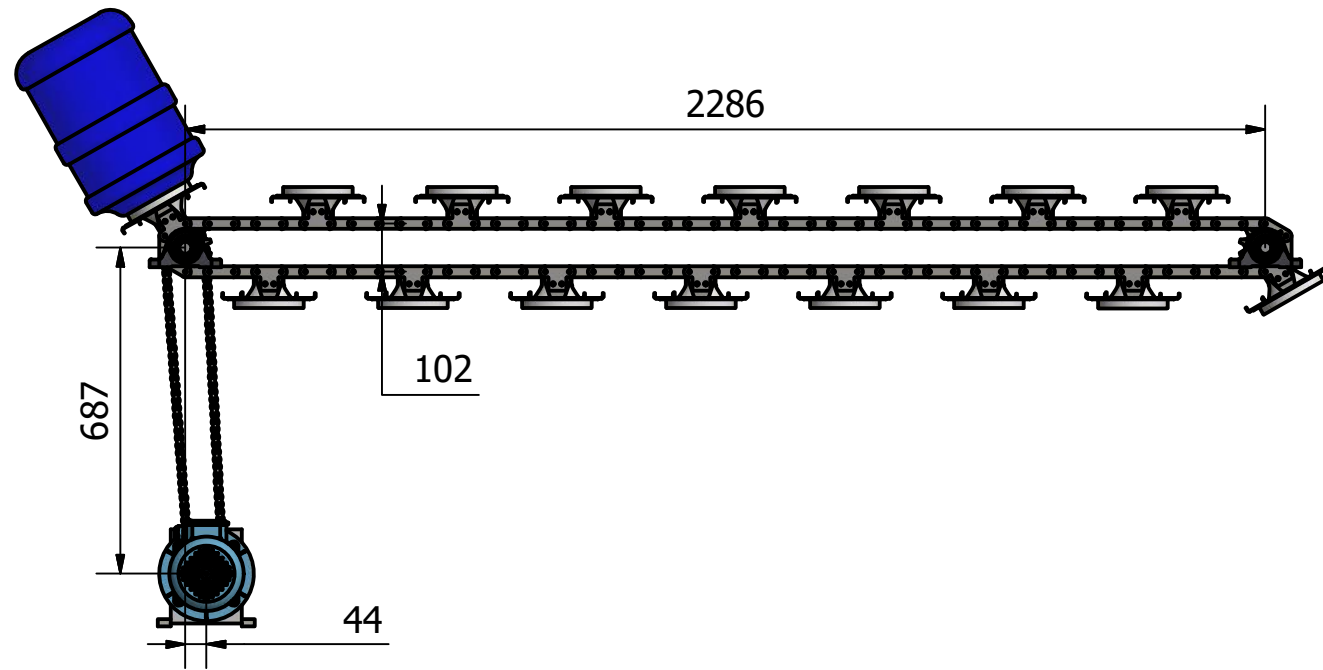


Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones Tuberia de descarga	
		Edición	Hoja 14 / 53

LISTA DE MATERIALES			
Num	CTDAD	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	943,9 mm	D 1 - 7,433	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
2	338,8 mm	D 1 - 13,338	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
3	894,6 mm	D 1 - 35,22	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
4	160,3 mm	D 1/2 - 3,156	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
5	47,6 mm	D 1/2 - 0,937	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
6	73,0 mm	D 1/2 - 1,437	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
7	1608,6 mm	D 1/2 - 10,555	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
8	771,4 mm	D 1/2 - 7,593	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
9	2286,0 mm	D 1/2 - 22,5	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
10	308,5 mm	D 1/2 - 6,073	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
11	123,3 mm	D 1/2 - 2,427	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
12	311,3 mm	D 1/2 - 6,128	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
13	418,2 mm	D 1/2 - 5,488	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
14	576,3 mm	D 1/2 - 7,563	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
15	220,2 mm	D 1/2 - 2,89	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
16	576,9 mm	D 1/2 - 7,571	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
17	1218,9 mm	D 1/2 - 3,999	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
18	36,7 mm	D 1/2 - 1,444	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
19	139,0 mm	D 1/2 - 5,474	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
20	24,0 mm	D 1/2 - 0,944	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
21	249,2 mm	D 1 - 4,906	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
22	298,4 mm	D 1 - 5,874	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
23	355,6 mm	D 1 - 3,5	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
24	94,6 mm	D 1 - 3,724	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
25	73,0 mm	D 1 - 1,437	Tubería ASTM A312 SCH 40 AISI 304
26	9	Codo 90 grad 1/2	Codo soldable 90 grad
27	2	C red 90 - 1 x 1/2	Codo reductor soldable 90 grad
28	14	T red 1/2 x 1/2 x 1/4	Tubo en T de salida de reducción soldable
29	4	T red 1 x 1/2 x 1/2	Tubo en T de reducción soldable
30	10	Codo 90 grad 1	Codo soldable 90 grad
31	2	T 1/2 x 1/2 x 1/2	Tubo en T recto soldable
32	22	C red 90 1/2 x 1/4	Codo reductor roscado 90 grad
33	8	Boquilla y adaptador	Boquilla modelo HH num 2 rosca 1/8
34	4	Boquilla y adaptador	Boquilla modelo HH num 10 rosca 1/4
35	18	Boquilla y adaptador	Boquilla modelo HH num 1 rosca 1/8
36	6	Boquilla y adaptador	Boquilla modelo HH num 6.5 rosca 1/4
37	2	Boquilla y adaptador	Boquilla modelo HH num 2 rosca 1/2
38	1	Codo 90 grad 1/2	Codo roscable 90 grad
39	2	T 1 x 1 x 1	Tubo en T recto soldable



Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
		Tubería de descarga	Edición Hoja 15 / 53

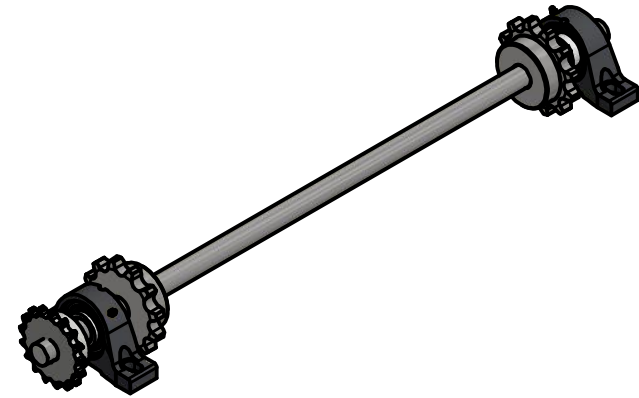
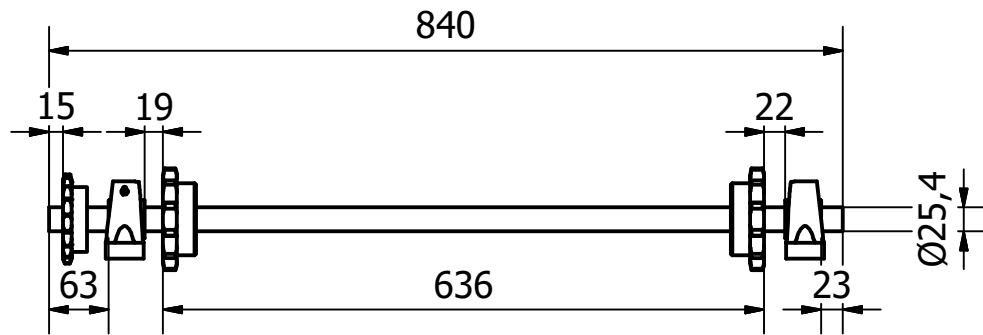


TABLA

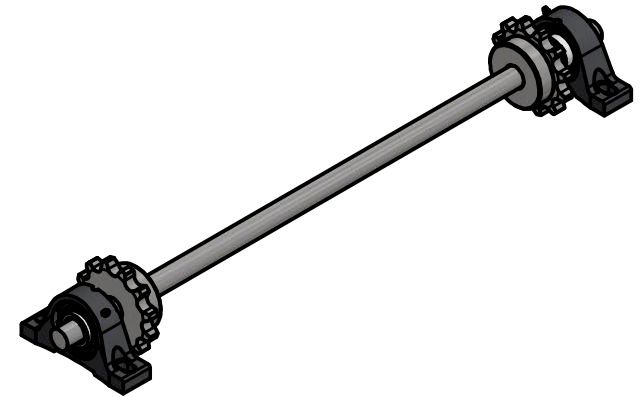
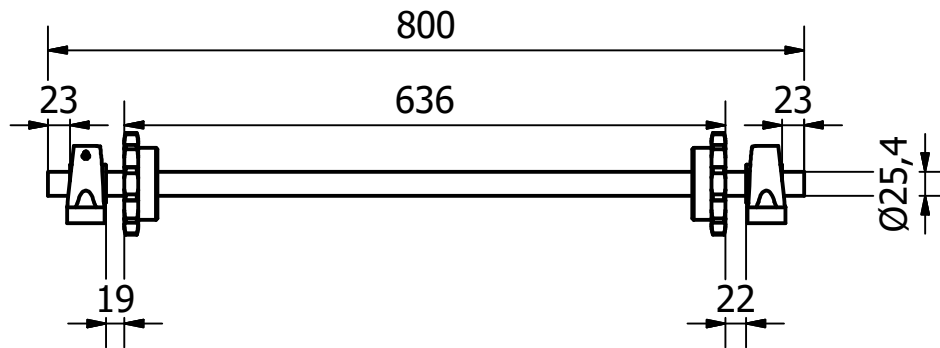
Num	Descripcion	Planos
1	Motor IEC 80 0.34Kw	NA
2	Motorreductor lineal, eje 35	NA
3	Catarina 50B15T	NA
4	Cadenas ASA50	NA
5	Catarina 50B17T	NA
6	(4) Chumacera piso 25.4mm	NA
7	(2) Cadena 2080SN con aditamento M2,96 eslabones	NA
8	(4) Catarina 2080 12T	NA
9	Eje motriz	17
10	Eje conducido	17
11	Anclajes de transporte	18
12	Sujetador de bidones	19

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>		Planos constructivos lavadora de bidones	
		SISTEMADETRANSPORTE	Edición Hoja 16 / 53

Eje Motriz

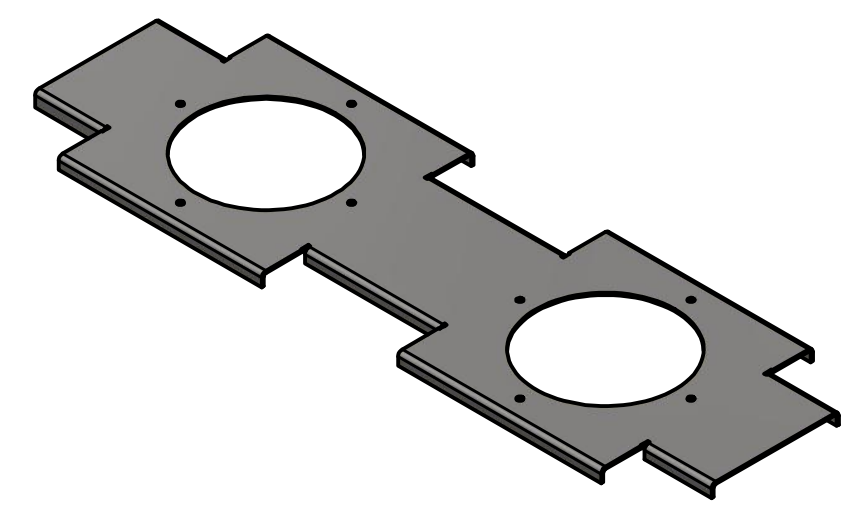
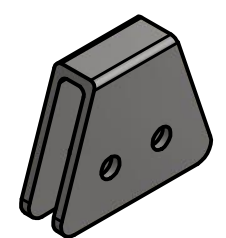
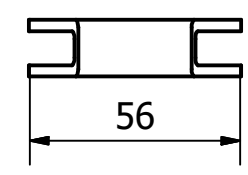
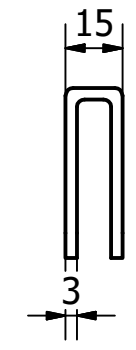
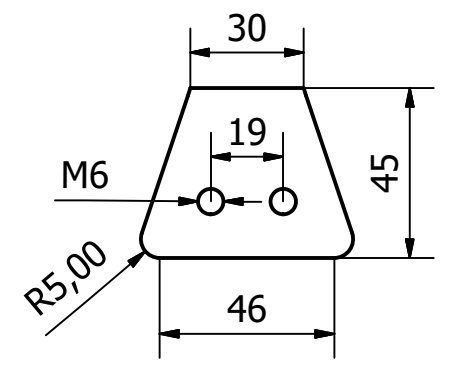
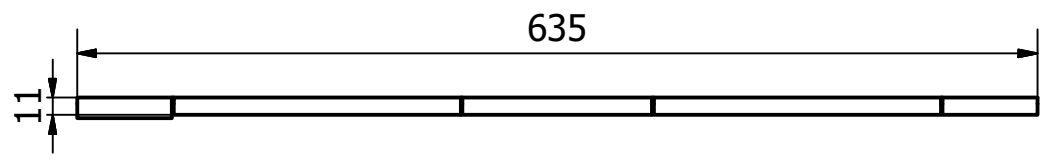
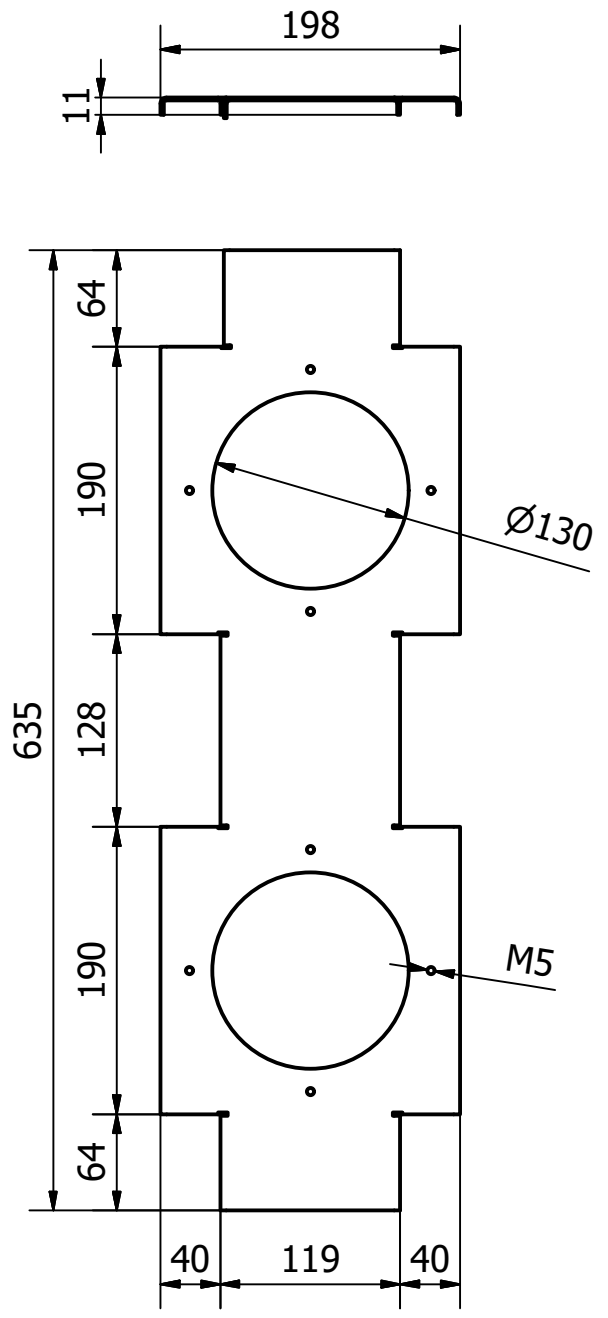


Eje conducido

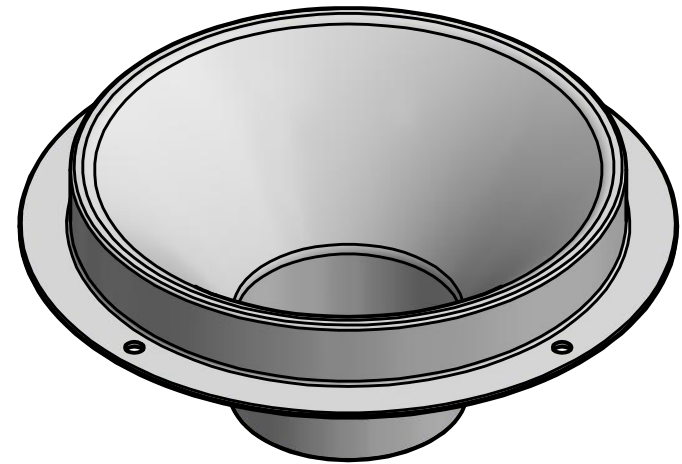
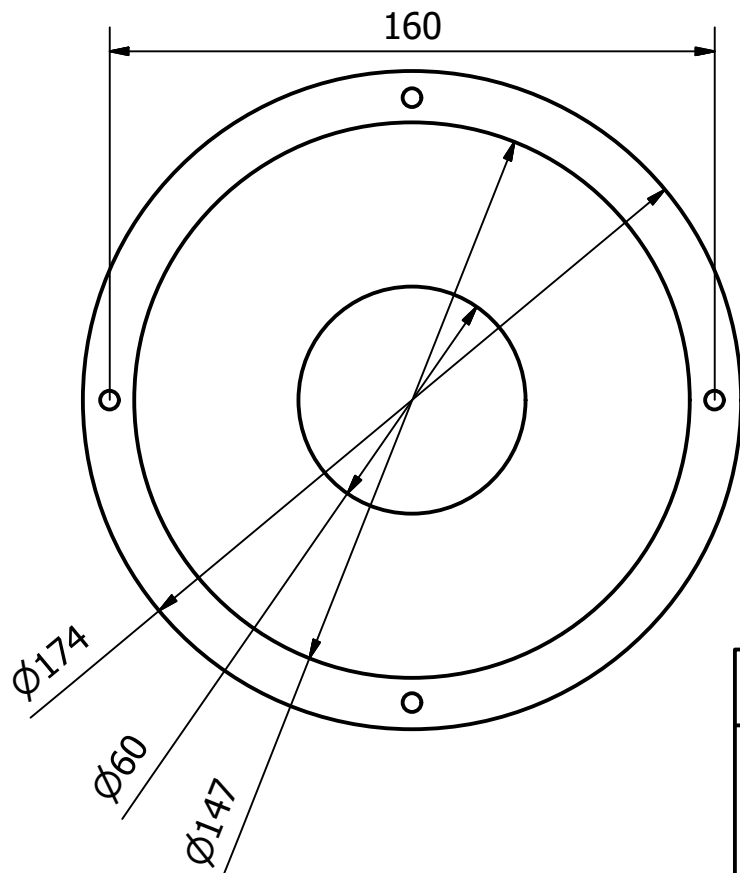
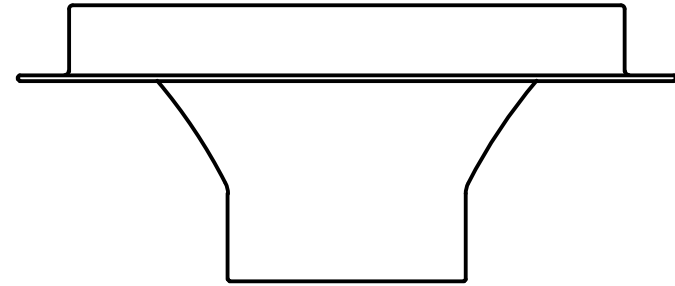
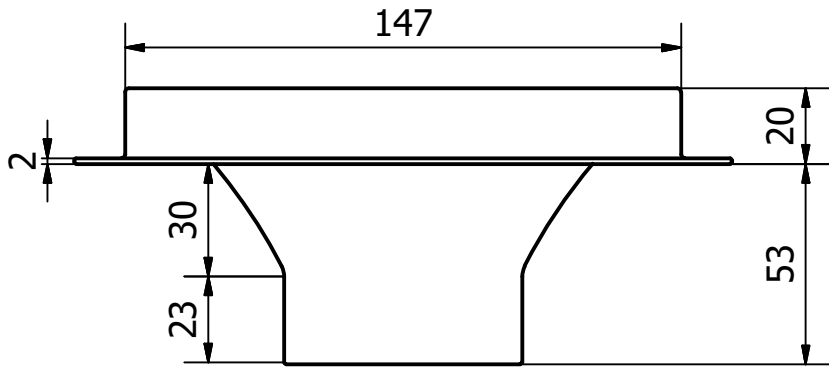



Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
Eje motriz y conducido		Edición	Hoja 17 / 53

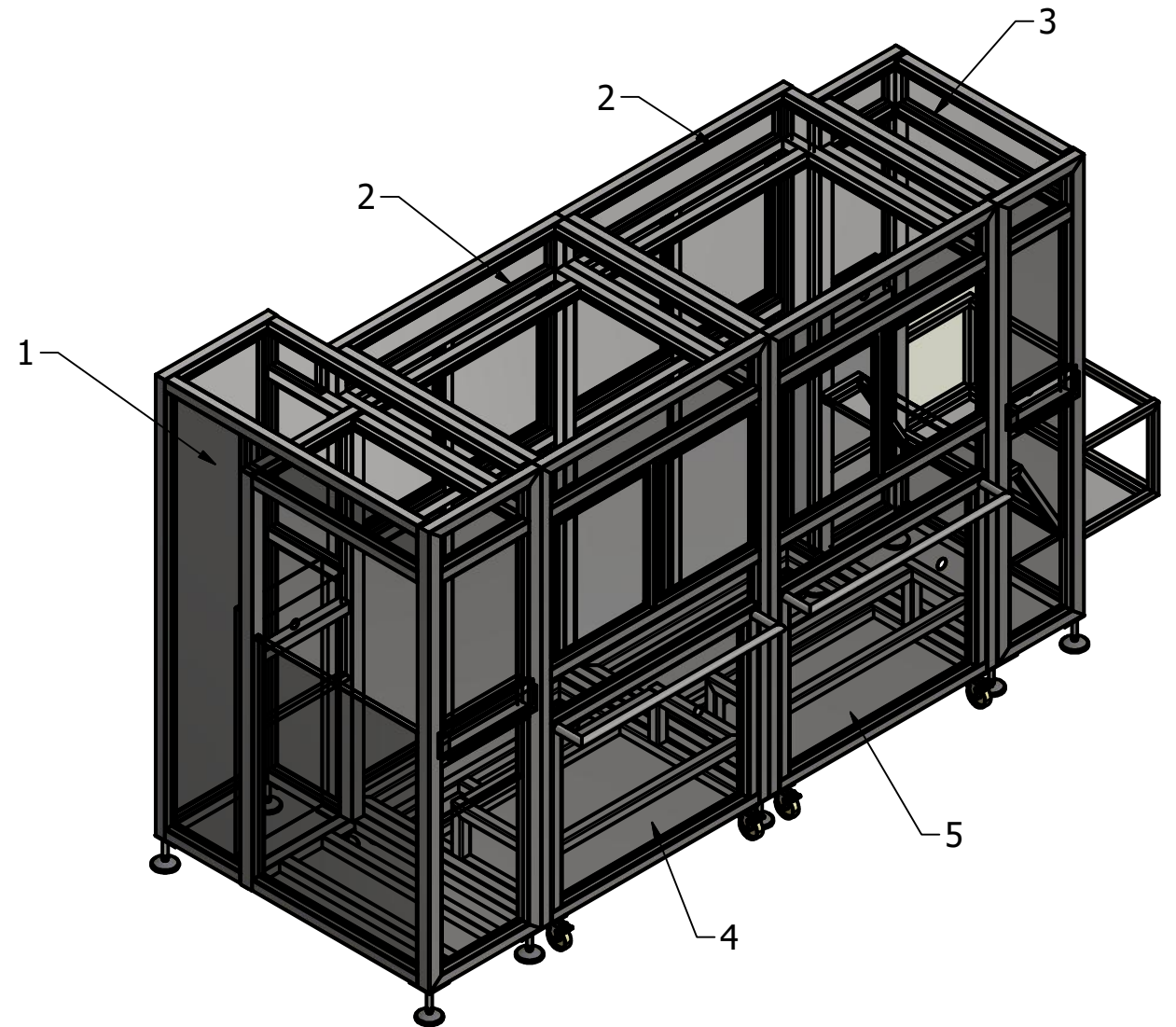
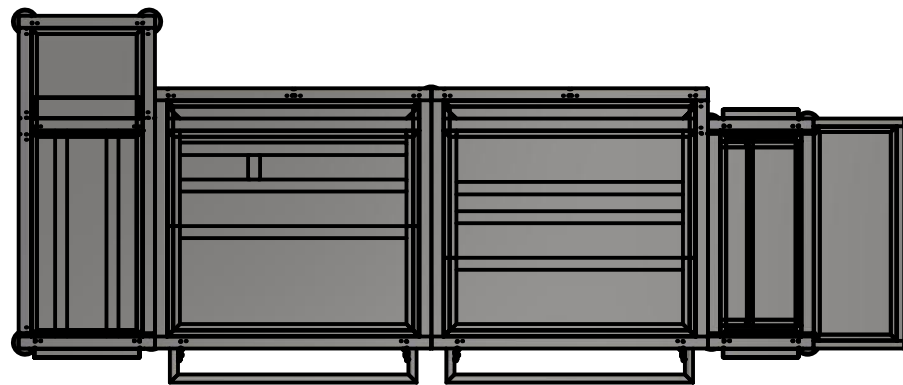
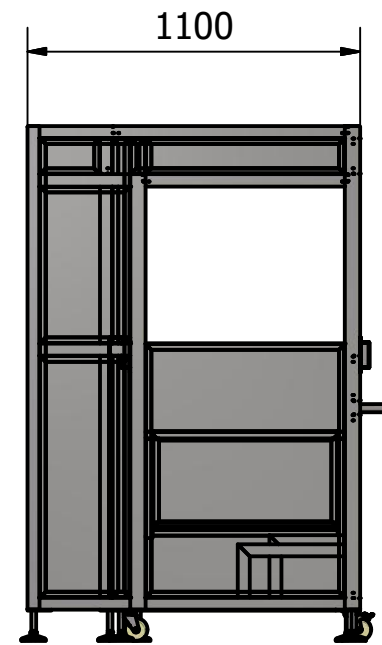
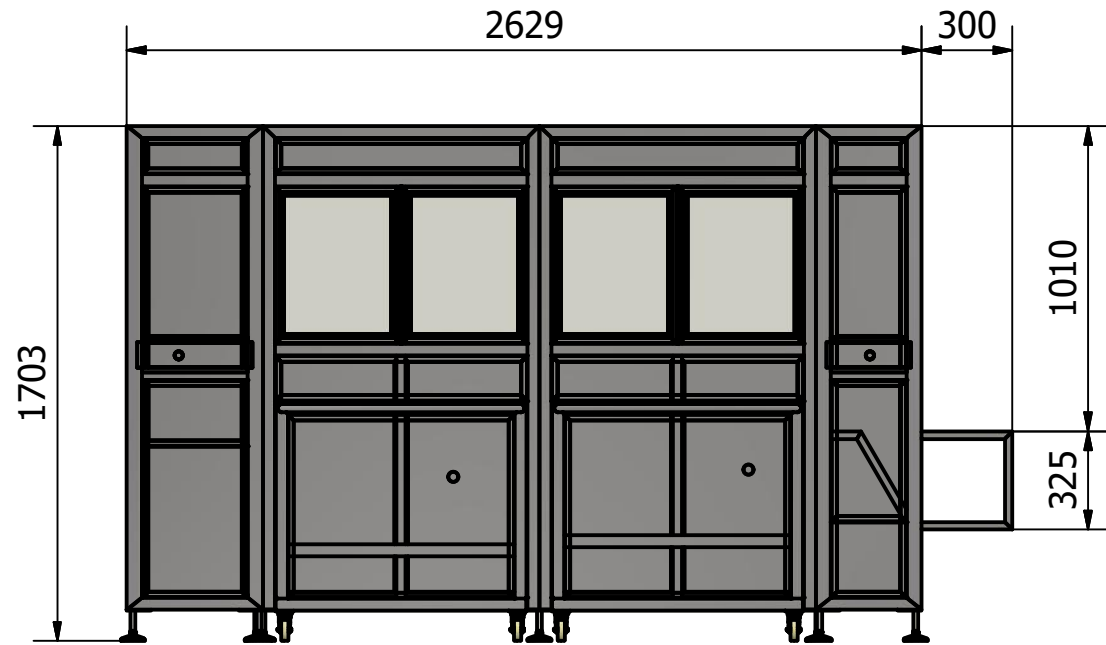




Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
		Anclaje de transporte	Edición Hoja 18 / 53



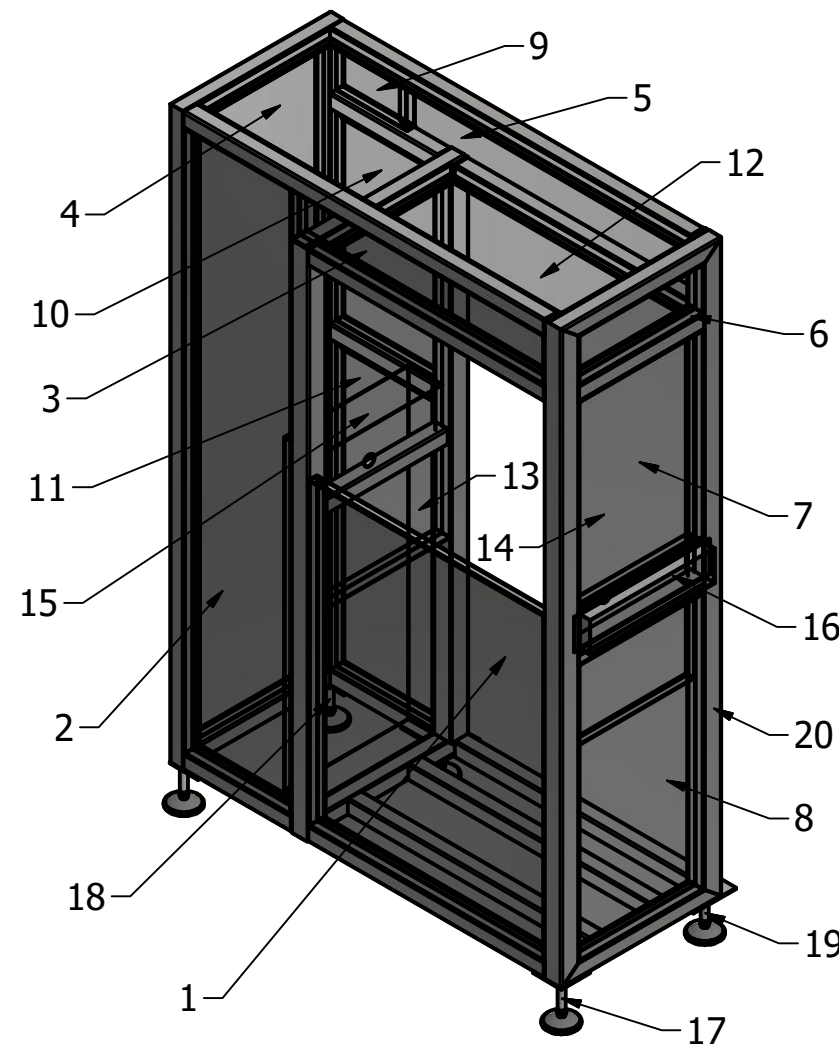
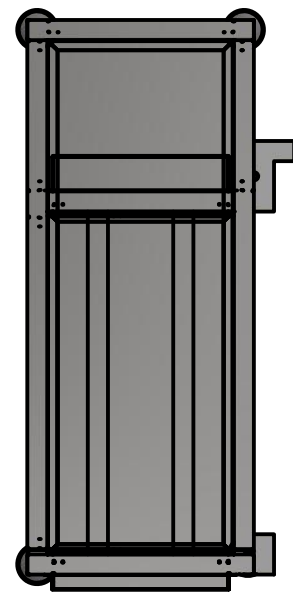
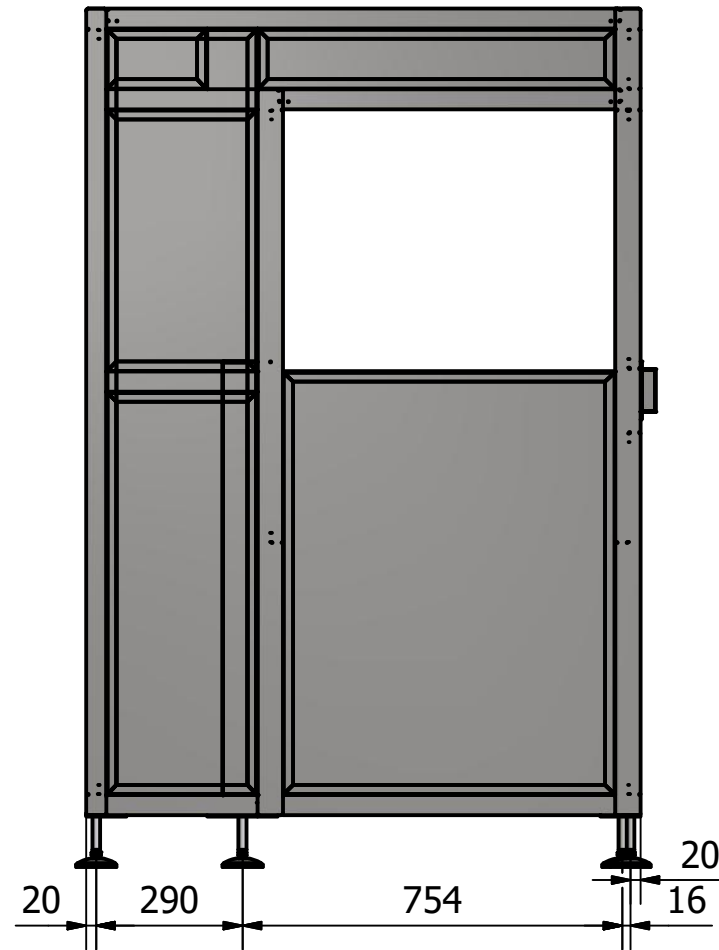
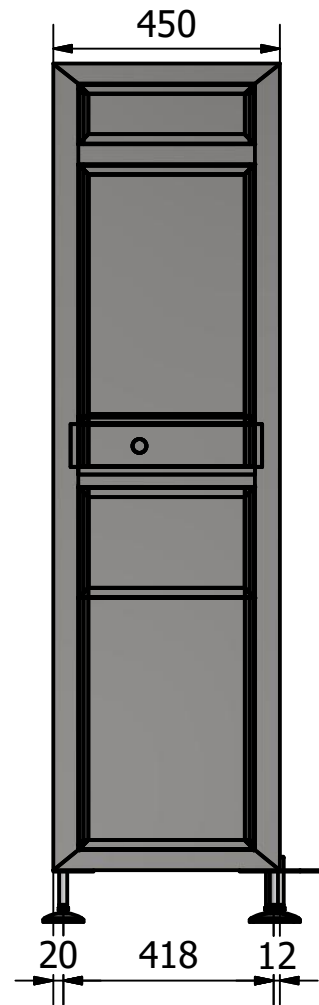
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Sujetador bidones		Hoja 19 / 53



Detalle estructura		
Num	Descripcion	Planos
1	Estructura A	21-27
2	Estructura B (2)	28-33
3	Estructura C	34-39
4	Carrito A	40-42
5	Carrito B	40-41,43

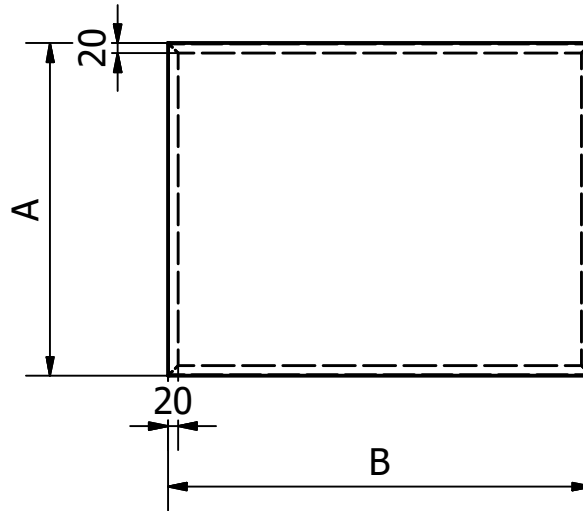
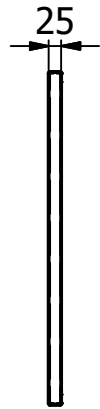
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	Edición
		Sistema Estructural	Hoja 20 / 53



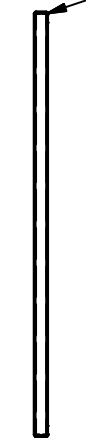


Detalles Estructura A		
Num	Descripcion	Planos
1	Plancha A1	22
2	Plancha A2	22
3	Plancha A3	22
4	Plancha A4	22
5	Plancha A5	22
6	Plancha A6	22
7	Plancha A7	22
8	Plancha A8	22
9	Plancha A9	22
10	Plancha A10	22
11	Plancha A11	22
12	Plancha A12	22
13	Plancha A13	23
14	Plancha A14	23
15	Plancha A15	24
16	Plancha A16	24
17	Pata Esquinera, 100mm altura	25
18	Pata Media A, 100mm altura	25
19	Pata Media B, 100mm altura	25
20	Estructura A Perfilera	26-27

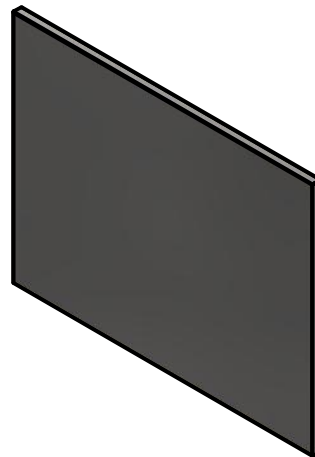
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones Estructura A	Edición Hoja 21 / 53



R2,50



1,6



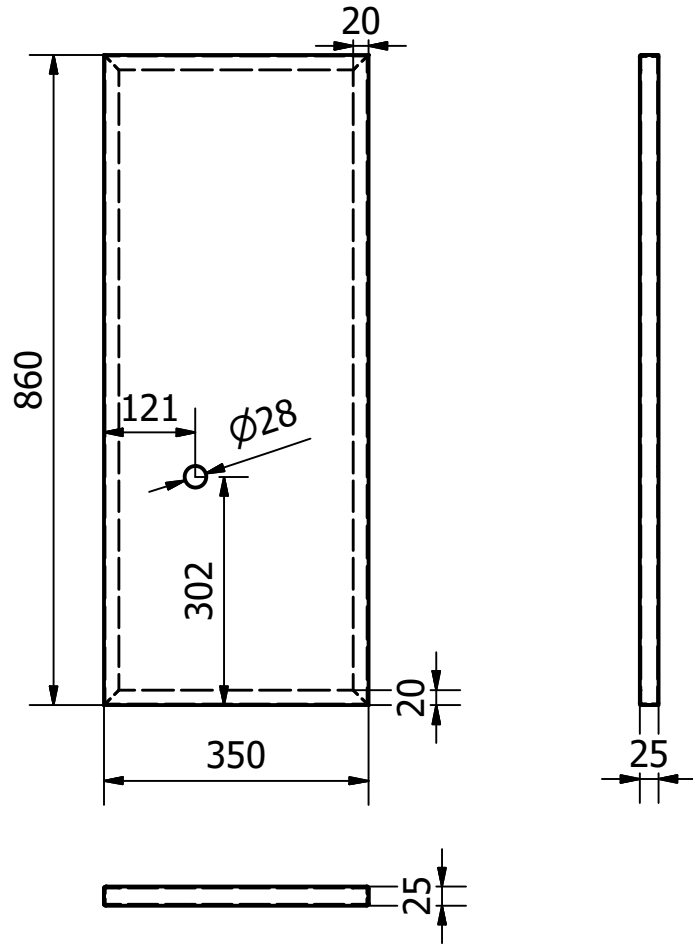
Dimensiones plancha

Plancha	A	B
A1	600	840
A2	300	1520
A3	710	120
A4	370	1520
A5	1020	370
A6	350	120
A7	350	515
A8	350	720
A9	200	120
A10	300	520
A11	300	800
A12	370	680

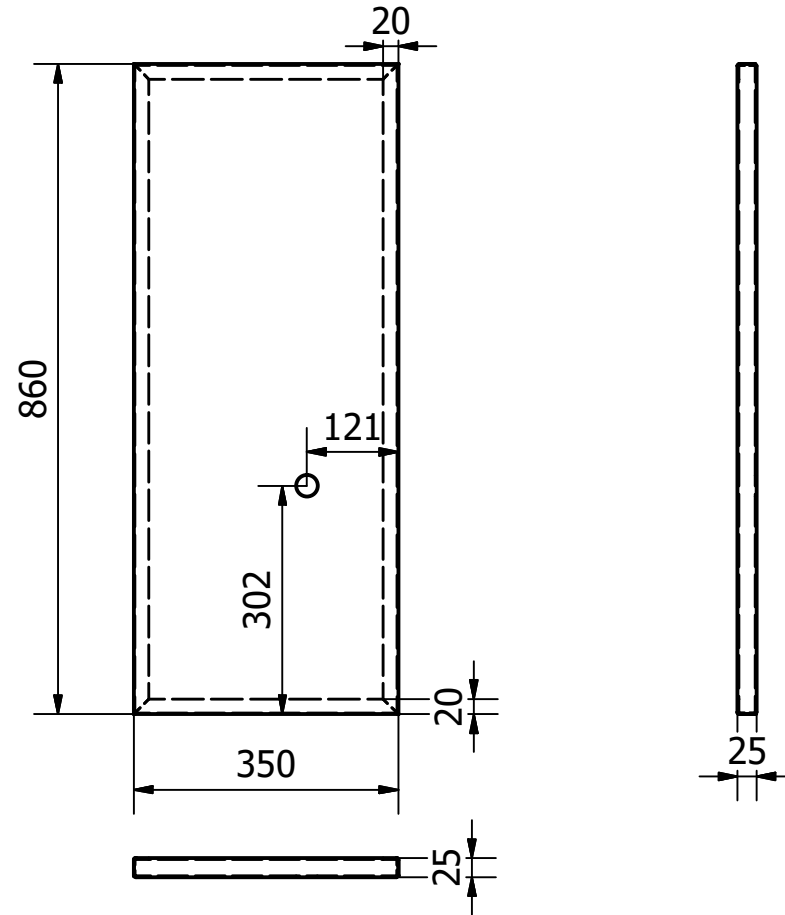
Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		<p>Planos constructivos lavadora de bidones</p>	
<p>ESPOL "Impulsando la sociedad del conocimiento"</p>		<p>Plancha General</p>	<p>Edición Hoja 22 / 53</p>


Plancha A13



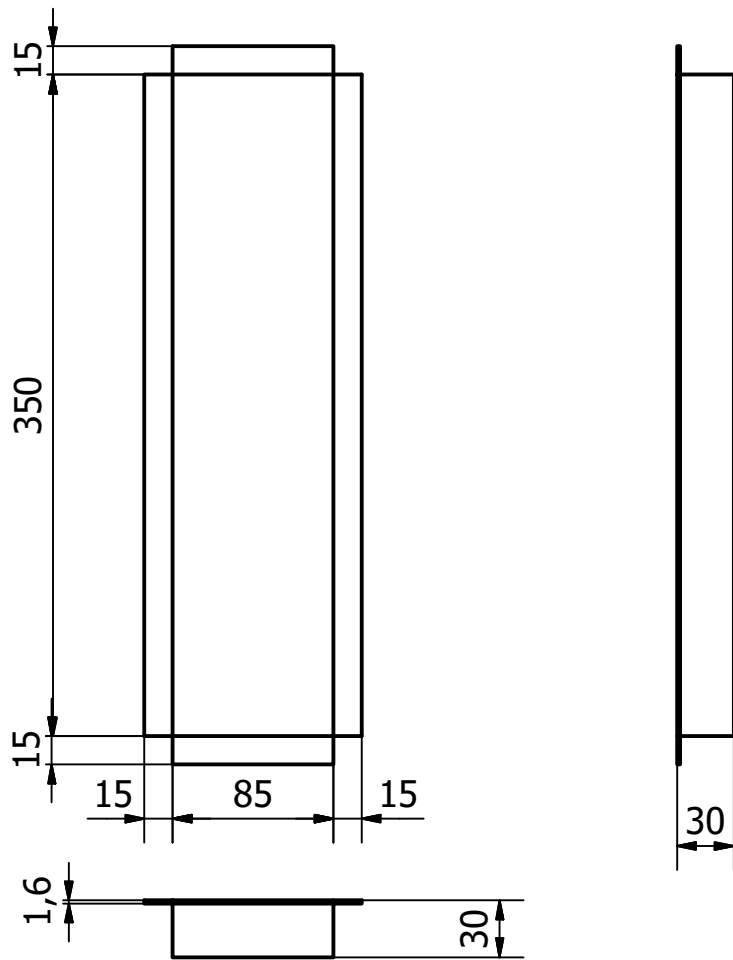
Plancha A14



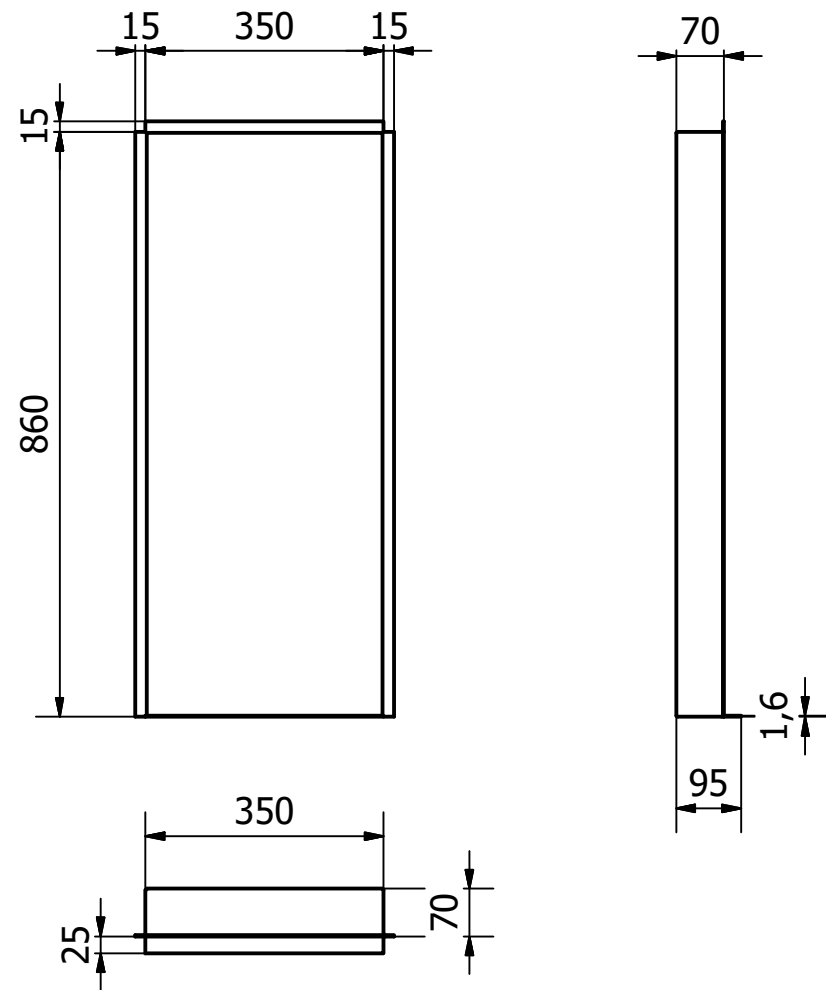
Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
		Edición	Hoja 23 / 53

Plancha A15



Plancha A16

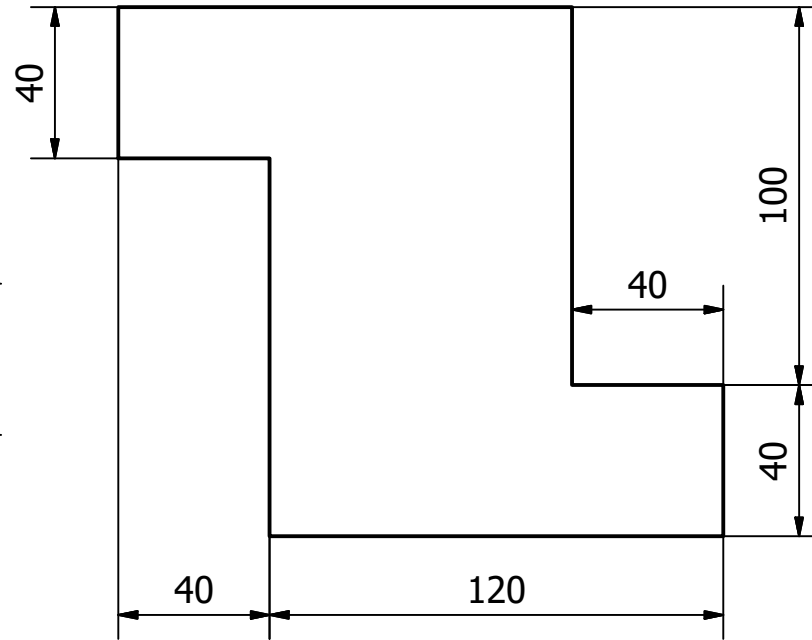
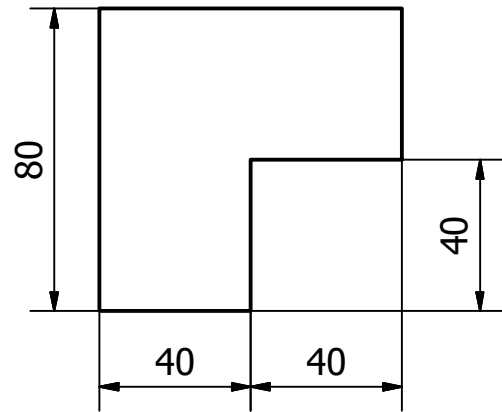


Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

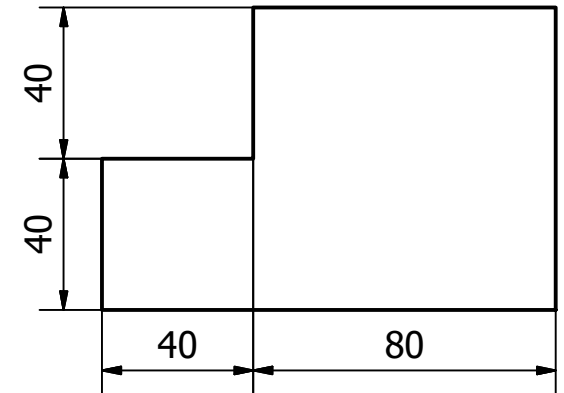
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
<p><b>ESPOL</b> "Impulsando la sociedad del conocimiento"</p>	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Guardas		Hoja 24 / 53

Pata media A

Pata esquinera



Pata media B



Plancha acero inoxidable 304, e=3.2mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------



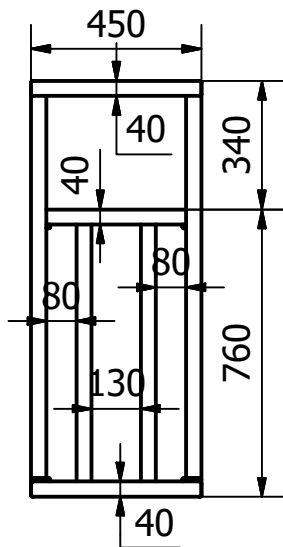
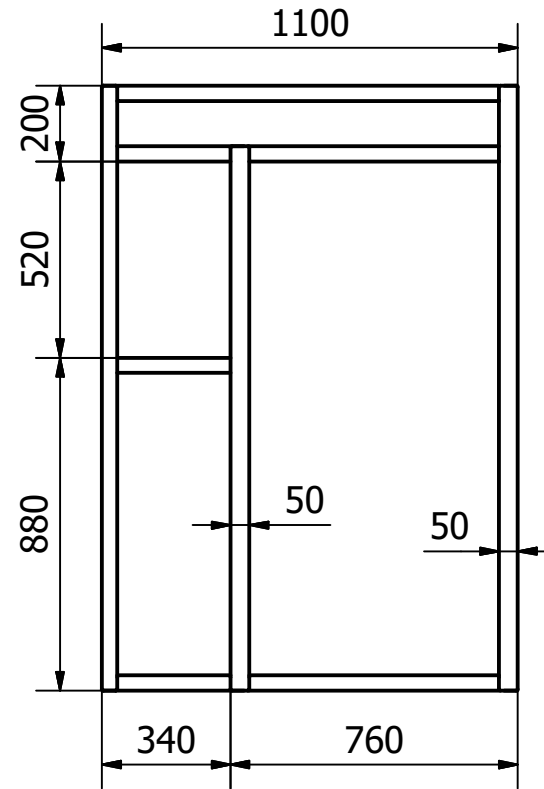
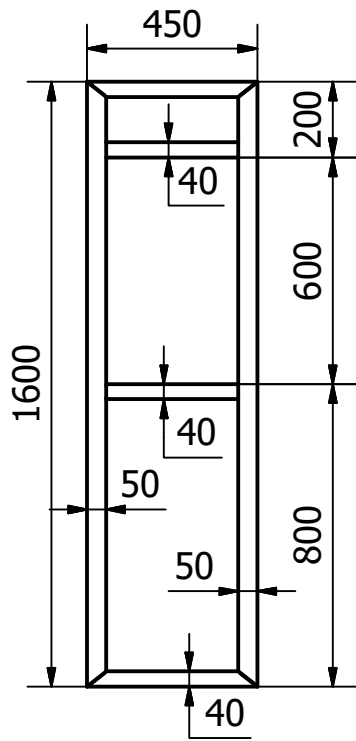
**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"

Planos constructivos lavadora de bidones

Adaptadores Patas

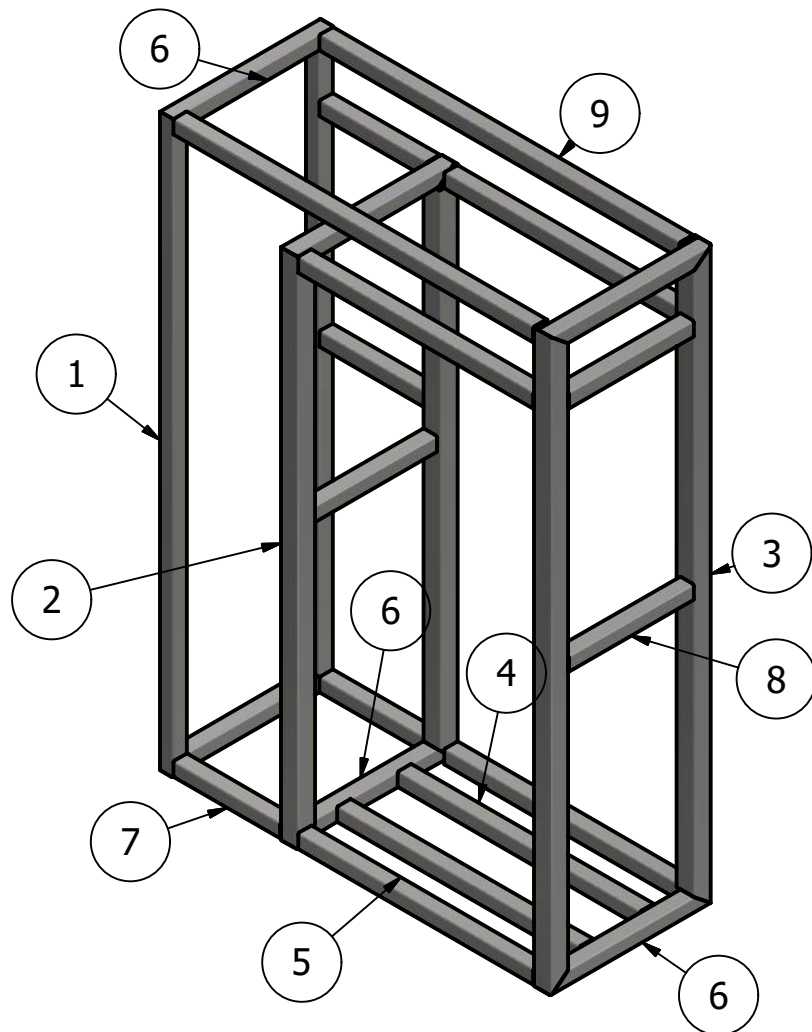
Edición

Hoja  
25 / 53



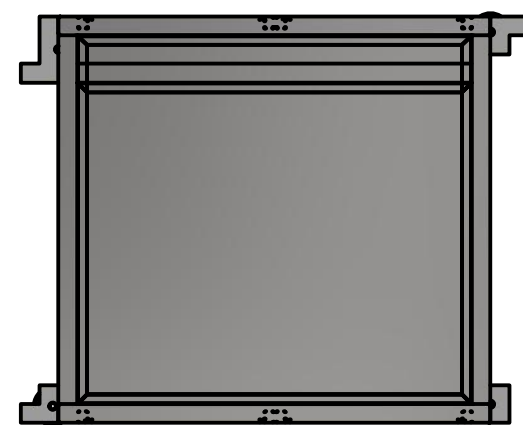
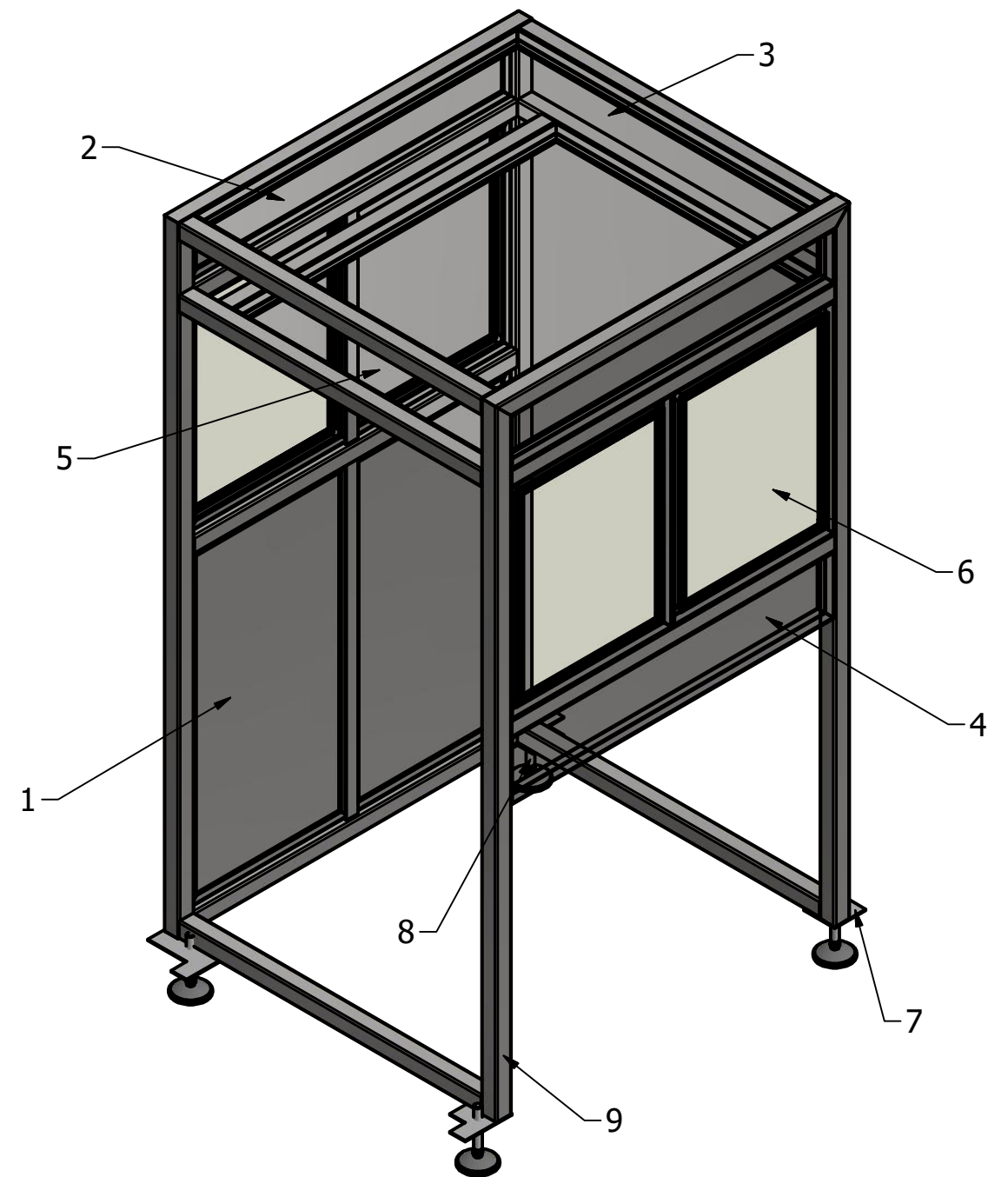
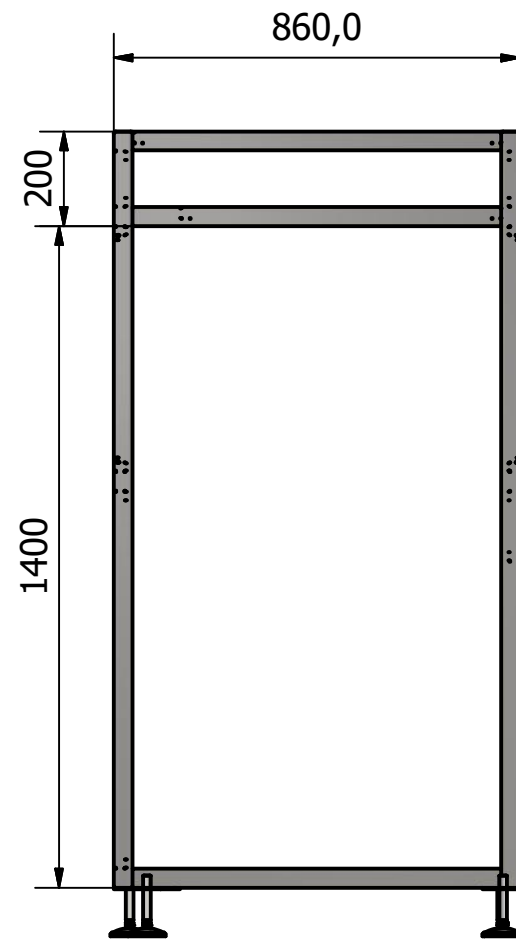
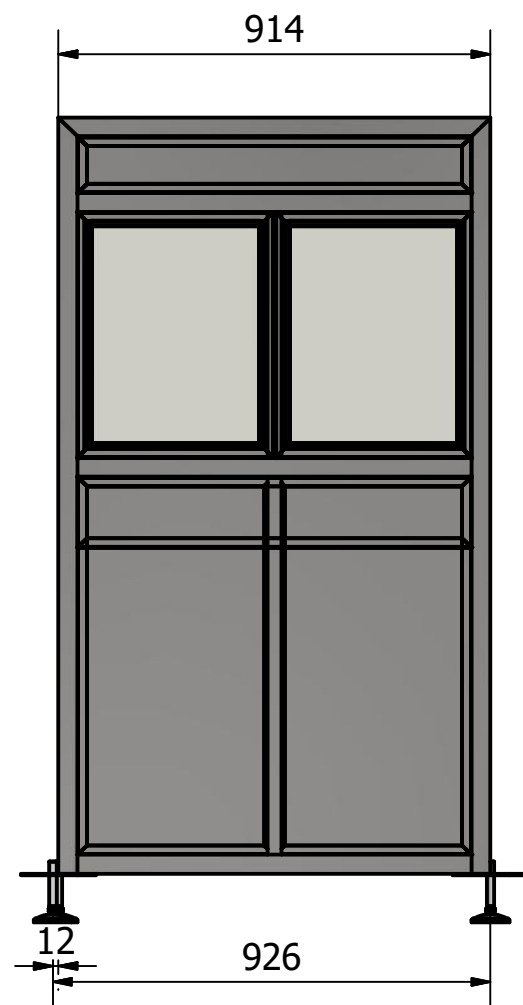
Soldadura TIG pulida

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
Estructura A perfleria		Edición	Hoja 26 / 53



LISTA DE PERFILES			
Num	CTDAD	ELEMENTO	DESCRIP
1	3200,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 1600	AISI 304
2	2880,000 mm	Cuadrado - 50x50x2 - 1440	AISI 304
3	3200,000 mm	Cuadrado - 50x50x2 - 1600	AISI 304
4	1360,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 680	AISI 304
5	2640,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 660	AISI 304
6	2700,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 450	AISI 304
7	1200,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 300	AISI 304
8	1050,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 350	AISI 304
9	2020,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 1010	AISI 304

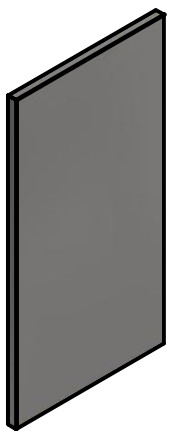
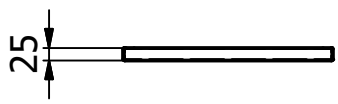
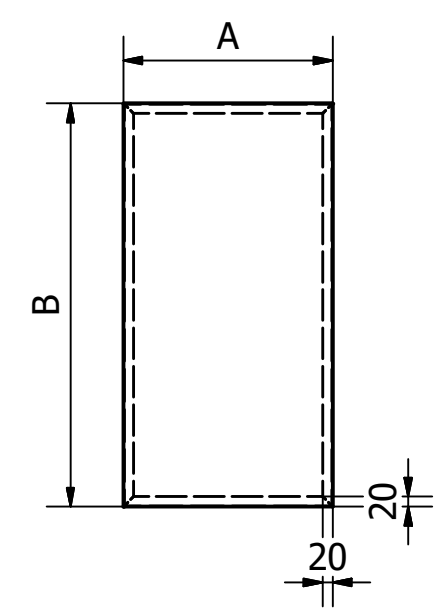
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	<b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos lavadora de bidones	
		Estructura A perfilera	Edición Hoja 27 / 53



Detalle Estructura B		
Num	Elemento	Planos
1	Plancha B1 (2)	29
2	Plancha B2 (2)	29
3	Plancha B3	29
4	Plancha B4	29
5	Plancha B5	29
6	Plancha B6	29
7	Plancha B7	30
8	Pata media C	31
9	Pata media D	31
10	Estructura B perfilera	32-33

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	Edición Hoja
		Estructura B	28 / 53

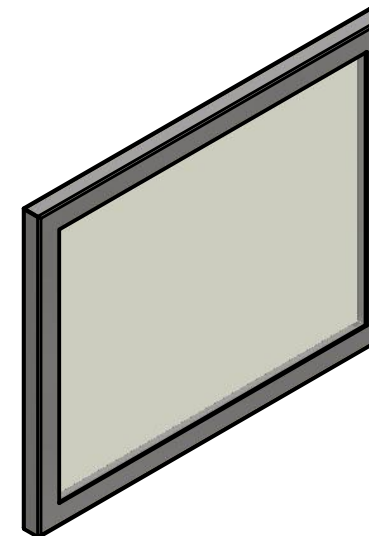
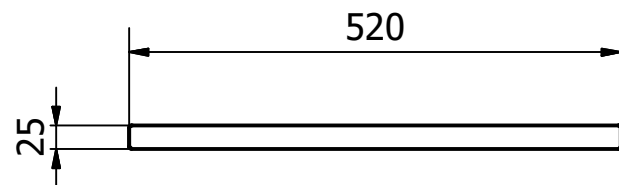
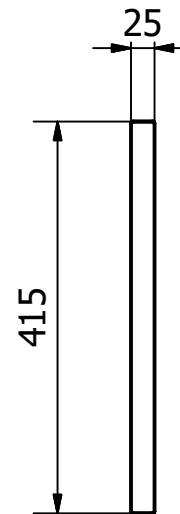
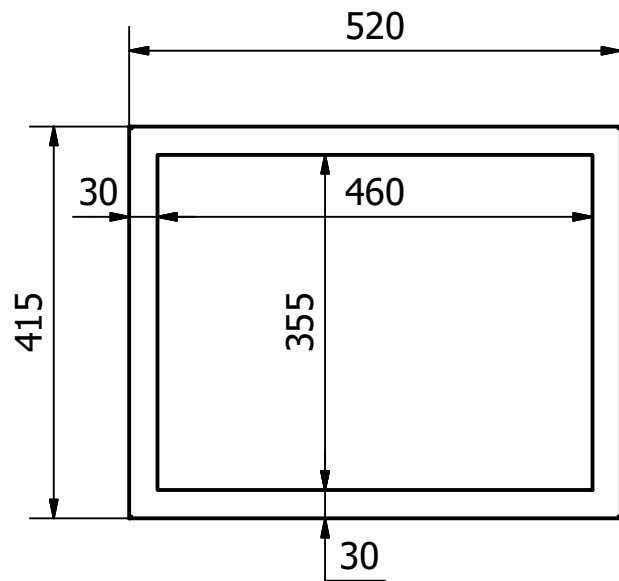




Dimensiones plancha		
Plancha	A	B
B1	415	800
B2	834.4	120
B3	834.4	780
B4	834.4	120
B5	834.4	680

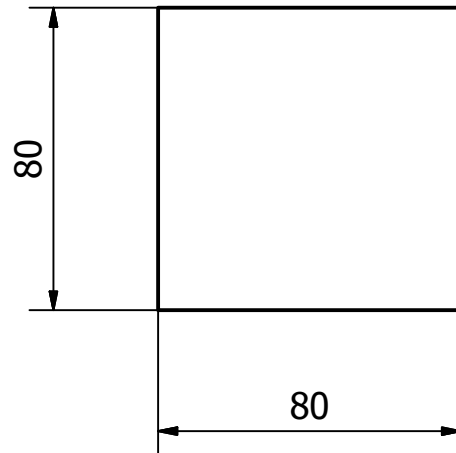
Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Plancha patron		Hoja 29 / 53

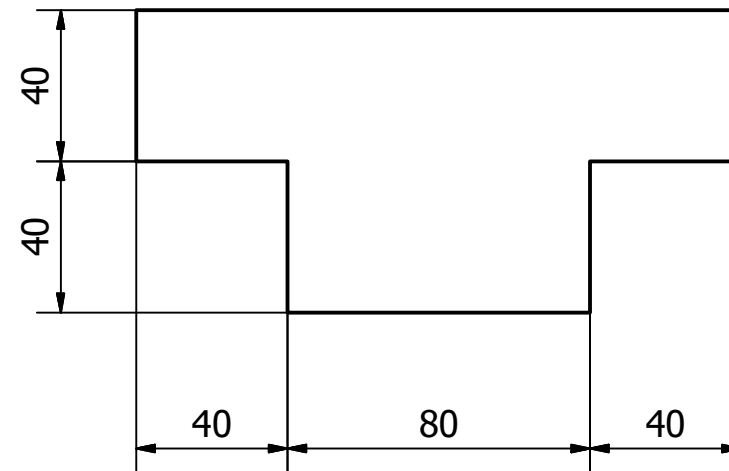


Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Vidriera		Hoja 30 / 53

Pata media C

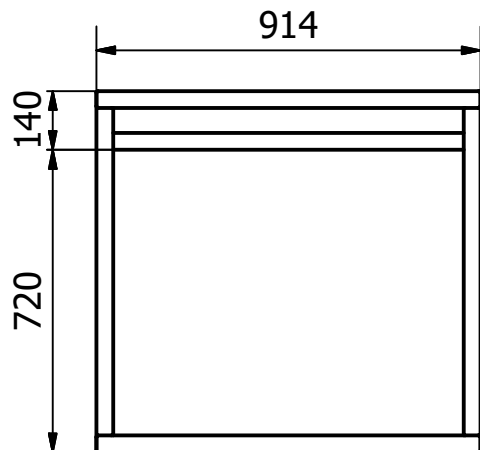
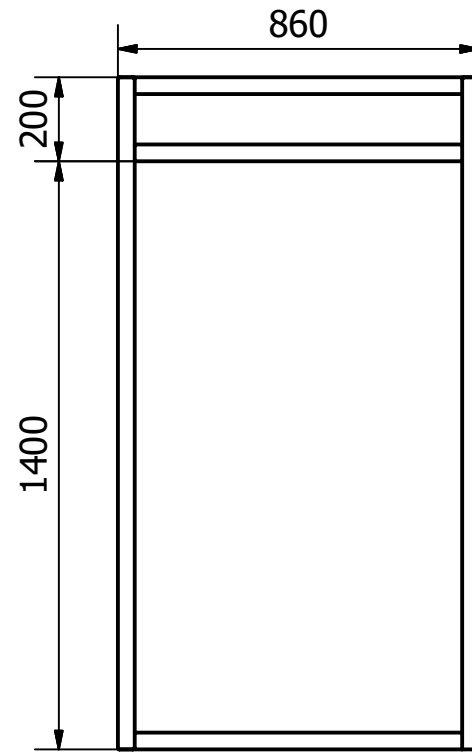
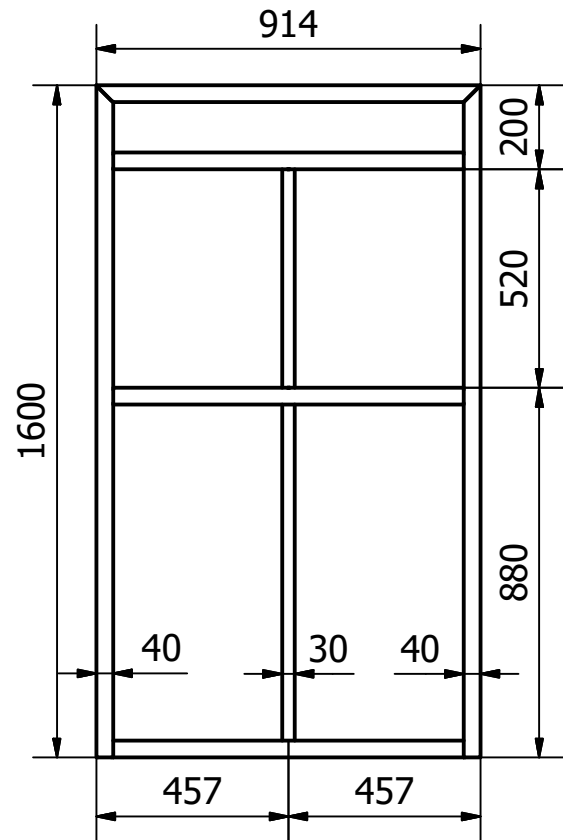


Pata media D




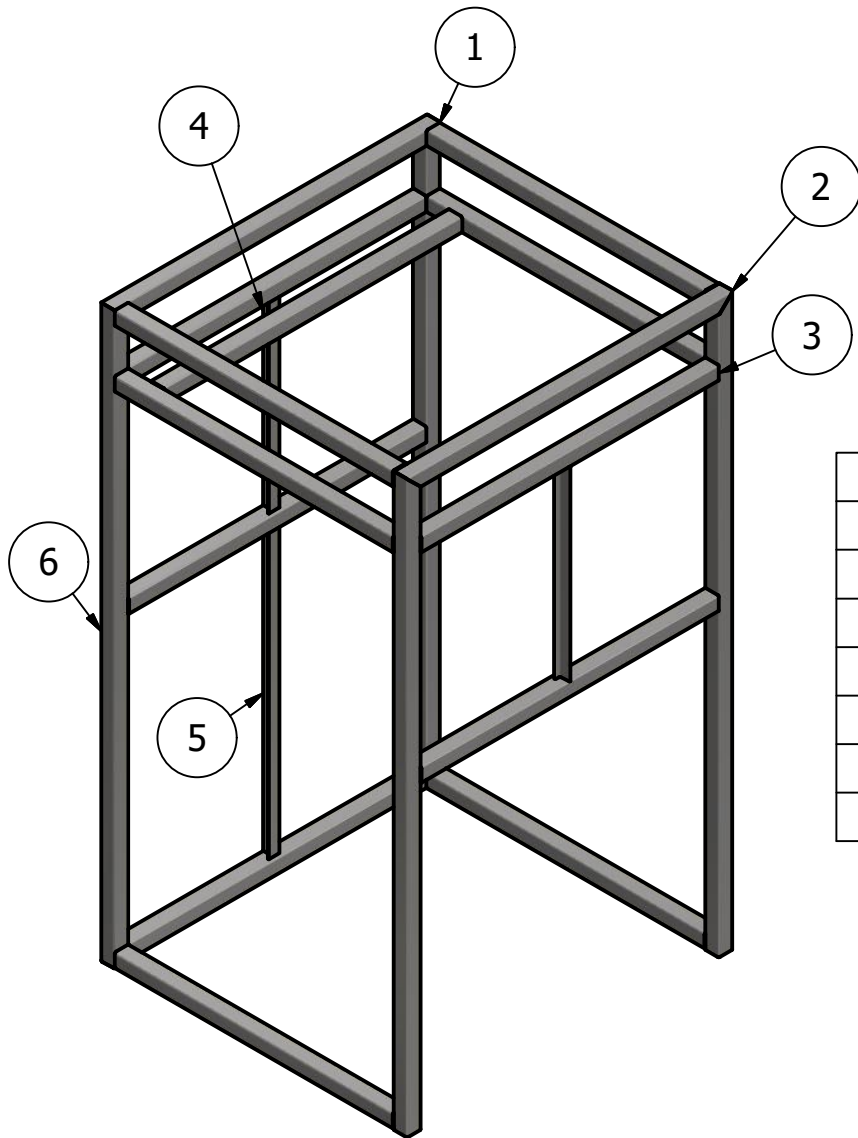
Plancha acero inoxidable 304, e=3.2mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	<b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos lavadora de bidones	
		Adaptadores patas	Edición Hoja 31 / 53



Soldadura TIG pulida

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Estructura B perfleria	Hoja 32 / 53	



LISTA DE PERFILES			
Num	CTDAD	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	4680,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 780	Perfil hueco, AISI 304
2	2743,200 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 914,4	Perfil hueco, AISI 304
3	4172,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 834,4	Perfil hueco, AISI 304
4	1040,000 mm	T 30x30 - 520	Perfil T, AISI 304
5	800,000 mm	T 30x30 - 800	Perfil T, AISI 304
6	6400,000 mm	Cuadrado 40x40x2 - 1600	Perfil hueco, AISI 304

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------

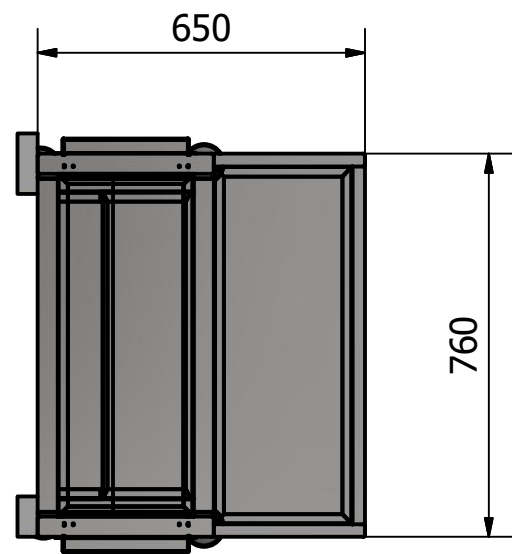
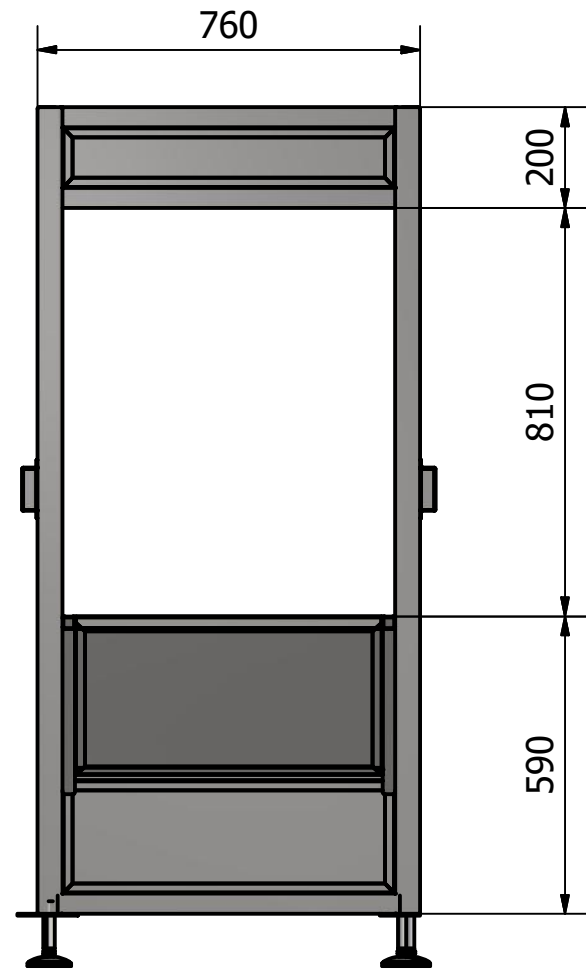
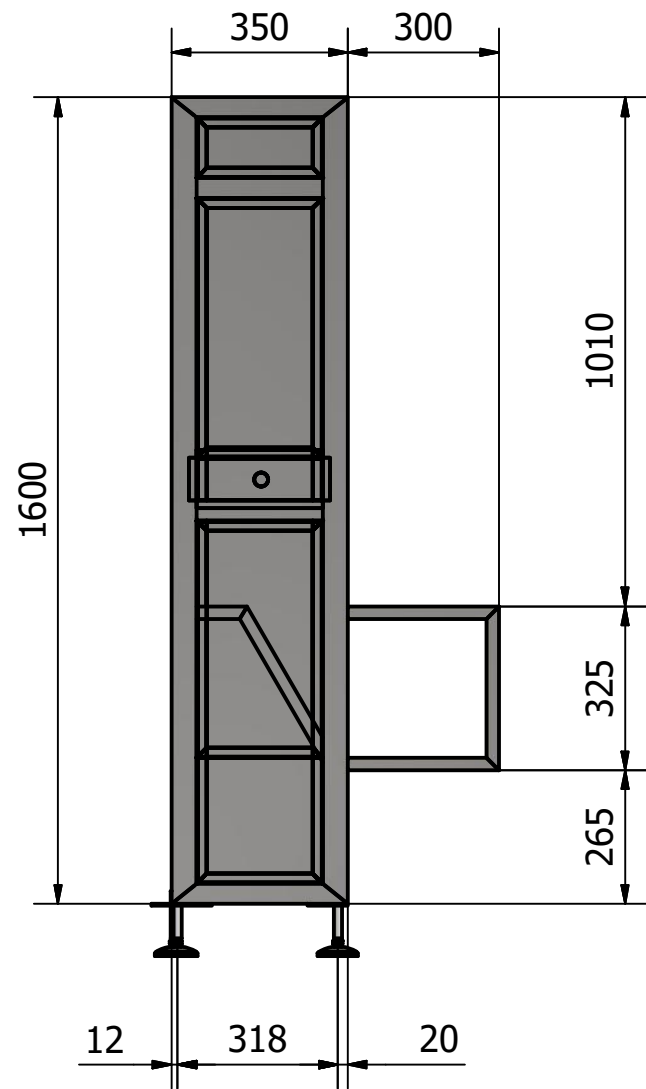


**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"

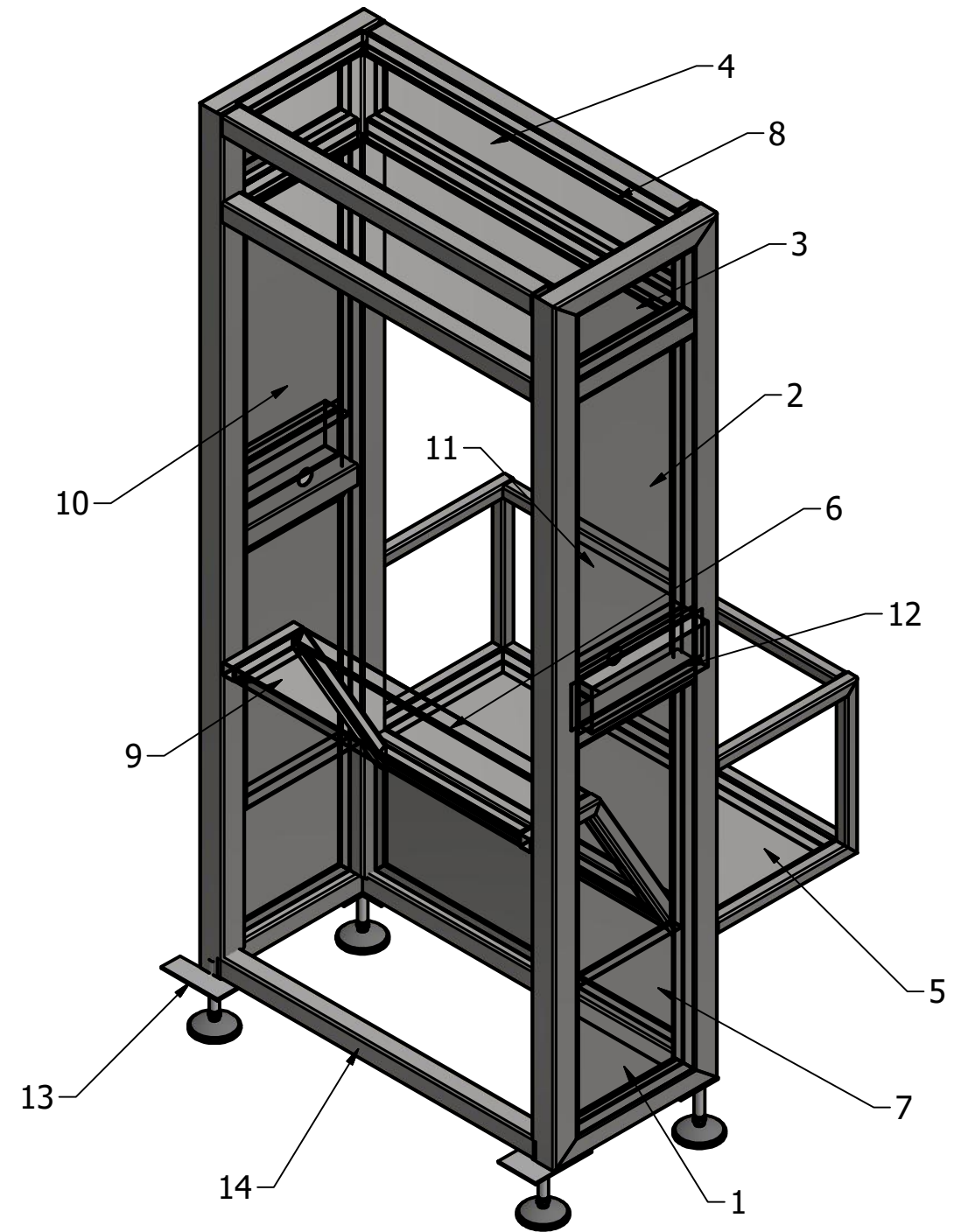
Planos constructivos lavadora de bidones

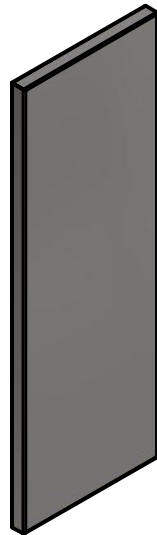
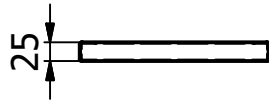
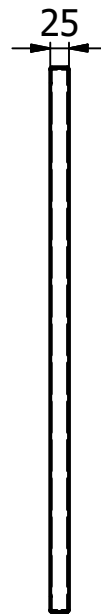
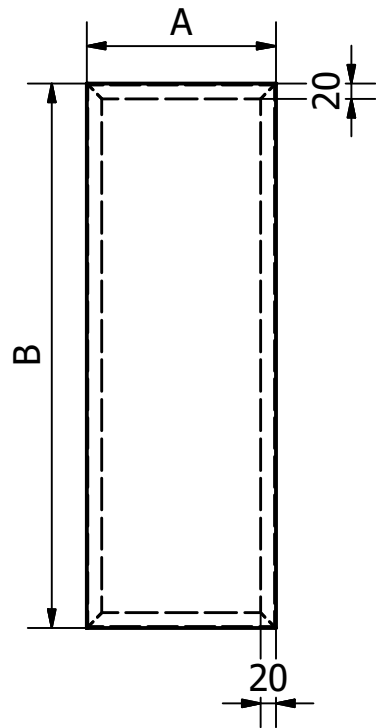
Estructura B perfilera

Edición  
Hoja  
33 / 53



Detalle Estructura B		
Num	Elemento	Planos
1	Plancha C1 (2)	35
2	Plancha C2 (2)	35
3	Plancha C3 (2)	35
4	Plancha C4 (2)	35
5	Plancha C5	35
6	Plancha C6	35
7	Plancha C7	35
8	Plancha C8	35
9	Plancha C9	36
10	Plancha C10	37
11	Plancha C11	37
12	Plancha C12	37
13	Pata media E	36
14	Estructura C perfilera	38-39



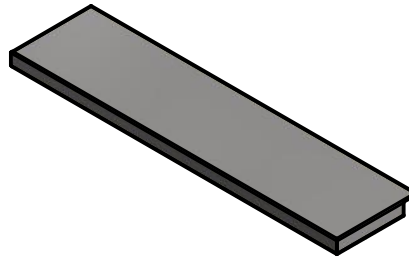
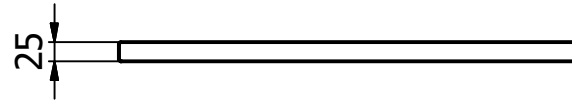
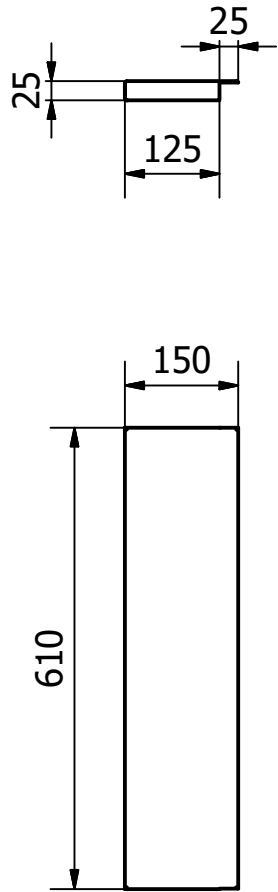


Dimensiones plancha		
Plancha	A	B
C1	250	720
C2	250	515
C3	250	120
C4	270	680
C5	710	275
C6	610	350
C7	660	225
C8	660	120

Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

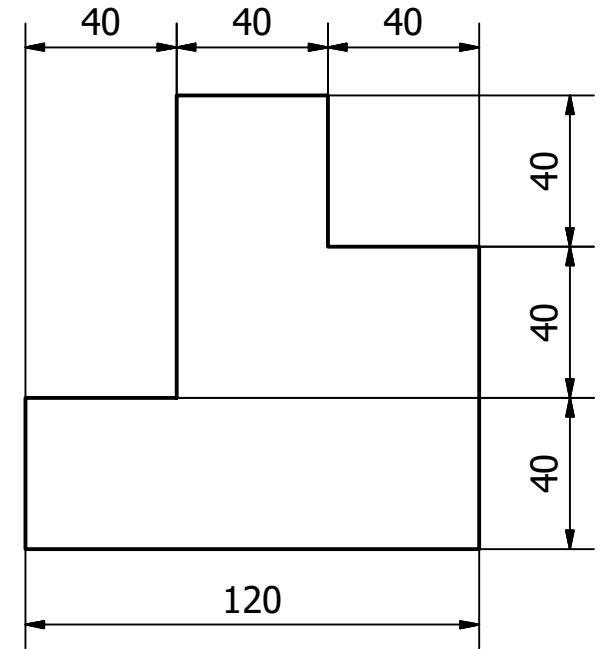
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Plancha patron		Hoja 35 / 53

Plancha C9



Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Adaptador pata media E

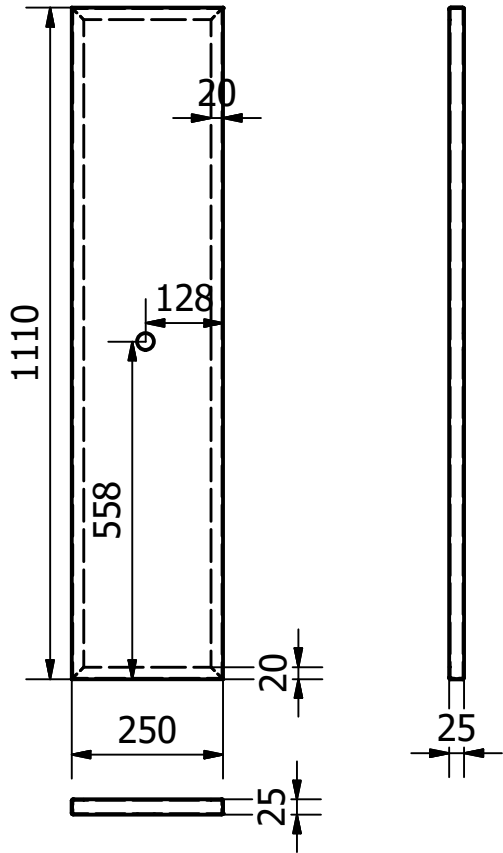


Plancha acero inoxidable 304, e=3.2mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

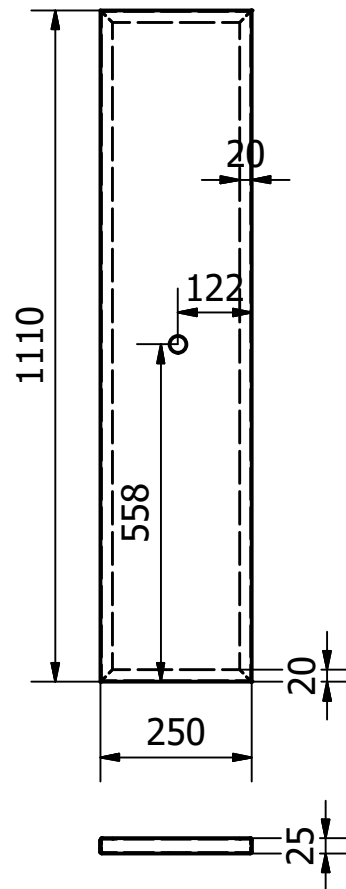
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
		Plancha C8 y Adaptador	Edición Hoja 36 / 53



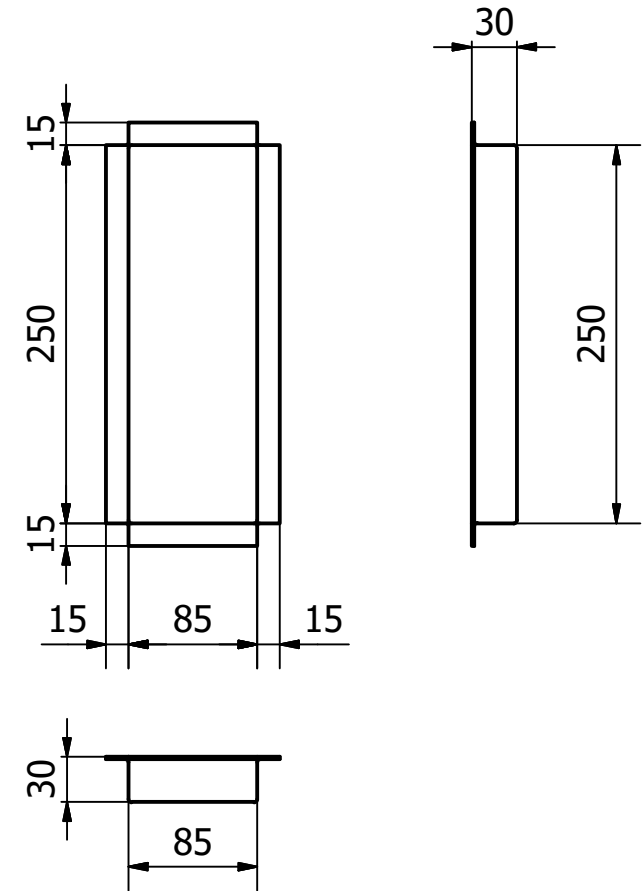
Plancha C10



Plancha C11

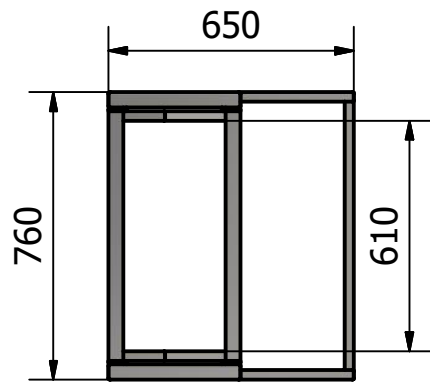
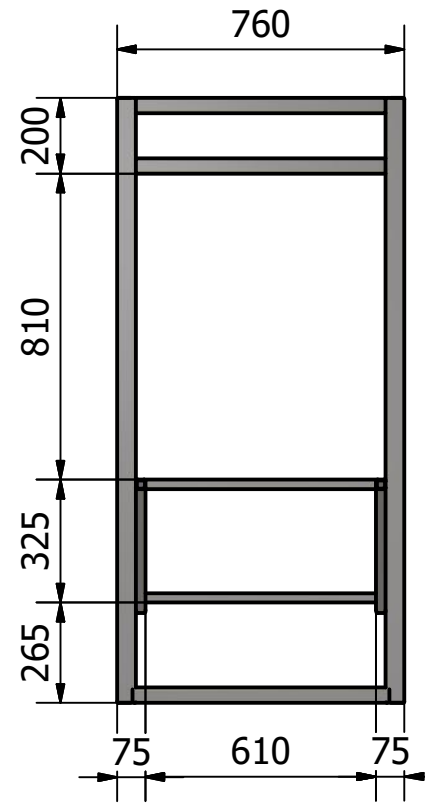
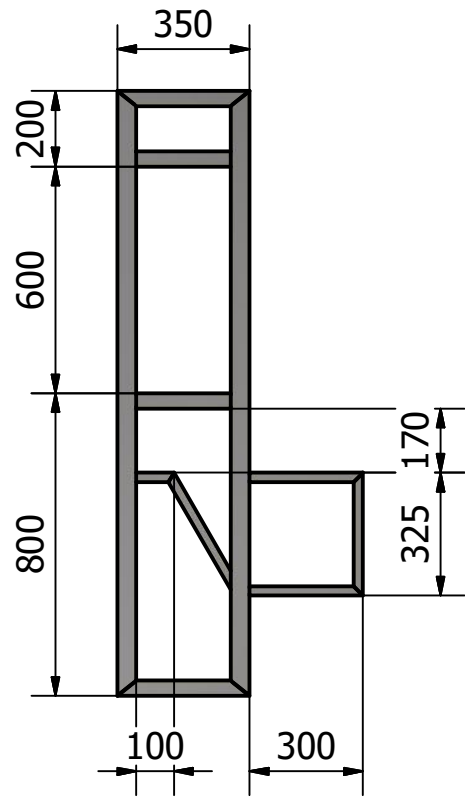



Plancha C12

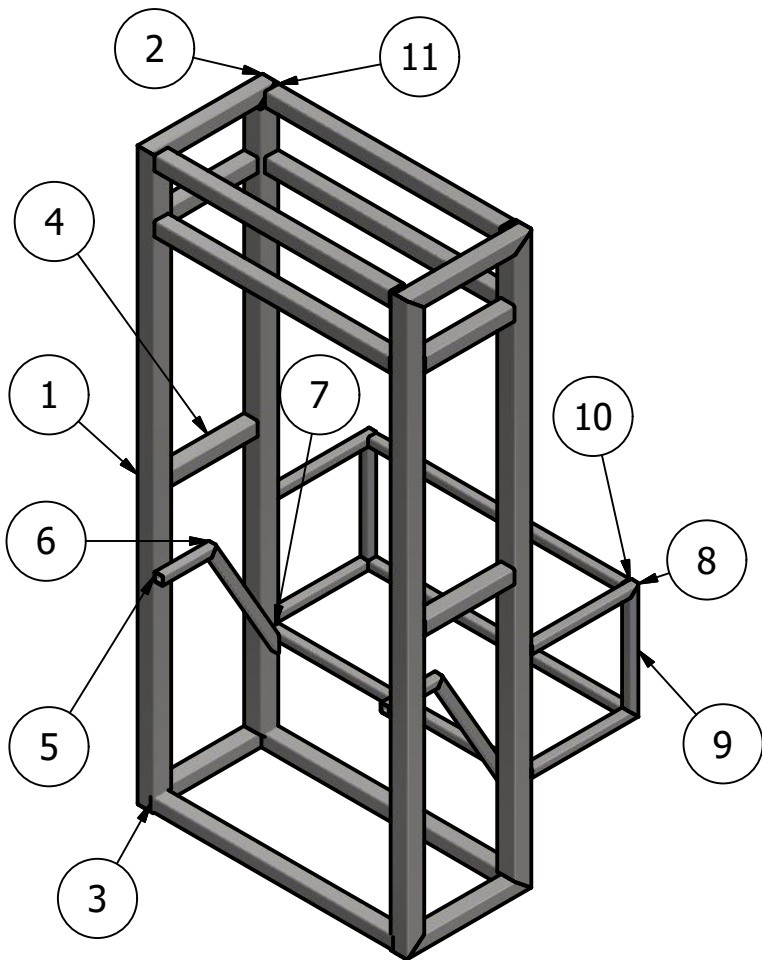


Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento


Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones	
		Planchas Varias	Edición Hoja 37 / 53

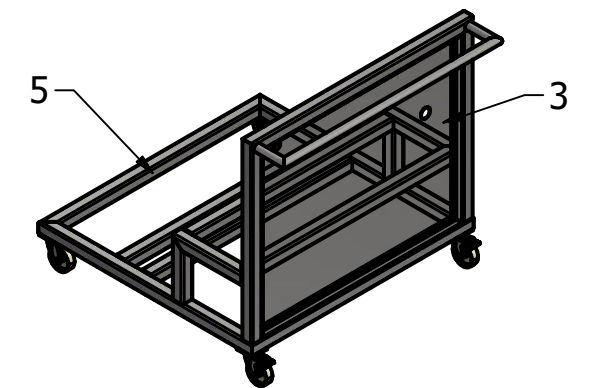
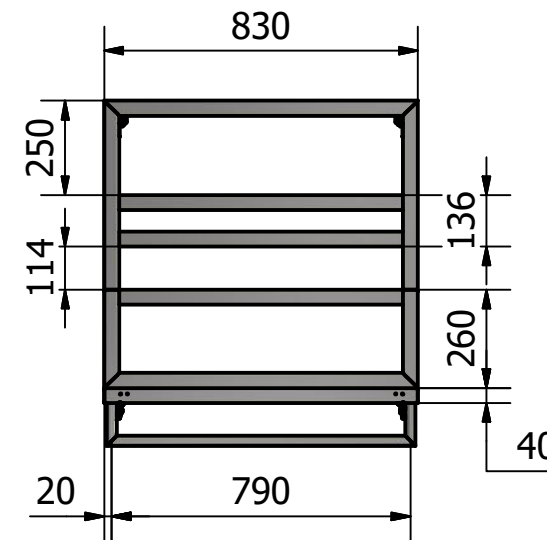
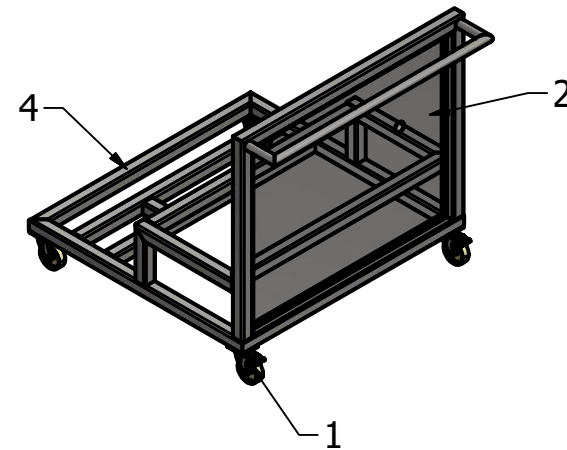
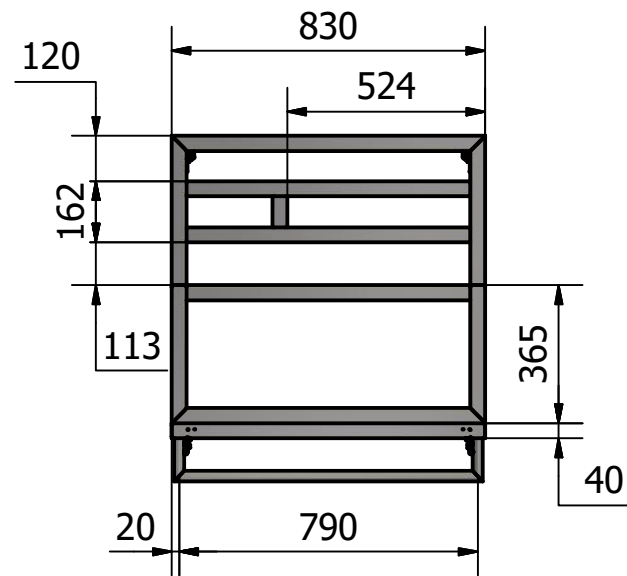
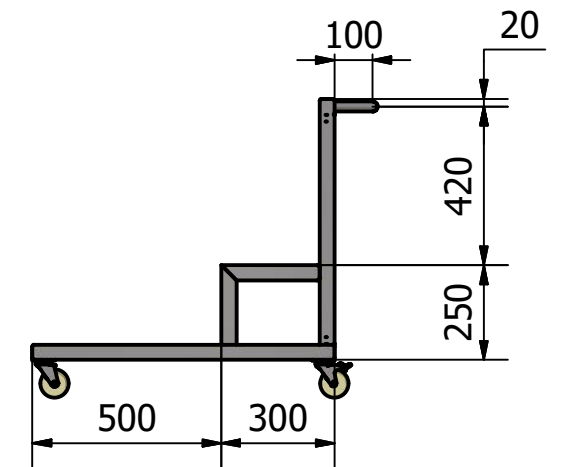
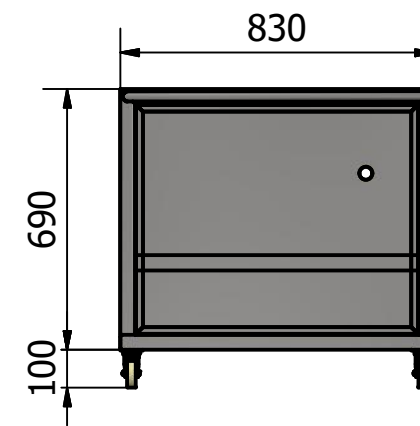
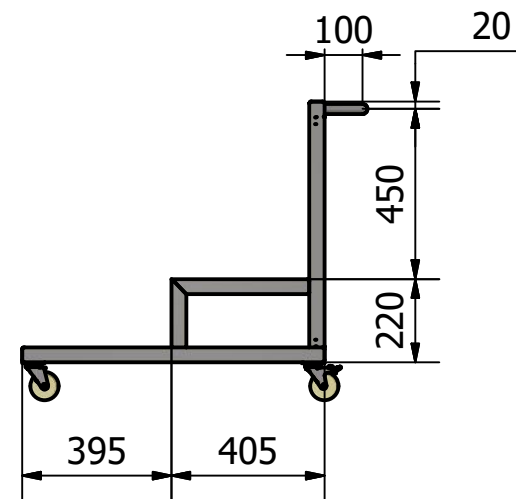
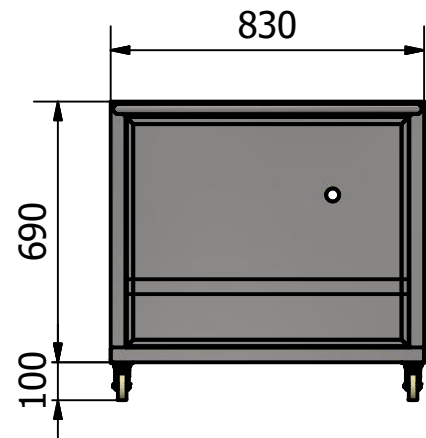


Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Estructura 3 perfilera	Hoja 38 / 53	



LISTA DE PIEZAS			
NUM	CTDAD	PERFIL	DESCRIPCIÓN
1	6400,000 mm	Cuadrado - 50x50x2 - 1600	Tubo cuadrado AISI 304
2	1400,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 350	Tubo cuadrado AISI 304
3	1360,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 680	Tubo cuadrado AISI 304
4	1000,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 250	Tubo cuadrado AISI 304
5	300,000 mm	Cuadrado - 25x25x2 - 150	Tubo cuadrado AISI 304
6	786,603 mm	Cuadrado - 25x25x2 - 393	Tubo cuadrado AISI 304
7	660,000 mm	Cuadrado - 25x25x2 - 660	Tubo cuadrado AISI 304
8	1200,000 mm	Cuadrado - 25x25x2 - 300	Tubo cuadrado AISI 304
9	650,000 mm	Cuadrado - 25x25x2 - 325	Tubo cuadrado AISI 304
10	1420,000 mm	Cuadrado - 25x25x2 - 710	Tubo cuadrado AISI 304
11	2640,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 660	Tubo cuadrado AISI 304

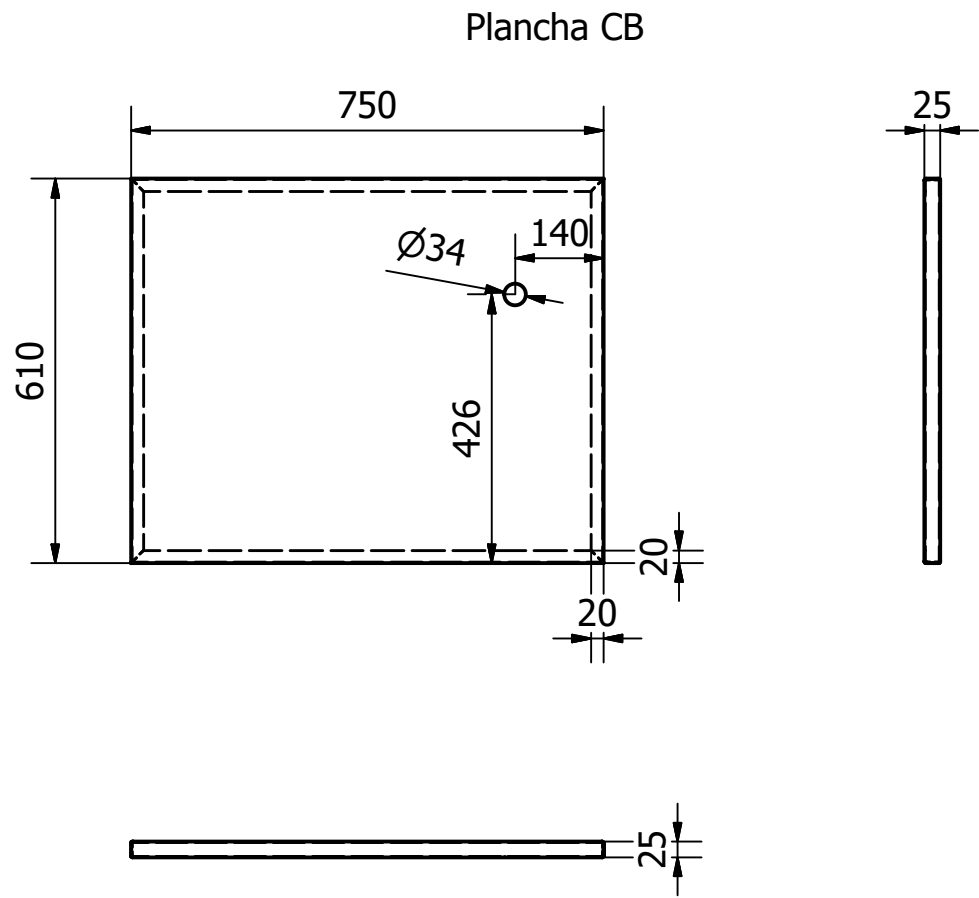
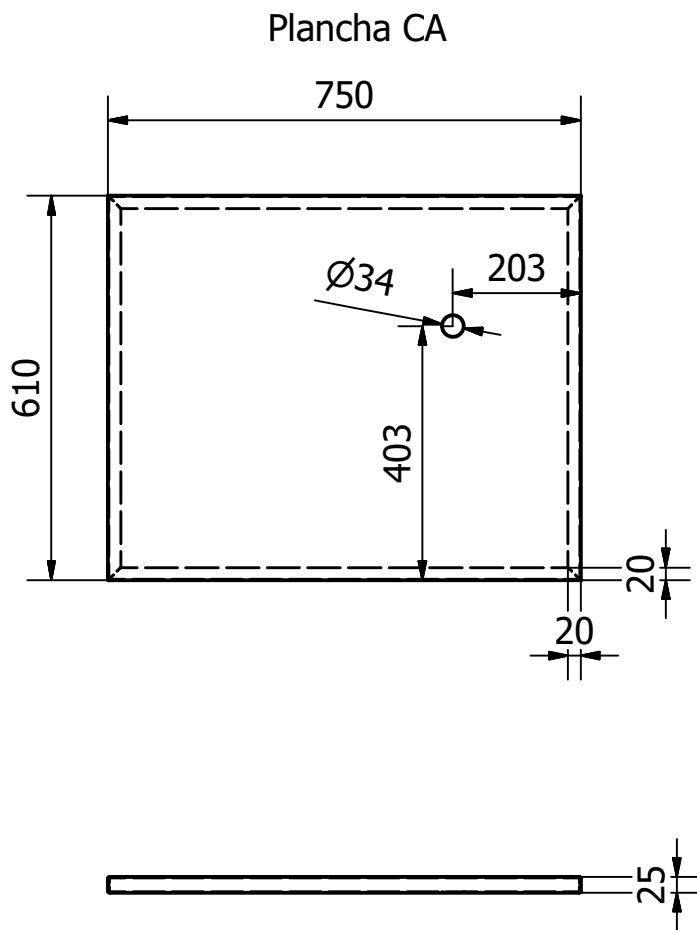
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	<h1>ESPOL</h1> <p>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</p>	Planos constructivos lavadora de bidones	
		Estructura 3 perfilera	Edición Hoja 39 / 53




Detalle Estructura B

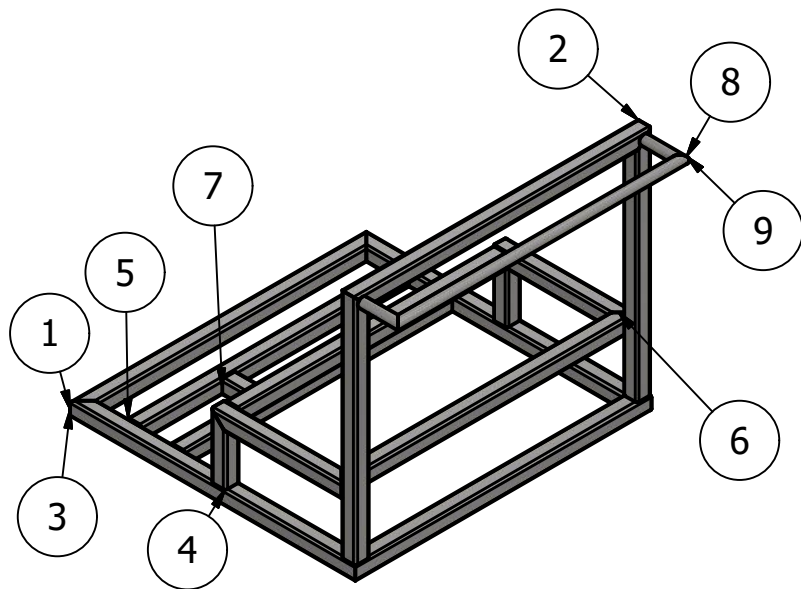
Num	Elemento	Planos
1	Ruedas nylon, altura neta 100mm (8)	NA
2	Plancha CA	41
3	Plancha CB	41
4	Estructura carrito A perfilera	42
5	Estructura carrito B perfilera	43

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos lavadora de bidones Edición Hoja 40 / 53	




Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

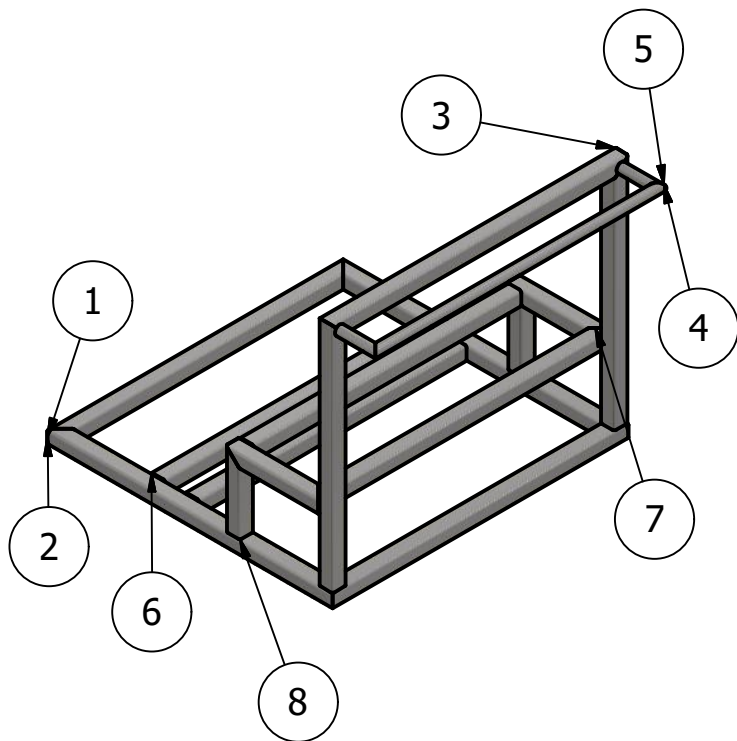
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos lavadora de bidones		Edición
	Planchas carritos	Hoja 41 / 53	



### LISTA DE PERFILES

NUM	CTDAD	PERFIL	DESCRIPCIÓN
1	3320,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -830	Tubo cuadrado AISI 304
2	1300,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -650	Tubo cuadrado AISI 304
3	1600,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -800	Tubo cuadrado AISI 304
4	360,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -180	Tubo cuadrado AISI 304
5	2250,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -750	Tubo cuadrado AISI 304
6	730,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -365	Tubo cuadrado AISI 304
7	82,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -82	Tubo cuadrado AISI 304
8	226,900 mm	Redondo - 25 x 2 - 113,5	Tubo redondo AISI 304
9	816,900 mm	Redondo - 25 x 2 - 817	Tubo redondo AISI 304

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
	<h1>ESPOL</h1> <p>“Impulsando la sociedad del conocimiento”</p>		Planos constructivos lavadora de bidones Estructura CA perfileria
	Edición	Hoja 42 / 53	



LISTA DE PERFILES			
NUM	CTDAD	PERFIL	DESCRIPCIÓN
1	3320,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -830	Tubo cuadrado AISI 304
2	1600,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -800	Tubo cuadrado AISI 304
3	1300,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -650	Tubo cuadrado AISI 304
4	816,900 mm	Redondo - 25 x 2 - 817	Tubo redondo AISI 304
5	226,900 mm	Redondo - 25 x 2 - 113,5	Tubo redondo AISI 304
6	2250,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -750	Tubo cuadrado AISI 304
7	520,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -260	Tubo cuadrado AISI 304
8	420,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 -210	Tubo cuadrado AISI 304

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------



**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"

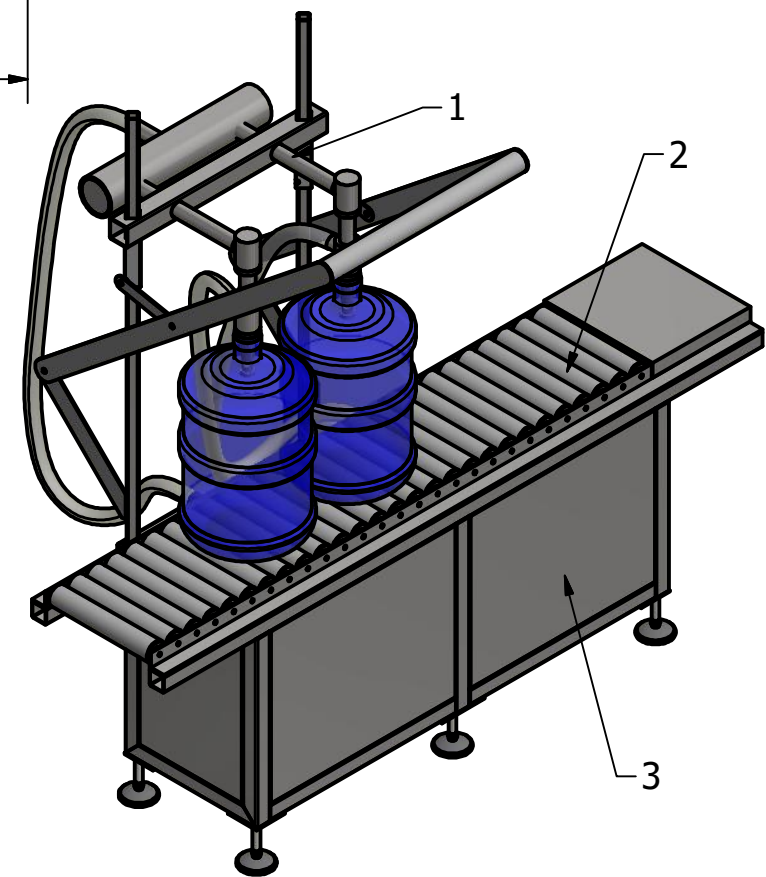
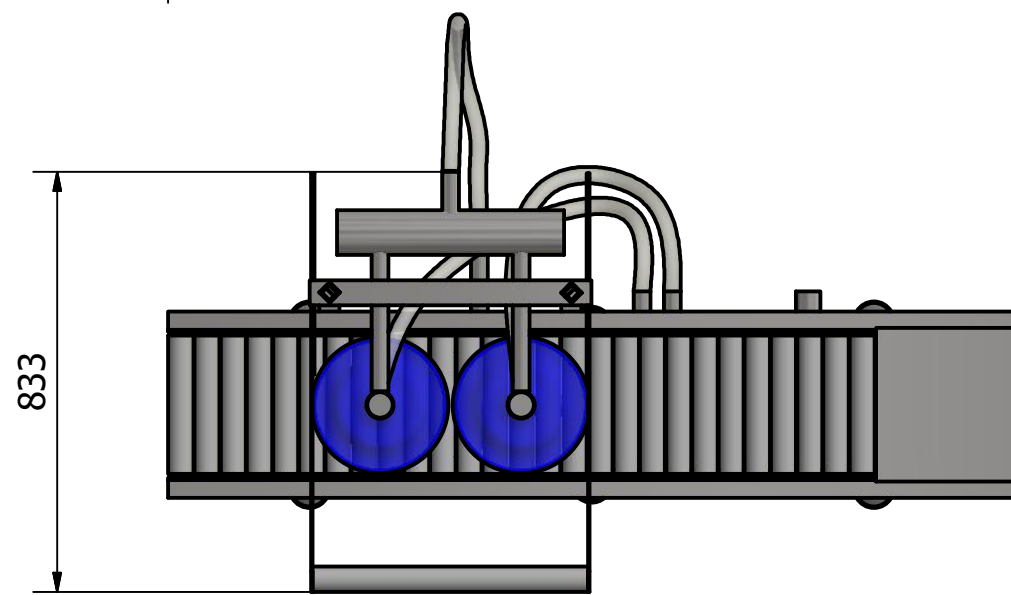
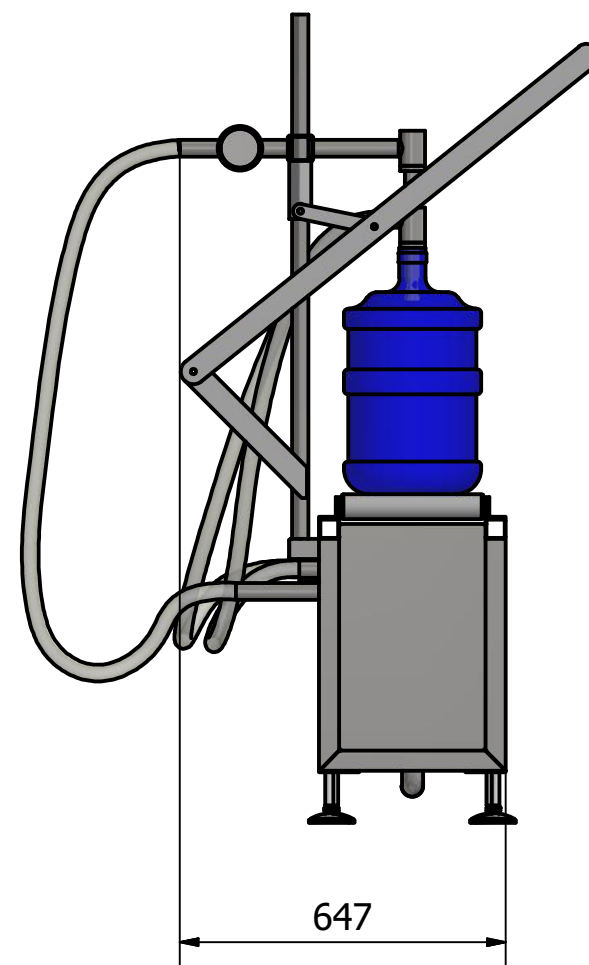
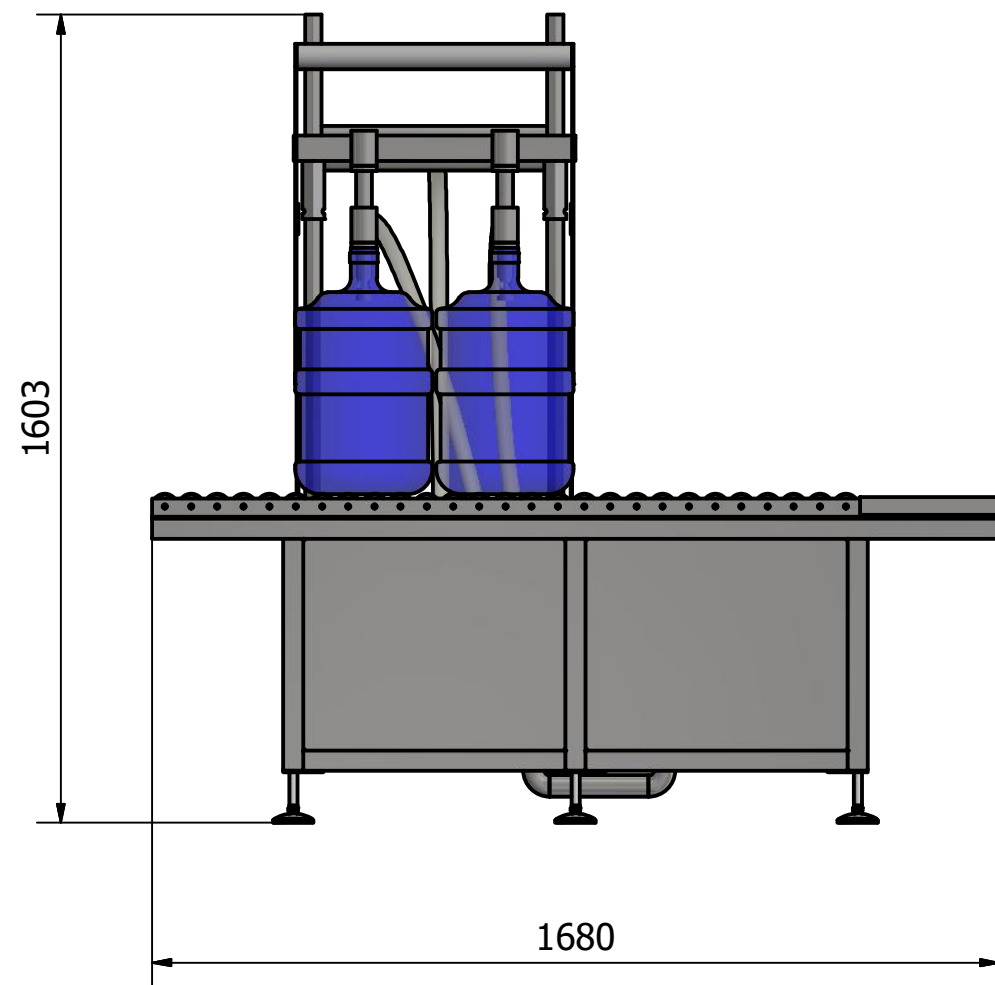
Planos constructivos lavadora de bidones

Estructura CB perfilera


Edición

Hoja  
43 / 53

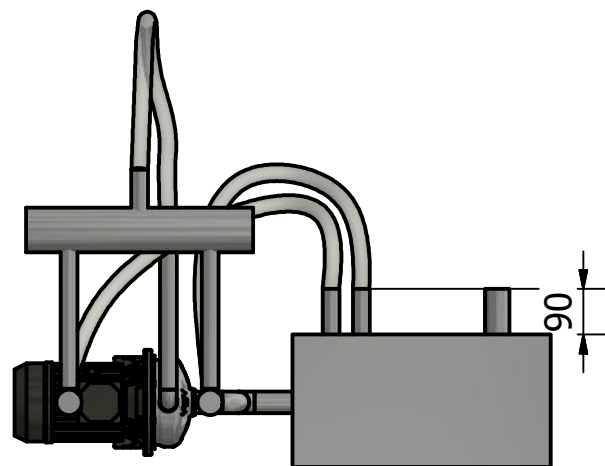
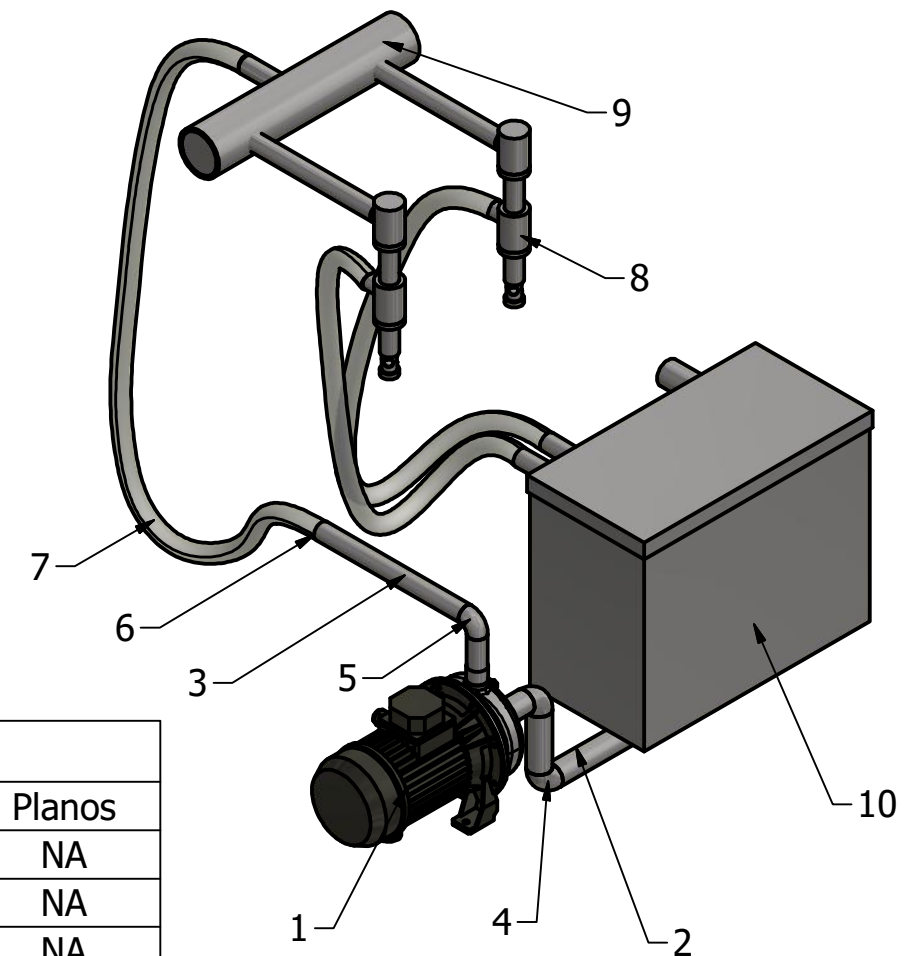
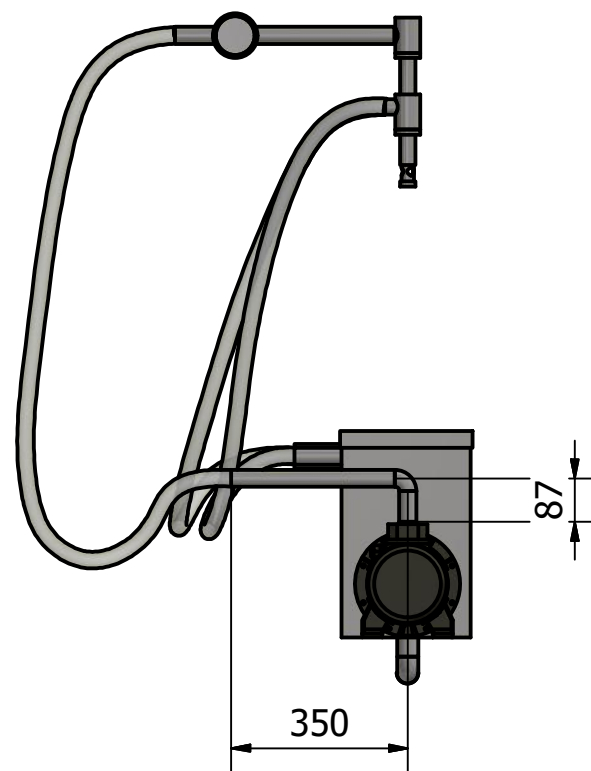
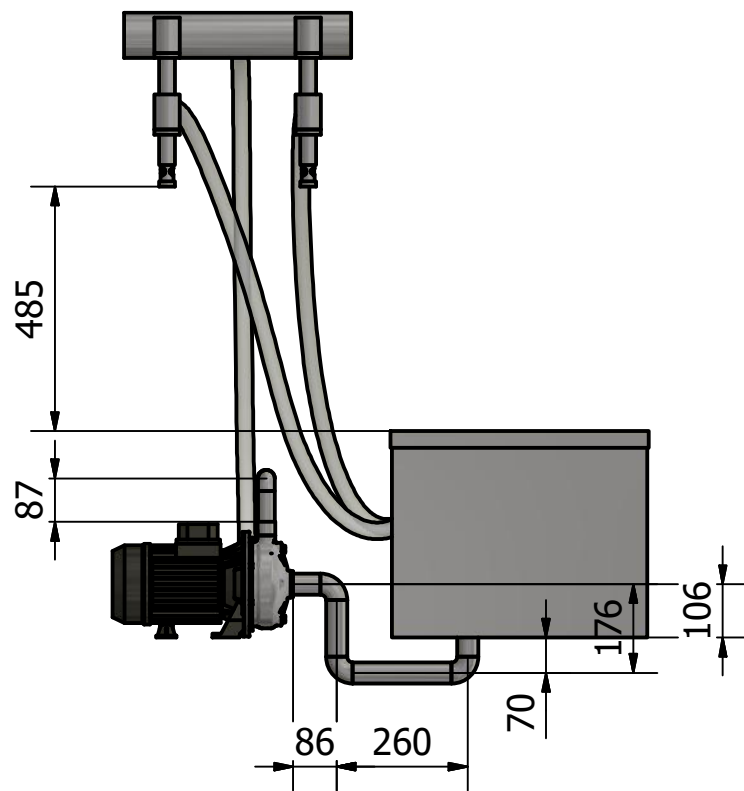




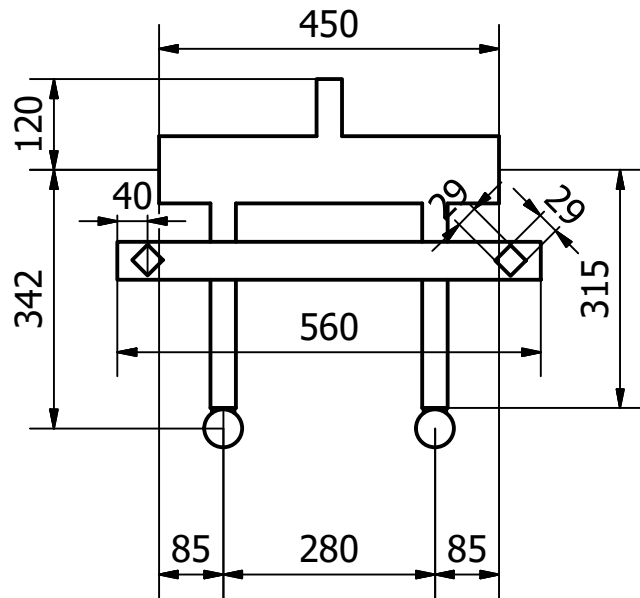
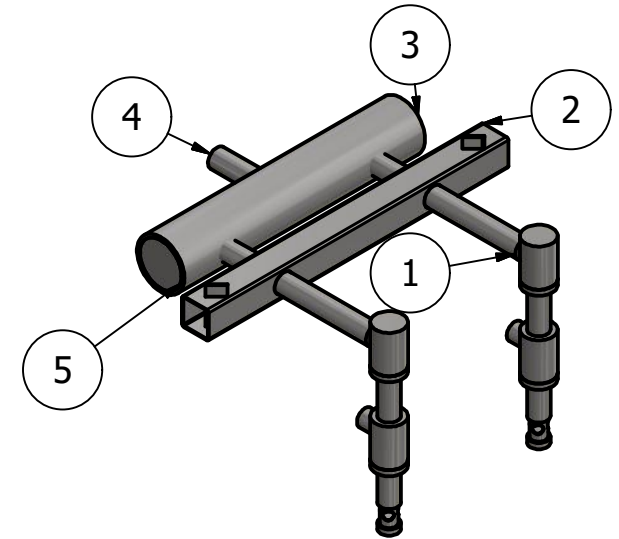
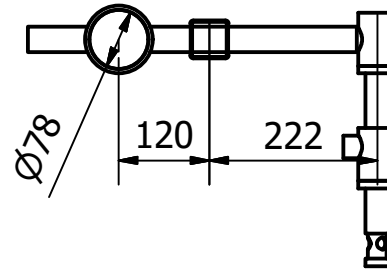
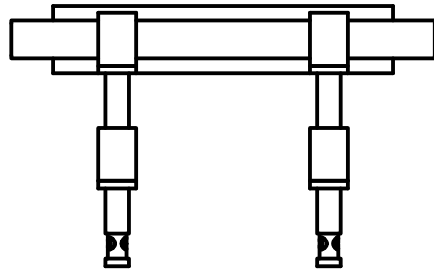
Lista de Sistemas		
Sistema	Descripcion	Planos
1	Sistema de bombeo	45-47
2	Sistema de transporte	48
3	Sistema estructural	49-53

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>		Planos constructivos llenadora de bidones Detalle de sistemas	
		Edición	Hoja 44 / 53





Elementos del sistema de bombeo		
Num	Descripcion	Planos
1	Bomba Goulds NPE 3ST1G2C4 1.5Kw 3F 220V 32 X 25	NA
2	Tuberias ASTM A312 AISI 316 50mm (2in)	NA
3	Tuberias ASTM A312 AISI 316 40mm (1.5in)	NA
4	(3) Codo 90 grad soldable 50mm (2in)	NA
5	(1) Codo 90 grad soldable 40mm (1.5in)	NA
6	(6) Clamps sanitizados de 25mm (1in)	NA
7	(3) 0.8m de maguera grado sanitizado 25mm (1in)	NA
8	(2) Valvula llenado con reflujo 25mm (90lt/min)	NA
9	Derivador a las valvulas de llenado	46
10	Tanque de almacenamiento	47



Elementos derivador a valvulas			
NUM	CTDAD	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	630,000 mm	ANSI - 1 x 0.133 - 12,402	Tubería ASTM A312 AISI 316
2	560,000 mm	Cuadrado - 50x50x2 - 560	Tubo cuadrado AISI 304
3	450,000 mm	ANSI - 3 x 0.216 - 17,717	Tubería ASTM A312 AISI 316
4	120,000 mm	ANSI - 1 x 0.133 - 4,724	Tubería ASTM A312 AISI 316
5	2	TapaCabezal	Plancha 3.2mm AISI 304

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------

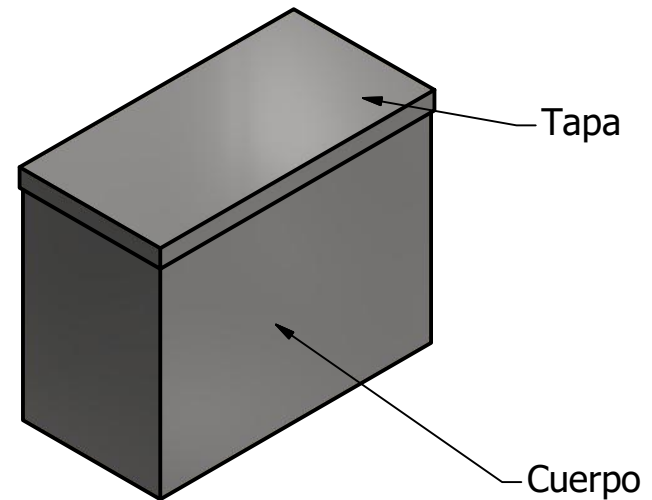
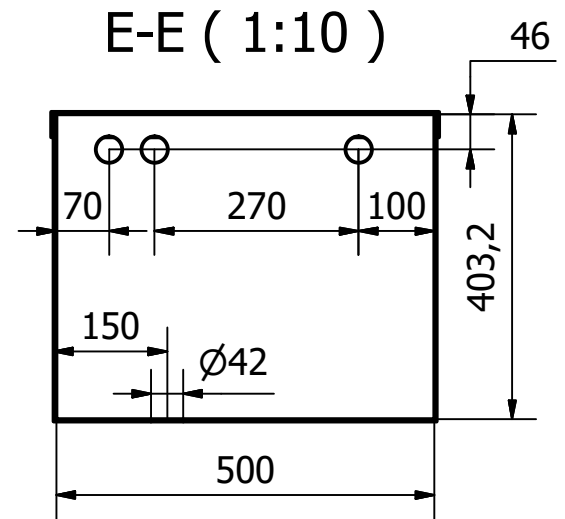
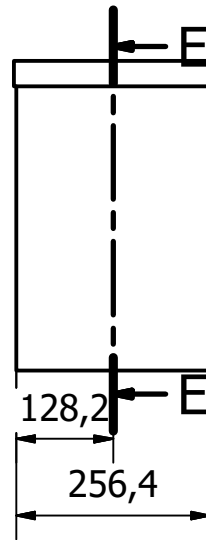
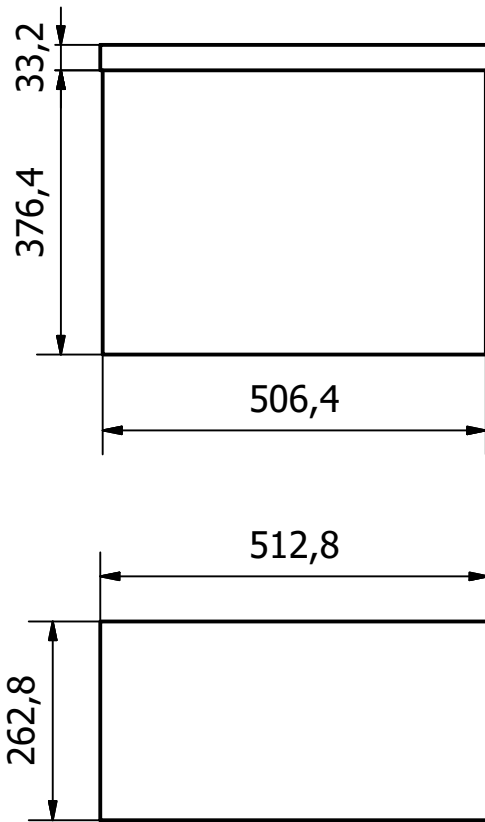


**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"


Planos constructivos llenadora de bidones

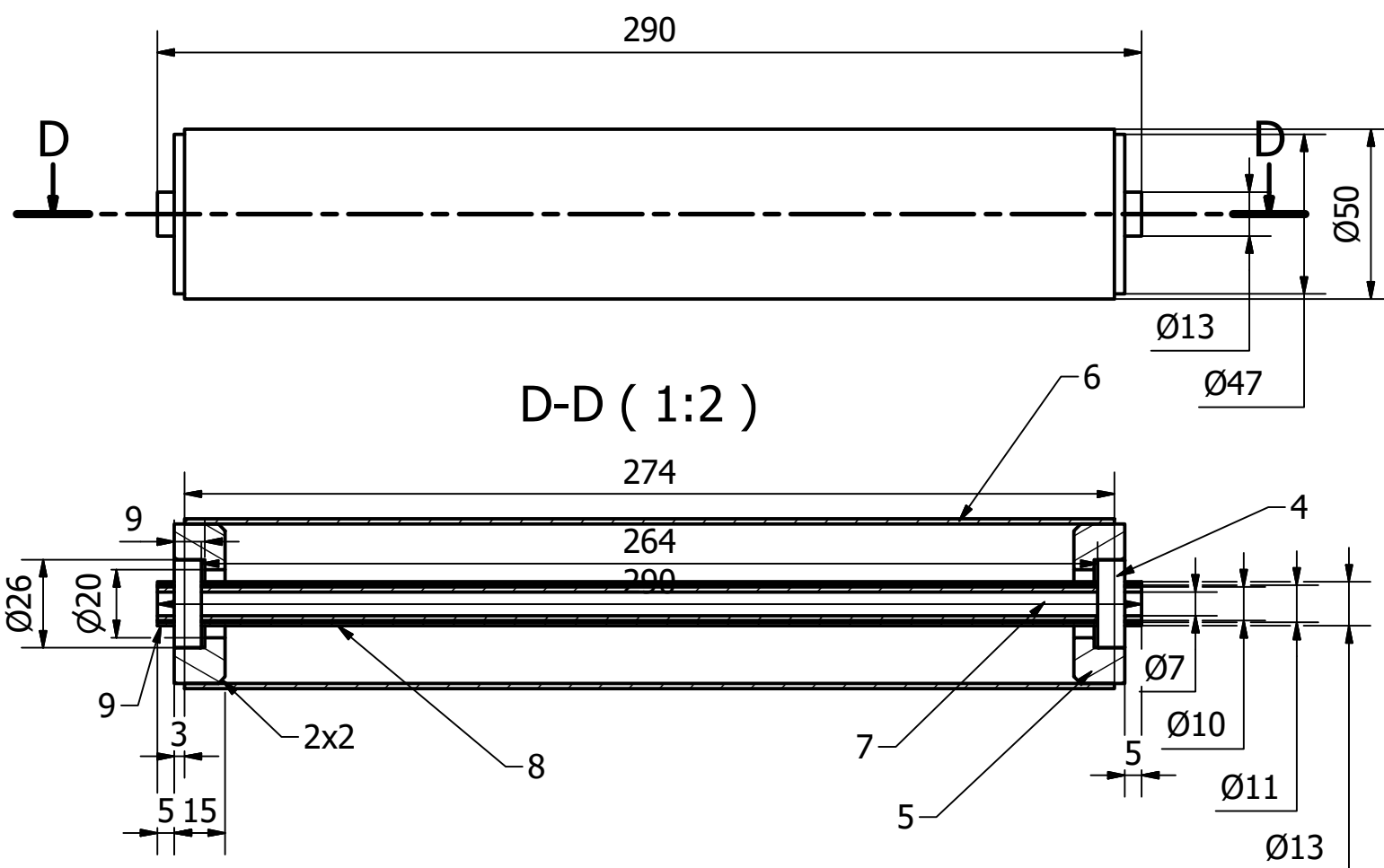
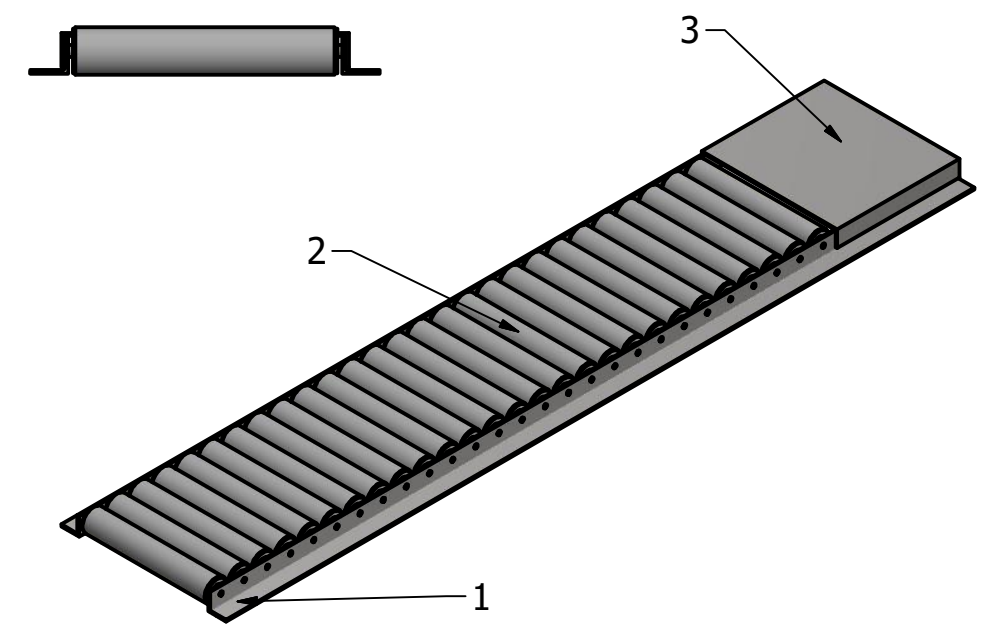
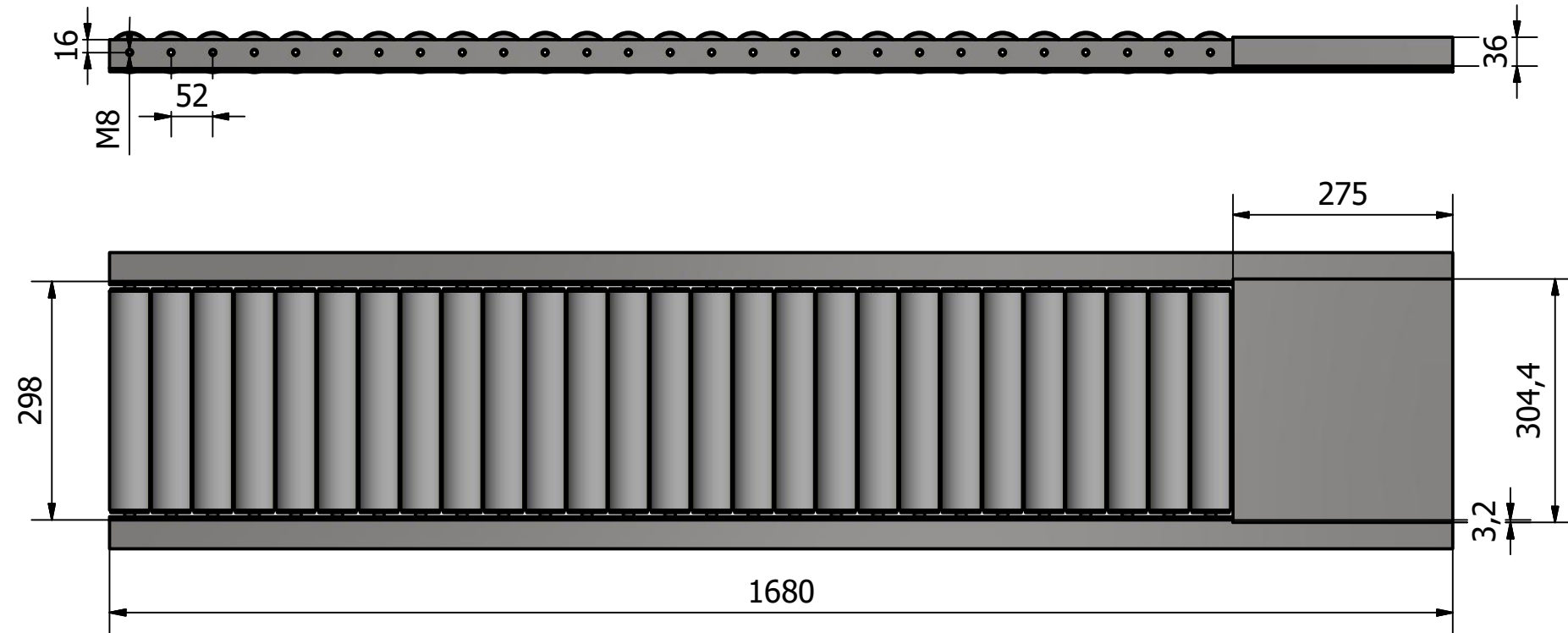
Derivador a valvulas

Edición  
Hoja  
46 / 53



Plancha acero inoxidable 316, e=3.2mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento


Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos llenadora de bidones		Edición
	Tanque Almacenamiento		Hoja 47 / 53



(27x2) Pernos M8 de 50mm de largo

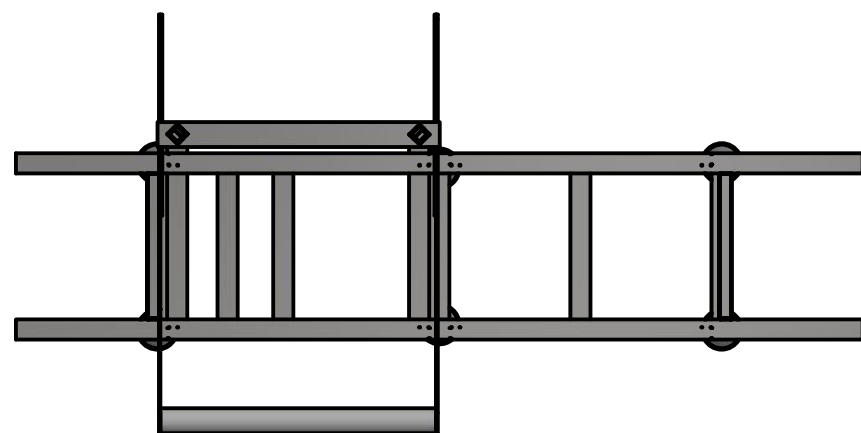
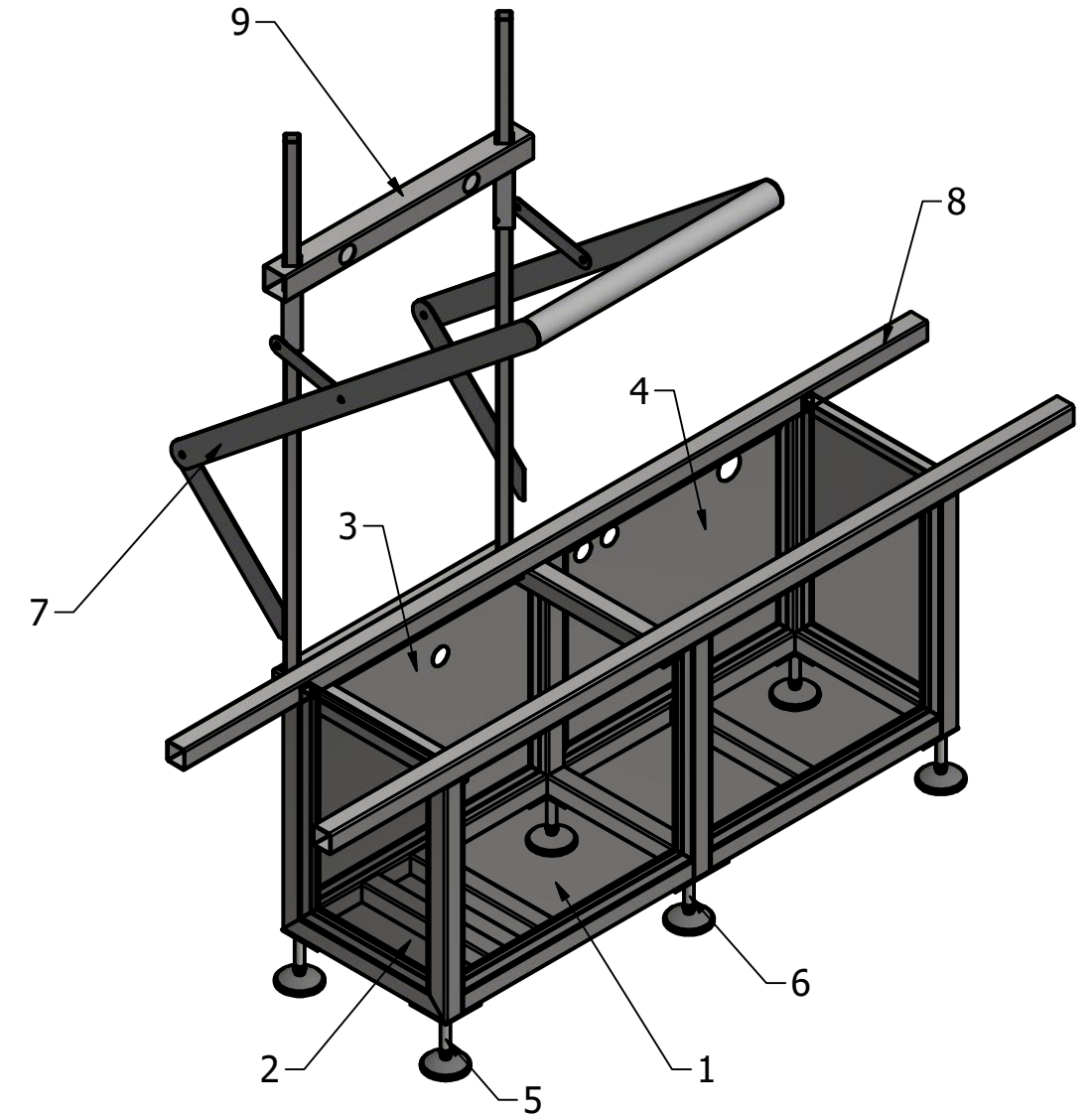
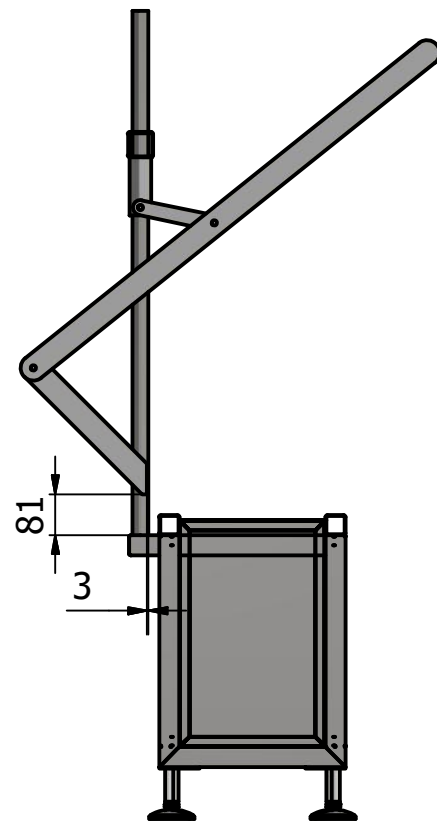
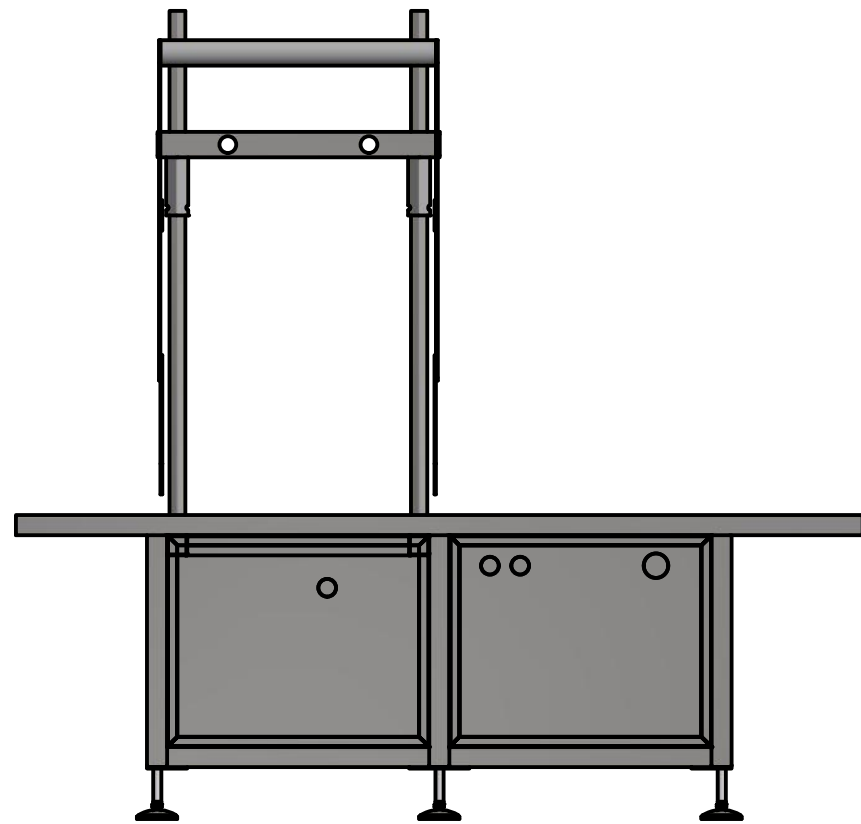
Elementos del sistema de transporte		
Num	Descripcion	Planos
1	(2) Angulo 40x40x4 - 1680 (AISI 304)	NA
2	(27) Rodillos (COMPLETO)	NA
3	Plancha espesor 3.2mm AISI 304	NA
4	(27x2) Rodamiento 6000 con sello	NA
5	(27x2) Separador principal de tubo AISI 304	NA
6	(27) Tubo 50x1.5 - 274 AISI 304	NA
7	(27) Rigidizador interno, tubo 10x1.5 - 290 AISI 304	NA
8	(27) Separador interno, tubo 13x1 - 264 AISI 304	NA
9	(27x2) Ajustador externo, tubo 13x1 -5 AISI 304	NA

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------


**ESPOL**  
 "Impulsando la sociedad del conocimiento"

Planos constructivos llenadora de bidones  
 Elementos sistema transporte


Edición  
 Hoja  
 48 / 53



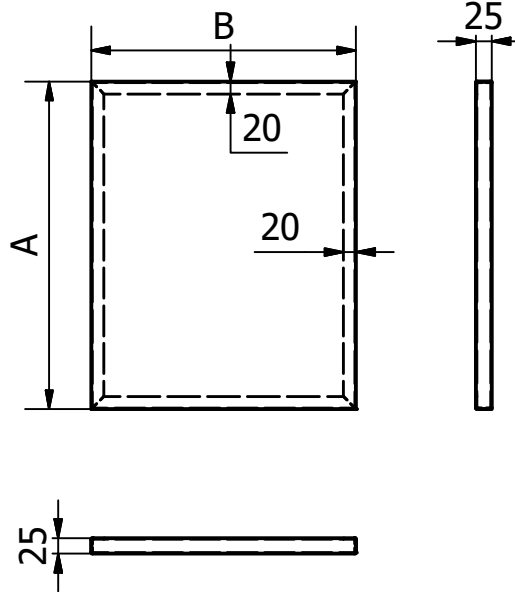
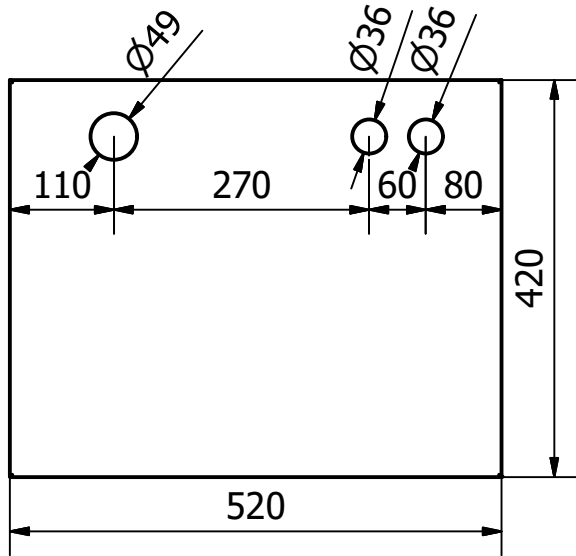
Elementos del sistema de estructura

Num	Descripcion	Planos
1	Plancha L1	50
2	Plancha L2	50
3	Plancha L3	50
4	Plancha L4	50
5	Pata Esquinera	50
6	Pata media A	50
7	Palanca	51
8	Perfileria	52-53
9	Elemento de anclaje con la distribucion de agua	NA

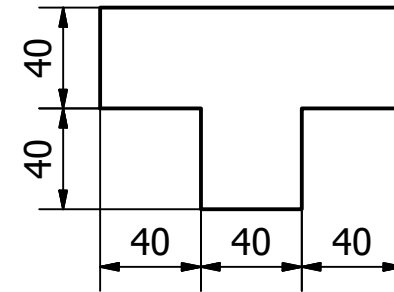
Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------

 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos llenadora de bidones	
	Sistema de estructura	Edición Hoja 49 / 53

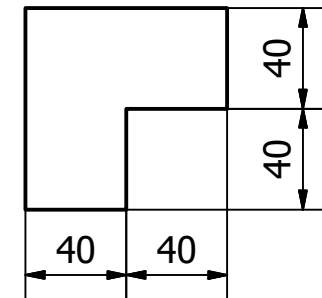
Plancha L4



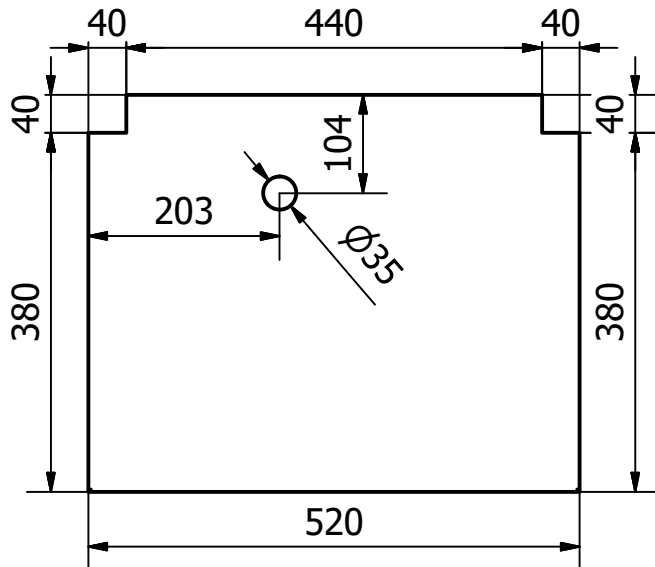
Adaptador pata media



Adaptador pata esquinera



Plancha L3

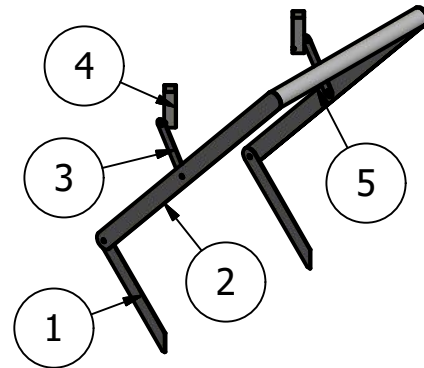
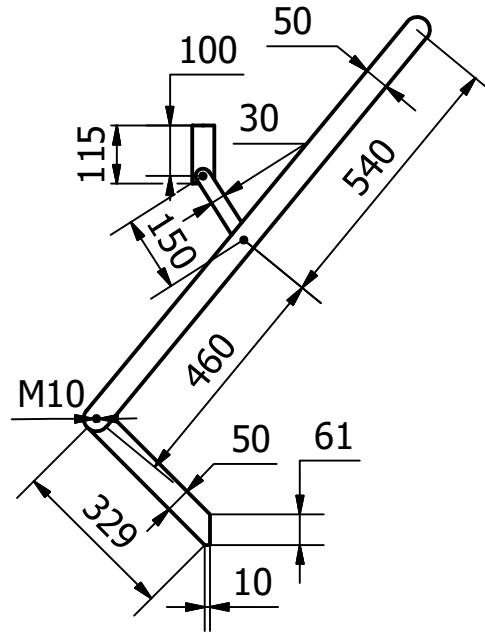
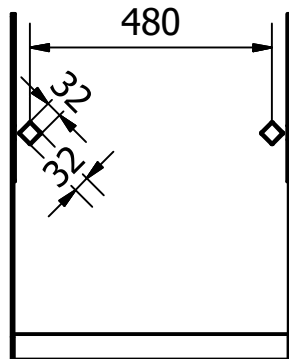
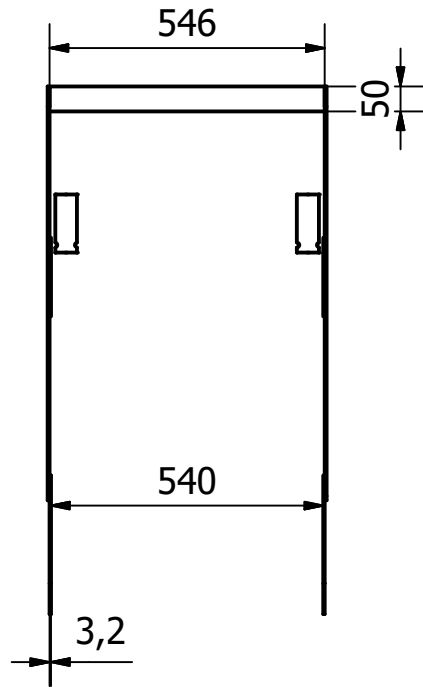


Dimensiones plancha		
Plancha	A	B
L1	520	420
L2	290	490

Plancha acero inoxidable 304, e=1.6mm  
Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Plancha acero inoxidable 304, e=3.2mm. Doblada y soldadura TIG de cerramiento

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos llenadora de bidones	
		Planchas de llenadora	Edición Hoja 50 / 53



LISTA DE PIEZAS			
NUM	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2	Eslabon 1	AISI 304
2	2	Eslabon 2	AISI 304
3	2	Eslabon 3	AISI 304
4	2	Guia; Cuadrado 32x32x1.5 - 115	Tubo cuadrado AISI 304
5	1	Tubo 50x1.5 - 546	Tubo redondo AISI 304

Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------

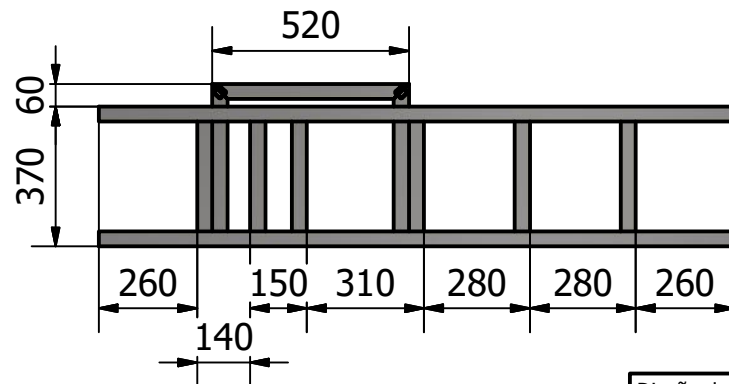
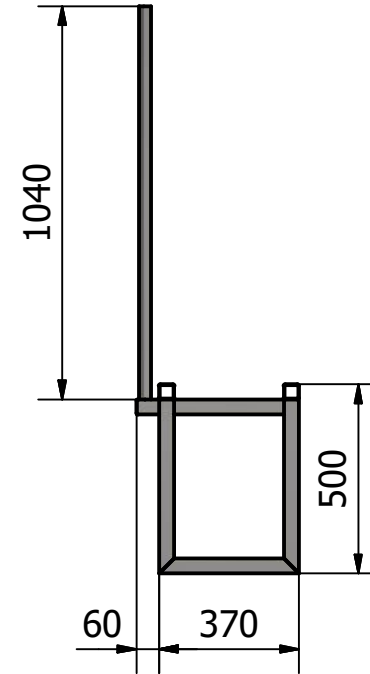
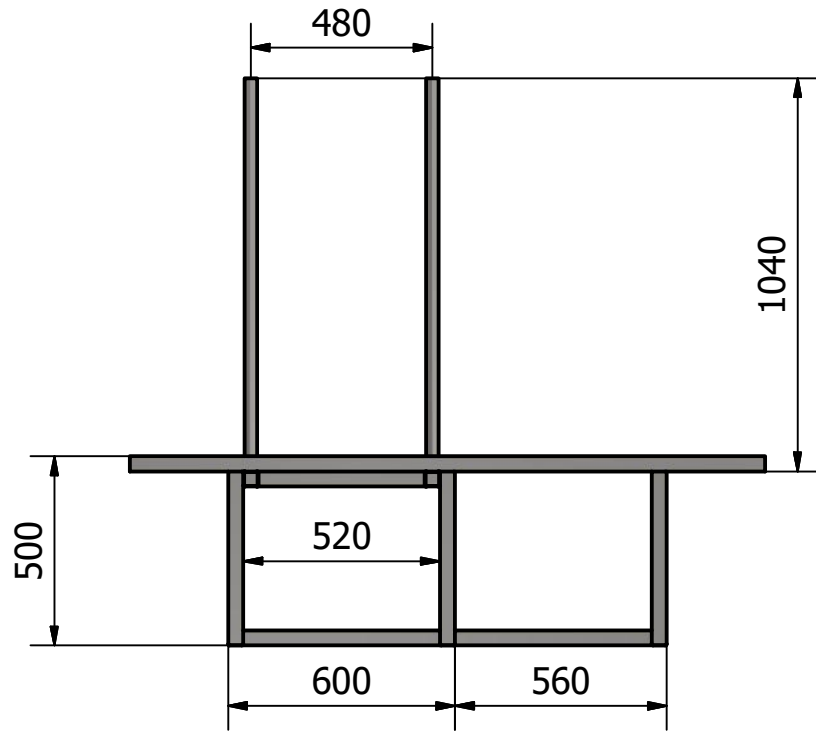



**ESPOL**  
"Impulsando la sociedad del conocimiento"

Planos constructivos llenadora de bidones

Palanca

Edición  
Hoja  
51 / 53

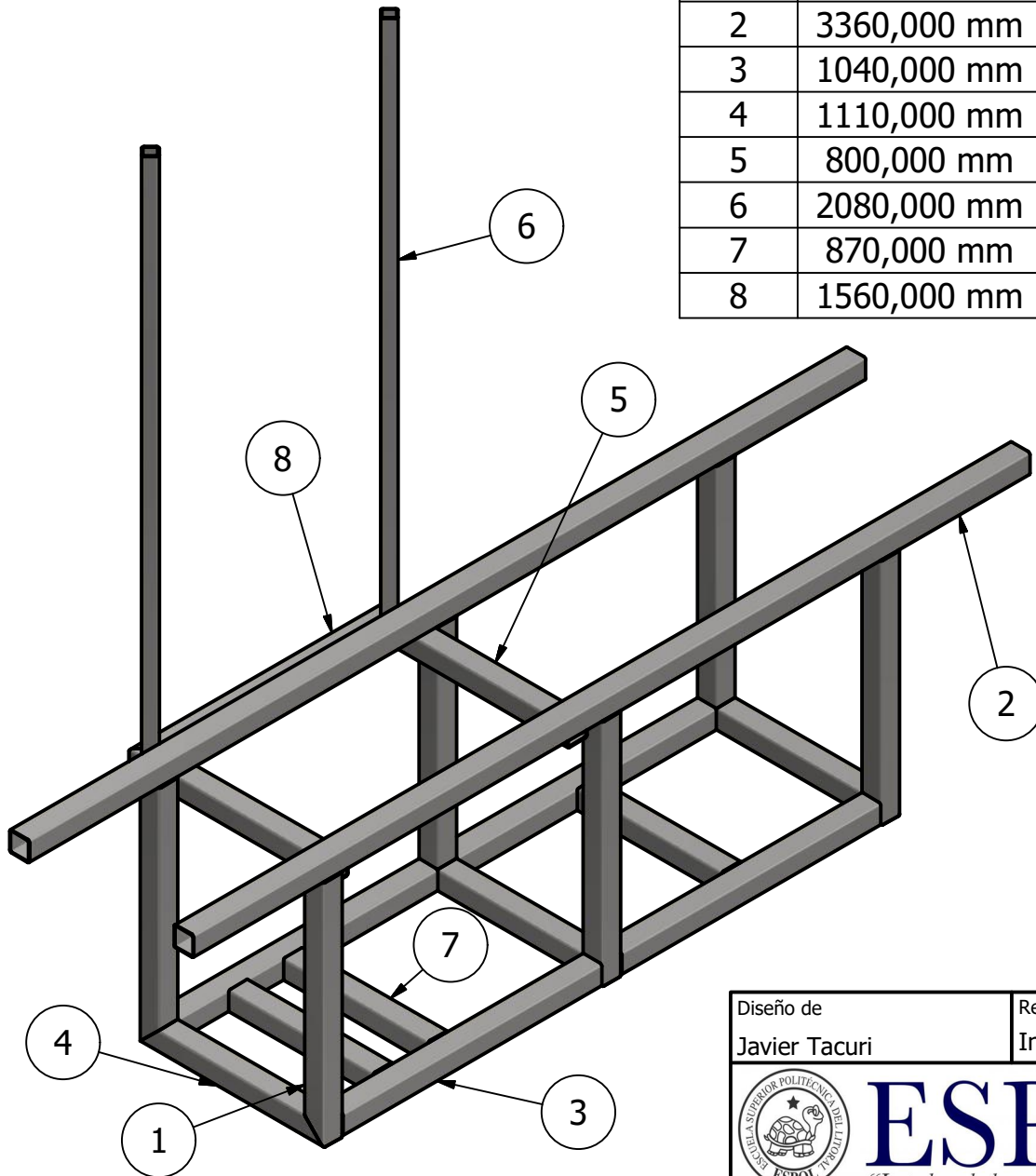



Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
 <b>ESPOL</b> <i>"Impulsando la sociedad del conocimiento"</i>	Planos constructivos llenadora de bidones		Edición
	Estructura perfilera	Hoja 52 / 53	



LISTA DE PERFILERIA

NUM	CTDAD	PERFIL	DESCRIPCIÓN
1	2760,000 mm	Cuadrado - 40 x 40 x 2 - 460	Tubo cuadrado AISI 304
2	3360,000 mm	Cuadrado - 40 x 40 x 2 - 1680	Tubo cuadrado AISI 304
3	1040,000 mm	Cuadrado - 40 x 40 x 2 - 520	Tubo cuadrado AISI 304
4	1110,000 mm	Cuadrado - 40 x 40 x 2 - 370	Tubo cuadrado AISI 304
5	800,000 mm	Cuadrado - 40 x 40 x 2 - 400	Tubo cuadrado AISI 304
6	2080,000 mm	Cuadrado - 25 x 25 x 2 - 1040	Tubo cuadrado AISI 304
7	870,000 mm	Cuadrado - 40x40x2 - 290	Tubo cuadrado AISI 304
8	1560,000 mm	Cuadrado- 40x40x2 - 520	Tubo cuadrado AISI 304



Diseño de Javier Tacuri	Revisado por Ing. Ernesto Martinez	Aprobado por Ing. Ernesto Martinez	Fecha 18/8/2017
		Planos constructivos llenadora de bidones	Edición Hoja 53 / 53
		Estructura perfilera	





**Javier Alexander Tacuri Montaña**

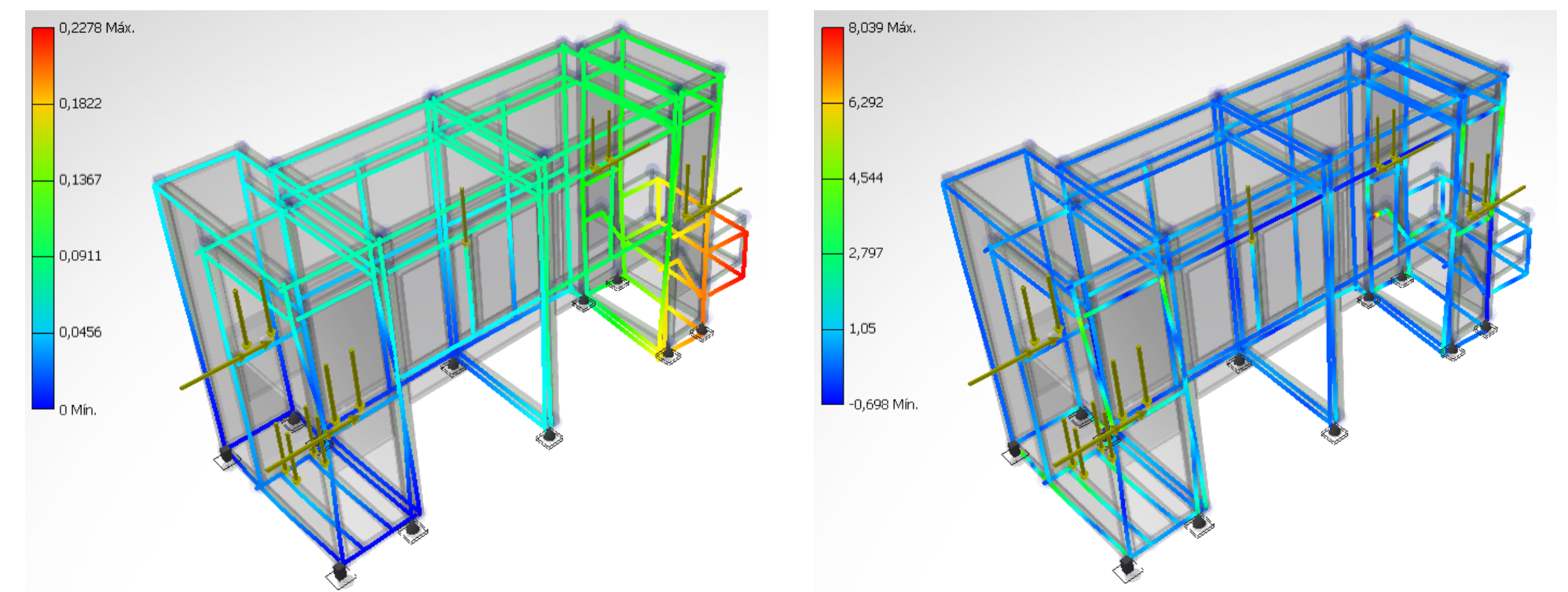
[jatacuri@espol.edu.ec](mailto:jatacuri@espol.edu.ec)

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAVADO Y LLENADO DE BIDONES DE 20L

El incremento en la demanda de agua purificada en la ciudad de Guayaquil, genero crecimiento en la oferta sin el suficiente nivel técnico, y en la mayoría de los casos los procesos se realizan de manera artesanal. Se propone el diseño de un sistema de lavado y llenado semiautomático que permita a los micro empresarios incrementar sus ventas y confianza de sus consumidores

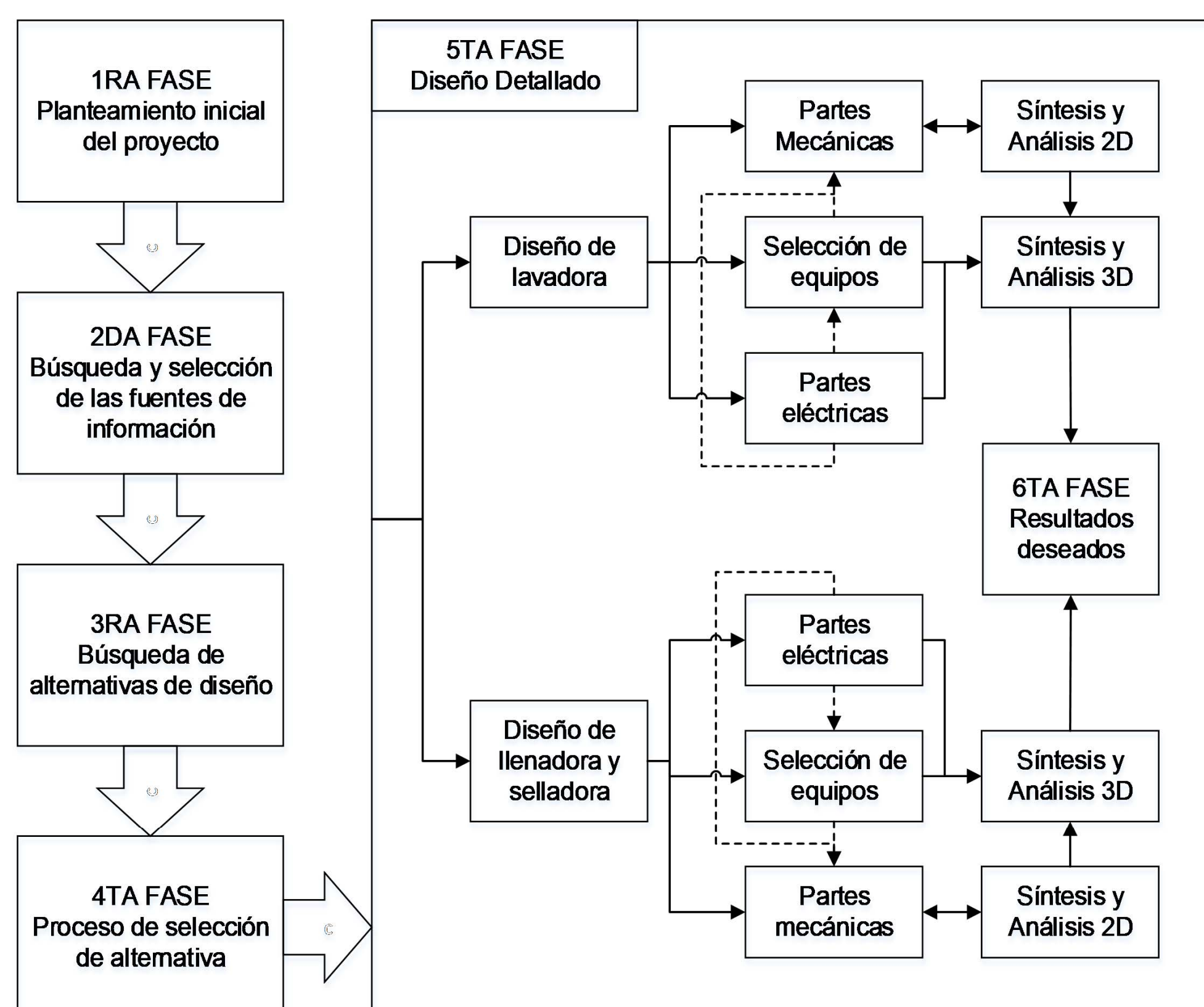
## INTRODUCCIÓN

Diseñar los sistemas de lavado, llenado de bidones de 20 litros utilizando materiales y equipos del mercado nacional para garantizar a los microempresarios la venta de un producto de calidad que cumpla con las regulaciones del ARCSA.

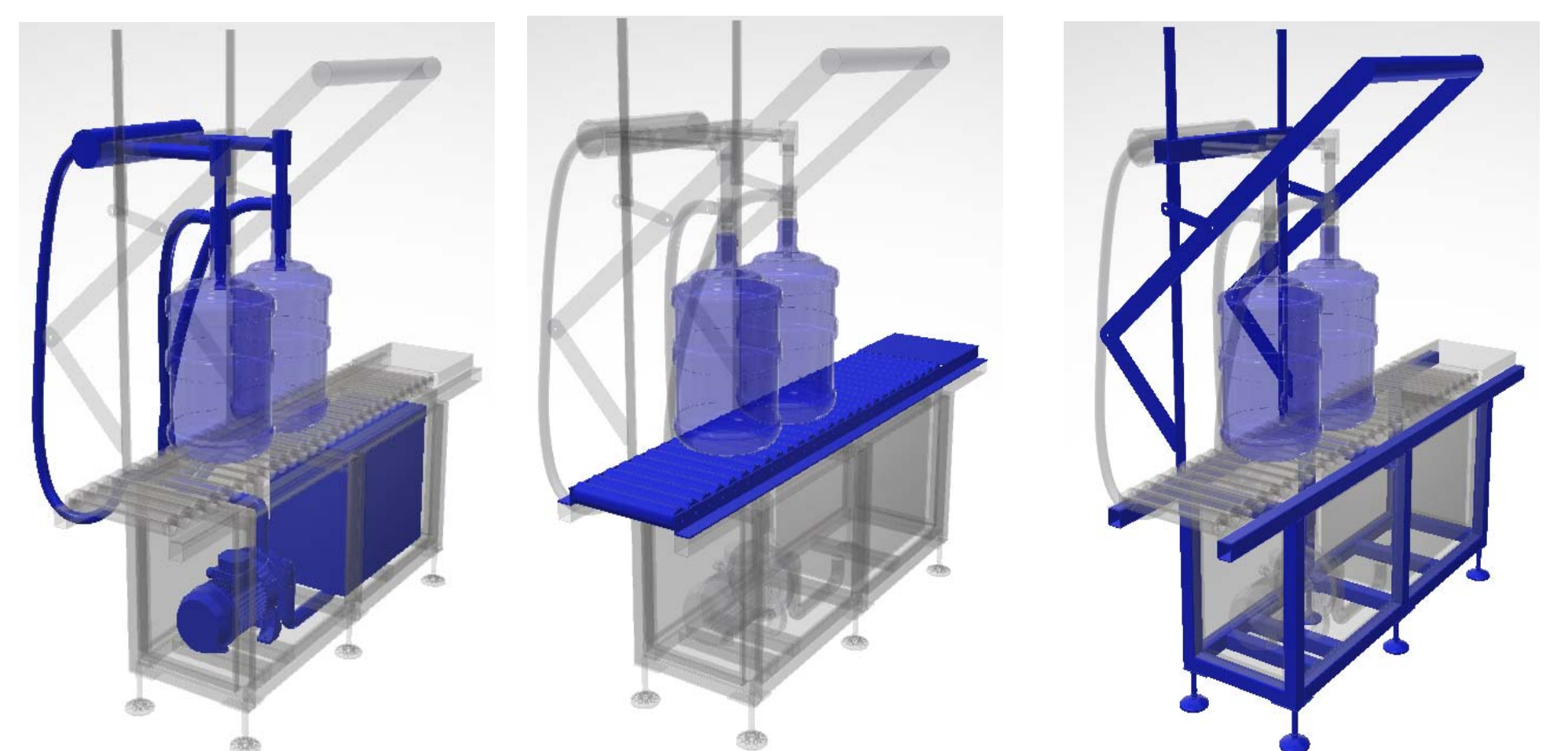


Deformación en mm (0,2)      Esfuerzo MPa (8)

## METODOLOGÍA



Diseño final de llenadora de bidones

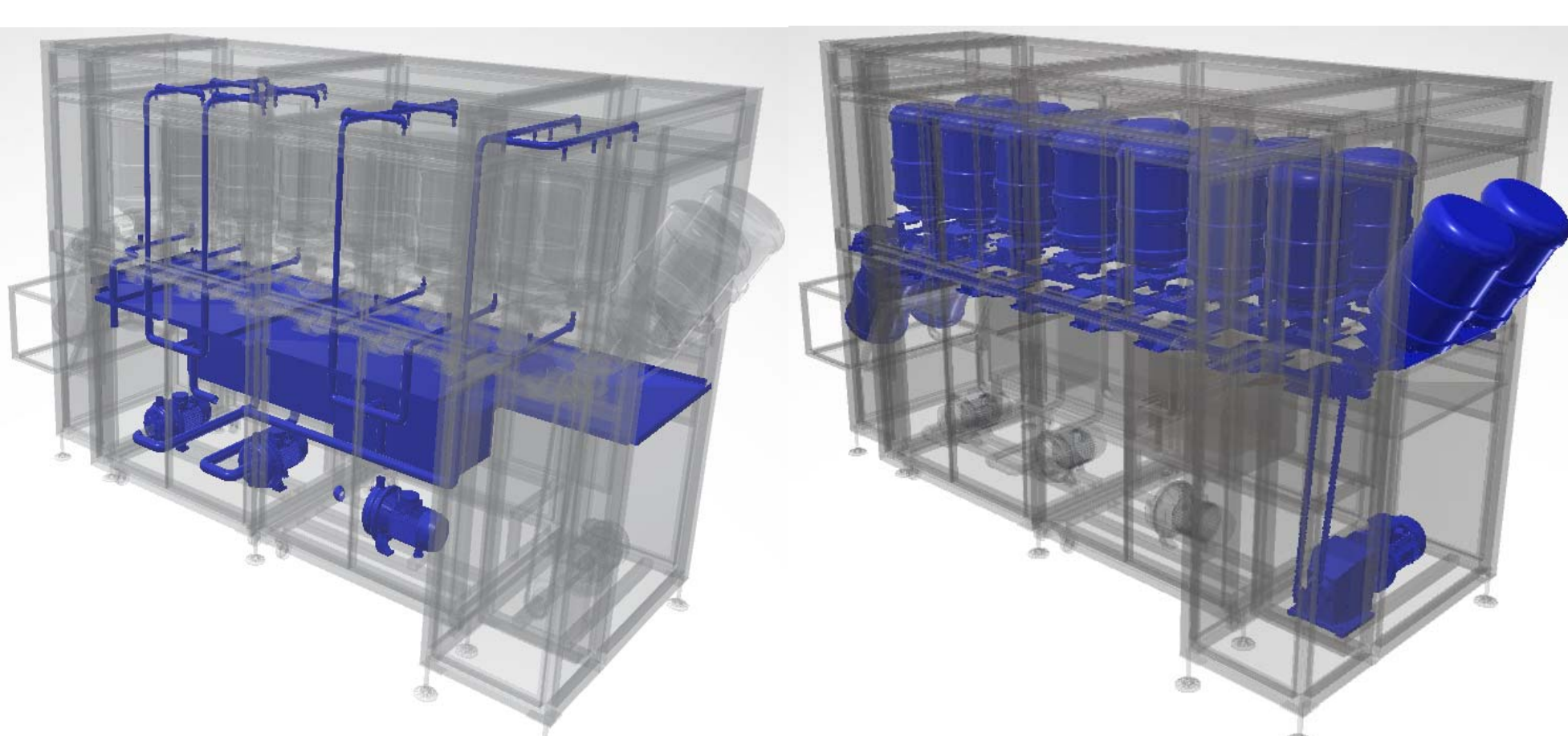


Bombeo      Transportador      Estructura

## RESULTADOS



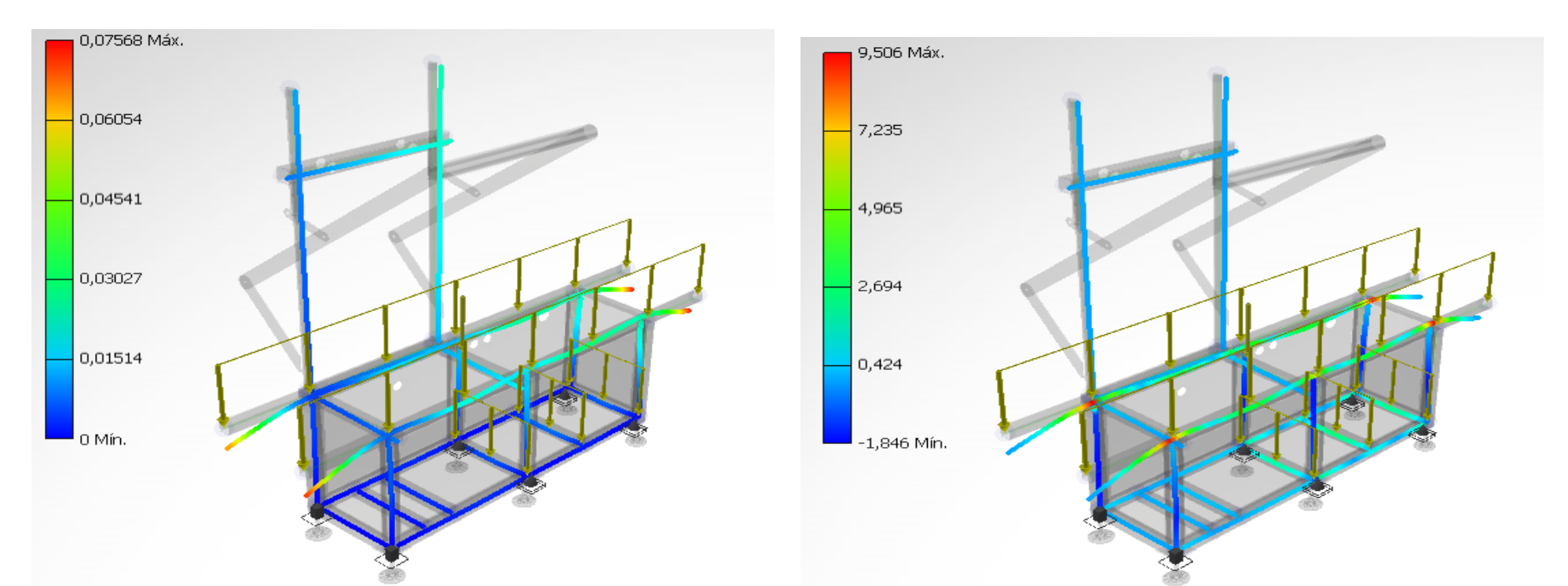
Diseño final de la maquina lavadora de bidones



Bombeo      Transportador



Estructura



Deformación en mm (0,07)      Esfuerzo MPa (9,5)

## CONCLUSIONES

Los sistemas de lavado y llenado de bidones de 20 litros se diseñaron considerando los materiales, equipos y suministros del medio, con un tiempo de operación de 35 segundos que nos proporciona una capacidad de 204 bidones por hora. El diseño de la lavadora priorizo facilidad de mantenimiento y operabilidad ante el costo. El diseño de la llenadora priorizo calidad del material ante el costo. Los diseños de la lavadora y estructura de la llenadora de bidones de 20 litros se realizaron utilizando materiales sanitizados y acero inoxidable AISI 304 de fácil acceso en el mercado. El sistema de bombeo de la llenadora se realizó usando AISI326L.

La máquina lavadora de bidones tiene un costo de USD13000, costo competitivo con respecto a una maquina importada con similares características. La máquina llenadora de bidones tiene un costo de USD7000, costo competitivo con respecto a una maquina importada con similares características.