



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

"DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO
PARA SKID DE QUÍMICOS CON UN CONTROLADOR DE NIVEL
PARA LA EMPRESA YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA. DE LA
CIUDAD DE QUITO"

AUTOR: Bonifaz Montenegro Diego Fernando

TUTOR: Ing. Escobar Luis Msc.

AMBATO – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR


En mi calidad de tutor del Trabajo Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema "DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO PARA SKID DE QUÍMICOS CON UN CONTROLADOR DE NIVEL PARA LA EMPRESA YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA. DE LA CIUDAD DE QUITO". Elaborado por el señor Diego Fernando Bonifaz Montenegro, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original y de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Esta concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Julio 2019

EL TUTOR



Ing. Mg. Luis Escobar

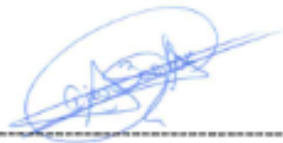
AUTORÍA

Yo, Diego Fernando Bonifaz Montenegro, portador de la C.C. 0503385668 tengo a bien declarar que el contenido del Proyecto Técnico con el tema "DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO PARA SKID DE QUÍMICOS CON UN CONTROLADOR DE NIVEL PARA LA EMPRESA YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA. DE LA CIUDAD DE QUITO". Son absolutamente auténticos, originales y de absoluta responsabilidad del autor: con la excepción de las fuentes bibliográficas que se encuentran citadas en dicho Proyecto Técnico.

Los criterios desarrollados como ideas, contenidos, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones son de responsabilidad de mi persona, como autor del presente Proyecto Técnico.

Ambato, Julio 2019

EL AUTOR



Diego Fernando Bonifaz Montenegro

C.C. 0503385668

DERECHO DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que se haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, de acuerdo a las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Julio 2019

EL AUTOR



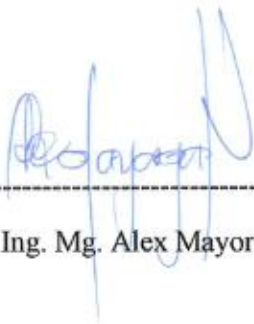
Diego Fernando Bonifaz Montenegro

C.C. 0503385668

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el estudiante Diego Fernando Bonifaz Montenegro de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: "DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO PARA SKID DE QUÍMICOS CON UN CONTROLADOR DE NIVEL PARA LA EMPRESA YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA. DE LA CIUDAD DE QUITO"

Ambato, Julio 2019



Ing. Mg. Alex Mayorga



Ing. Mg. Mauricio Carrillo

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis se lo dedico principalmente a Dios por darme salud y fuerza para seguir adelante y sobre todo por ser el inspirador de ser una mejor persona cada día.

A mis padres Marcela Montenegro y Rodrigo Bonifaz, ya que gracias a su amor infinito y el apoyo incondicional he podido cumplir con este anhelo tan deseado para mí y mi familia.

A mis abuelitos quienes con sus palabras y sabiduría me motivaron para que siga adelante y cumpla con mis objetivos.

A mis hermanos por su apoyo moral y compañía a lo largo de toda esta etapa de la vida que se llama Estudio.

A mí amada esposa por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y conseguir un futuro mejor a su lado.

AGRADECIMIENTO

Muy agradecido con Dios, por el regalo de la vida, por su amor, bondad y llenarme de bendiciones en este largo camino.

De igual manera agradezco a mis padres que con su amor, dedicación, arduo trabajo me han sacado adelante para poder ser un profesional

Al mismo tiempo agradezco a mis docentes de la Universidad Técnica de Ambato, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación profesional.

Finalmente quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Luis Escobar, eje principal durante todo este camino, quien con su dirección, conocimiento, paciencia y colaboración dirigió mis pasos para culminar este trabajo.

INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	I
AUTORÍA	II
DERECHO DE AUTOR.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XVII
RESUMEN EJECUTIVO	XVIII
ABSTRACT.....	XIX

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEORICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativo.....	1
1.1.1. Investigaciones preliminares	1
1.1.2. Justificación.....	2
1.1.2.1. Justificación Técnica	2
1.1.2.2. Justificación Económica.....	4
1.1.3. Fundamentación Teórica	4
1.1.3.1. Tanques de procesos de almacenamiento.....	4
1.1.3.2. Tipos de Tanques de Almacenamiento.....	5
1.1.3.3. Normas y códigos útiles para el diseño, calculo y construcción de tanques de almacenamiento.....	12
1.1.3.4. Normativas aplicables en la fabricación de tanques.....	14
1.1.3.5. Características de los tanques de almacenamiento.....	14
1.1.3.6. Accesorios comunes de tanques de almacenamientos.....	15
1.1.3.7. Características de los tanques de almacenamiento para SKID de Químicos	15
1.1.3.8. Aplicaciones de los tanques de almacenamiento para SKID de Químicos	16
1.1.3.9. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento	17
1.1.3.10. Caracterización del Acero Inoxidable AISI 304	17

1.1.3.11. Controlador de nivel	20
1.1.3.12. Fluidos	22
1.1.4. Señalamiento de variables de la hipótesis	23
1.1.4.1. Variables independientes.....	23
1.1.4.2. Variables dependientes.....	24
1.1.5. Objetivos.....	24
1.1.5.1. Objetivo General:	24
1.1.5.2. Objetivos Específicos:	24
CAPÍTULO II	25
METODOLOGÍA	25
2.1. Materiales	25
2.1.1. Acero estructural	25
2.1.1.1. Perfil angular de calidad ASTM A36.....	26
2.1.1.2. Perfil UPN de calidad ASTM A 36.....	27
2.1.1.3. Plancha de Acero Galvanizada bajo Norma: ASTM A36.....	28
2.1.2. Acero Inoxidable	29
2.1.2.1. Plancha de Acero Inoxidable.....	31
2.1.2.2. Tubos de acero inoxidable.....	32
2.2. Métodos	33
2.2.1. Selección de alternativas de un controlador	33
2.2.1.1. Selección del controlador de niveles a utilizar	33
2.2.1.2. Método ordinal corregido de criterios ponderados.....	34
2.2.1.3. Definición de cada criterio	35
2.2.1.4. Evaluación por el peso específico	35
2.2.1.5. Evaluación del peso específico del criterio Costo	36
2.2.1.6. Evaluación del peso específico del criterio Adquisición.....	36
2.2.1.7. Evaluación del peso específico del criterio Utilización	37
2.2.1.8. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad de Mantenimiento	37
2.2.1.9. Tabla de conclusiones.....	38
2.2.2. Selección de alternativas para la selección del material.....	38

2.2.2.1. Selección del acero inoxidable a utilizar para la construcción de los tanques de almacenamiento.....	38
2.2.2.2. Método ordinal corregido de criterios ponderados.....	39
2.2.2.3. Definición de cada criterio	39
2.2.2.4. Evaluación por el peso específico	41
2.2.2.5. Evaluación del peso específico del criterio Costo	41
2.2.2.6. Evaluación del peso específico del criterio Adquisición.....	42
2.2.2.7. Evaluación del peso específico del criterio Resistencia	42
2.2.2.8. Evaluación del peso específico del criterio Durabilidad	44
2.2.2.9. Evaluación del peso específico del criterio Empleo.....	44
2.2.2.10. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad de Mantenimiento	45
2.2.2.11. Tabla de conclusiones.....	45
2.2.3. Dimensionamiento del Tanque.....	46
2.2.3.1. Esfuerzo permisible de las paredes.....	47
2.2.3.2. Espesor de la placa requerido	50
2.2.3.3. Comprobación	52
2.2.4. Validación de orejas de izaje	56
2.2.5. Selección de accesorios	57
2.2.6. Selección de bombas	59
2.2.7. Diseño de la estructura del pedestal	63
2.2.7.1. Selección de la viga	63
2.2.7.2. Selección del material de la columna	68
2.2.7.3. Diseño de la placa base.....	73
2.2.8. Análisis del diseño del tanque	78
2.2.9. Análisis del diseño de la base del tanque de almacenamiento sin soportes	83
2.2.10. Análisis del diseño de la base del tanque de almacenamiento con soportes	87
2.2.11. Análisis de las orejas de izaje.....	91
2.2.12. Análisis del diseño de la estructura del pedestal	95
CAPÍTULO III.....	102
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	102
3.1. Resultados de los	102

3.1.1.	Tanque de almacenamiento	102
3.1.2.	Base del tanque de almacenamiento sin soportes transversales	104
3.1.3.	Base del tanque de almacenamiento con soportes transversales	105
3.1.4.	Comparación.....	108
3.1.5.	Análisis del modelado de las orejas de izaje	108
3.1.6.	Estructura del Pedestal	110
3.1.7.	Procedimiento de construcción.....	113
3.1.8.	Análisis económico	113
3.1.8.1.	Costos	113
CAPÍTULO IV		117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		117
4.1.	Conclusiones.....	117
4.2.	Recomendaciones.....	118
Bibliografía		119
Anexos.....		121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Tipos de tanques de almacenamiento	5
Tabla 1-2: Comparación de características entre las API – 650 ó API - 620.....	13
Tabla 1-3: Propiedades Mecánicas.....	18
Tabla 2-1: Perfiles estructurales Ángulos “L” doblado	27
Tabla 2-2: Perfiles UPN	28
Tabla 2-3: Recubrimientos.....	29
Tabla 2-4: Especificaciones generales del AISI 304.....	31
Tabla 2-5: Composición Química.....	31
Tabla 2-6: Propiedades Mecánicas.....	31
Tabla 2-7: Planchas Inoxidables	32
Tabla 2-8: Tubo Redondo en Acero Inoxidable.....	33
Tabla 2-9: Valores asignados para las ponderaciones.....	34
Tabla 2-10: Evaluación del Peso Específico de cada criterio	36
Tabla 2-11: Evaluación del Peso Específico del criterio Costo	36
Tabla 2-12: Evaluación del Peso Específico del criterio Material de fácil adquisición...37	
Tabla 2-13: Evaluación del Peso Específico del criterio Utilización	37
Tabla 2-14: Evaluación del Peso Específico del criterio Material Resistente	38
Tabla 2-15: Tabla de concusiones.....	38
Tabla 2-16: Valores asignados para las ponderaciones.....	39

Tabla 2-17: Evaluación del Peso Específico de cada criterio	41
Tabla 2-18: Evaluación del Peso Específico del criterio Costo	42
Tabla 2-19: Evaluación del Peso Específico del criterio Material de fácil adquisición...	42
Tabla 2-20: Evaluación del Peso Específico del criterio Resistencia	44
Tabla 2-21: Evaluación del Peso Específico del criterio Durabilidad	44
Tabla 2-22: Evaluación del Peso Específico del criterio Empleo	45
Tabla 2-23: Evaluación del Peso Específico del criterio Material Resistente	45
Tabla 2-24: Tabla de conclusiones.....	46
Tabla 2-25: Características de Aceros Austeníticos.....	48
Tabla 2-27: codos de 90°.....	58
Tabla 2-28: Te	58
Tabla 2-29: Llaves de bola.....	59
Tabla 2-30: Características del Perfil UPN.....	67
Tabla 2-31: Longitudes efectivas de las columnas.	70
Tabla 2-32: Esfuerzos permisibles de columnas ($F_y = 36$ kpsi)	70
Tabla 3-1: Tabla de comparación.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Tanques de techo cónico soportado, [5].....	6
Figura 1-2: Tanques de techo cónico auto-soportado, [5].....	7
Figura 1-3: Techo Flotante. [5]	8
Figura 1-4: Estructura cristalina del acero austenítico inoxidable. [9]	17
Figura 1-5: Composición Química del Acero AISI 304. [10].....	19
Figura 1-6: Medidores de niveles de cristal. [11]	21
Figura 2-1: Perfiles estructurales Ángulos “L” doblado. [14]	26
Figura 2-2: Perfiles UPN. [15].....	28
Figura 2-3: Formación de una capa de óxido de cromo en Aceros Inoxidables. [17]	29
Figura 2-4: Remoción de la capa de óxido de cromo en Aceros Inoxidables. [17]	29
Figura 2-5: Restauración de la capa de óxido de cromo en Aceros Inoxidables. [17].....	30
Figura 2-6: Valores de α , [28].....	51
Figura 2-7: Junta a tope con penetración completa [31].....	56
Figura 2-8: Modelado de orejas de izaje	57
Figura 2-10: Pedestal.....	63
Figura 2-11: Modelado de tanque de almacenamiento	65
Figura 2-12: Modelado de la plancha superior del pedestal	65
Figura 2-13: Distribución de Cargas en la Viga.....	65
Figura 2-13: Diagrama de Columnas	68
Figura 2-14: Modelado de la viga del pedestal	69
Figura 2-15: Modelado de la columna del pedestal	74
Figura 2-16: Distribución de Cargas en la Placa Base	75
Figura 2-17: Modelado 3D del tanque de almacenamiento	78

Figura 2-18: Guardado del archivo del modelado.....	79
Figura 2-19: Pantalla Workbench	79
Figura 2-20: Engineering Data.....	80
Figura 2-21: Pantalla Workbench - Geometry	80
Figura 2-22: Design Modeler	81
Figura 2-23: Mechanical	81
Figura 2-24: Sólidos con Stainless Steel.....	82
Figura 2-25: Sólidos con Structural Steel	82
Figura 2-26: Elección del Fixed Support	82
Figura 2-27: Mesh.....	83
Figura 2-28: Ejecución.....	83
Figura 2-29: Modelado 3D de la base del tanque de almacenamiento	84
Figura 2-30: Guardado del archivo del modelado de la base del tanque de almacenamiento.....	84
Figura 2-31: Design Modeler de la base del tanque de almacenamiento.....	85
Figura 2-32: Mechanical de la base del tanque de almacenamiento	85
Figura 2-33: Ubicación del Fixed Support de la base del tanque de almacenamiento	86
Figura 2-34: Pressure aplicada de la base del tanque de almacenamiento.....	86
Figura 2-35: Mesh aplicada a la base del tanque de almacenamiento	87
Figura 2-36: Ejecución aplicada a la base del tanque de almacenamiento	87
Figura 2-37: Modelado 3D de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales	88
Figura 2-38: Guardado del archivo del modelado de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales.....	88

Figura 2-39: Design Modeler de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales	89
Figura 2-40: Mechanical de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales	89
Figura 2-41: Ubicación del Fixed Support de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales.....	90
Figura 2-42: Pressure aplicada de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales	90
Figura 2-43: Mesh aplicada a la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales	91
Figura 2-44: Ejecución aplicada a la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales	91
Figura 2-45: Modelado 3D de las orejas de izaje.....	92
Figura 2-46: Guardado del archivo del modelado de las orejas de izaje	92
Figura 2-47: Design Modeler del modelado de las orejas de izaje	93
Figura 2-48: Mechanical del modelado de las orejas de izaje	93
Figura 2-49: Ubicación del Fixed Support del modelado de las orejas de izaje	94
Figura 2-50: Pressure aplicada Al modelado de las orejas de izaje	94
Figura 2-51: Mesh aplicada Al modelado de las orejas de izaje.....	95
Figura 2-52: Ejecución aplicada del modelado de las orejas de izaje.....	95
Figura 2-53: Modelado 3D del pedestal.....	96
Figura 2-54: Guardado del archivo del modelado del pedestal.....	96
Figura 2-55: Pantalla Workbench del Pedestal	97
Figura 2-56: Engineering Data del Pedestal.....	97
Figura 2-57: Pantalla Workbench – Geometry I. del Pedestal.....	98

Figura 2-58: Pantalla Workbench – Geometry II. del Pedestal	98
Figura 2-59: Design Modeler del Pedestal.....	99
Figura 2-60: Mechanical (Pedestal)	99
Figura 2-61: Ubicación del Fixed Support (Pedestal).....	100
Figura 2-62: Force (Pedestal).....	100
Figura 2-63: Mesh (Pedestal)	101
Figura 2-64: Ejecución (Pedestal).....	101
Figura 3-1: Deformación Total (Tanque de almacenamiento).....	102
Figura 3-2: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (Tanque de almacenamiento)	103
Figura 3-3: Factor de Seguridad (Tanque de almacenamiento)	104
Figura 3-4: Deformación Total (Base de tanque de almacenamiento sin soportes transversales).....	104
Figura 3-5: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (Base de tanque de almacenamiento sin soportes transversales).....	105
Figura 3-6: Factor de Seguridad (Base de tanque de almacenamiento sin soportes transversales).....	105
Figura 3-7: Deformación Total (Base de tanque de almacenamiento con soportes transversales).....	106
Figura 3-8: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (Base de tanque de almacenamiento con soportes transversales)	107
Figura 3-9: Factor de Seguridad (Base de tanque de almacenamiento con soportes transversales).....	107
Figura 3-10: Deformación Total (de las orejas de izaje).....	109
Figura 3-11: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (de las orejas de izaje)	109

Figura 3-12: Factor de Seguridad (de las orejas de izaje).....	110
Figura 3-13: Deformación Total (Pedestal)	111
Figura 3-14: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (Pedestal).....	112
Figura 3-15: Factor de Seguridad (Pedestal).....	112

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2- 1 Volúmen de un Cubo.....	46
Ecuación 2- 2 Área de un Cuadrado.....	46
Ecuación 2- 3 Esfuerzo Permisible.....	48
Ecuación 2- 4. Fuerza Originada.....	49
Ecuación 2- 5 Espesor de la Placa.....	50
Ecuación 2- 6, Verificación de límite medio.....	51
Ecuación 2- 7. Esfuerzo 1.....	52
Ecuación 2- 8. Esfuerzo 2.....	53
Ecuación 2- 9. Presión.....	53
Ecuación 2- 10. Distancia entre soportes.....	53
Ecuación 2- 11 Flujo volumétrico.....	58
Ecuación 2- 12. Momento.....	66
Ecuación 2- 13 Límite de Ssección.....	66
Ecuación 2- 14 Límite de sección comparaciones.....	67
Ecuación 2- 15. Area.....	71
Ecuación 2- 16. Carga.....	72
Ecuación 2- 17. Constante de Columna.....	72
Ecuación 2- 18. Fórmula Paranólica.....	73
Ecuación 2- 19. Espesor de la placa base.....	76
Ecuación 2- 20. Carga Admisible de Soldadura.....	77

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación presente se enfoca en un análisis de tipo cuantitativo el cual se justifica mediante el uso de parámetros delimitados como el espesor originado por el esfuerzo, procedimientos de soldadura, basados en Normas API, D1.1, D1.6, permite distribuir y almacenar químicos como son antiespumante donde se identifica una inflamabilidad que puede provocar irritación de la piel al estar en contacto, antiescala el cual es una mezcla de poliacrilatos y fosfonatos solubles en agua, así como el JP1 que se da de la combinación de querosene con un alto punto de inflamabilidad, teniendo como objetivo general el diseño de una red de distribución y almacenamiento para SKID de químicos con un controlador de nivel para la empresa YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA. de la ciudad de Quito, mediante el uso de materiales como son: el acero estructural, acero inoxidable, perfil angular, y de tipo UPN con calidad ASTM A36, así como planchas de acero galvanizado, utilizando métodos que permitan la selección de alternativas de un controlador de niveles, obteniendo el más adecuado como es el Medidor de Nivel de Cristal, de la misma manera mediante la selección de alternativas se selecciona un Acero AISI 304, dimensionando el tanque adecuadamente, donde $b = 1.182$ m, $a = 1.182$ m y $h = 1.5$ m, donde los esfuerzos permisibles determinados es 24.28 Kpsi, obteniendo un espesor de las paredes de 4 mm, seleccionado accesorios como son codos, Te, acoples, bombas, diseño del pedestal, obteniendo esfuerzos equivalentes aceptables de 23.82 MPa, validando sus diseños mediante la obtención de factores de seguridad de 2.604, el cual es aceptable, generando además datos aceptables en los análisis de las orejas de izaje, así como en el pedestal, generando máximo una deformación de hasta 2.26 mm, tensiones equivalentes de hasta 44.63 MPa, dando resultados en el FDS de 3.00 el cual es un valor muy aceptable para aplicaciones de diseños de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas.

ABSTRACT

The present research focuses on a quantitative analysis which is justified by the use of delimited parameters such as thickness caused by stress, welding procedures, based on API Standards, D1.1, D1.6, allows distribution and storage Chemicals such as defoamers where flammability is identified that can cause skin irritation when in contact, antiscala which is a mixture of water-soluble polyacrylates and phosphonates, as well as the JP1 that occurs from the combination of kerosene with a high flash point, with the general objective of designing a distribution and storage network for chemical SKIDs with a level controller for the company YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA of the city of Quito, through the use of materials such as: structural steel, stainless steel, angular profile, and UPN type with ASTM A36 quality, as well as galvanized steel plates, using methods that allow the selection of alternatives of a Level controller, obtaining the most suitable as is the Crystal Level Meter, in the same way by selecting alternatives, an AISI 304 Steel is selected, dimensioning the tank properly, where $b = 1,182$ m, $a = 1,182$ m and $h = 1.5$ m, where the permissible stresses determined is 24.28 Kpsi, obtaining a thickness of the walls of 4 mm, selected accessories such as elbows, Te, couplings, pumps, pedestal design, obtaining acceptable equivalent stresses of 23.82 MPa, validating their designs by Obtaining safety factors of 2,604, which is acceptable, also generating acceptable data in the analysis of the lifting ears, as well as on the pedestal, generating maximum a deformation of up to 2.26 mm, equivalent tensions of up to 44.63 MPa, giving results in the SDS of 3.00 which is a very acceptable value for applications of designs of static structures or elements of machines under dynamic loads.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Investigaciones preliminares

Las investigaciones preliminares referentes al tema presentado son:

Según, Jiménez, (2009), en su tema de investigación titulado como “Diseño y Construcción de un Tanque Para Almacenar 2000 Toneladas de Aceite de Palma Basado en la Norma API-650-2007”, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la Escuela Superior Politécnica del Litoral: Guayaquil., indica que el desarrollo de un procedimiento de soldadura requiere estar familiarizado con el código ASME IX, en donde se detallan el alcance del ensayo ejecutado para calificar sus procedimientos así como a su personal, siguiendo en la norma estándar API-650 la selección de los elementos constitutivos del tanque, los cálculos de los elementos estructurales, así como mecanismos y programas útiles, basados en una hoja de tipo electrónica, originando un diseño fiable, siguiendo las recomendaciones estandarizadas en la Norma, en base a tipos de tanques clasificados en cilindros horizontales, así como los verticales de fondo plano, con techo fijo, flotantes o sin techos. [1]

Según, Revelo (2015), en su trabajo de investigación titulado como “Diseño de tanques, usados en la separación del agua de formación para el proceso de reinyección, estación Secoya”, trabajo de grado presentado previo a la obtención del título de Ingeniería Química, en la Universidad Central del Ecuador: Quito, concluye que el diseño del tanque T-050 es menor a 15 ppm, donde el agua es tratada en pozos de reinyección, donde se separan las partículas de menor tamaño, mediante la adición de químicos donde permitan aumentar su tamaño, mejorando la calidad del producto,

recomendándose seguir la Norma API-650, donde la vida útil del tanque es prolongada, diseñándose un tanque que servirá como pulmón para separar los residuos, incorporándose además un sistema de barrido debiendo cerrarse las válvulas de acuerdo a la cantidad de sólidos, considerándose los procesos que deberá ocurrir para diseñar los tanques de procesos. [2]

Según, Cabezas & Núñez (2011) en su tema de investigación titulado como “Diseño y simulación de un tanque de techo fijo para almacenar petróleo de 3000 BLS de capacidad en la plataforma del Pozo Sacha 192, ubicada en la provincia de Orellana”, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, detalla que el diseño está basado en normas y principios técnicos, utilizadas las Normas API-650, en base a métodos de fabricación, calificación y procedimientos de soldadura, montaje, inspección técnica, entre otras, en base a una norma válida, fiable y realizable, con planchas traslapadas, con el fin de absorber deformaciones garantizando una funcionalidad permanente, con procedimientos de soldadura SMAW, GMAW y FCAW, con procesos de limpieza y pintura según las especificaciones ejecutadas SSPC, STEEL STRUCTURE PAINTING COUNCIL, simulando en el programa SAP 2000, después de soportar tanto las cargas muertas, vivas, hidrostáticas, sismos y viento. [3]

1.1.2. Justificación

1.1.2.1. Justificación Técnica

La presente investigación se ha desarrollado en función de los requerimientos de la empresa YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA. donde el interés del proyecto radica en el diseño de una red de distribución que canalice los químicos hacia una planta que sirva de almacenamiento a través de tomas, mediante un controlador de presiones, donde se determinará su forma, dimensionamiento, selección de materiales y componentes por el establecimiento de factores como son:

- Espesor por esfuerzo.
- Procedimientos de soldadura.

- Normas:

API 650, la misma que es utilizada para la construcción de tanques soldados para el almacenamiento a presión atmosférica, la cual recomienda que la presión interna puede estar sometida a 15 psi, y a temperaturas máximas de 90°C.

UN 31A/Y, la cual es una norma de la Unión Europea, la misma que se utiliza para el transporte y almacenamiento de productos químicos.

- Materiales que existan en el mercado local o nacional.
- Presiones generadas.
- Materiales que presenten alta resistencia al desgaste, deformación, corrosión, funcionalidad, resistencia al esfuerzo, propiedades térmicas apropiadas para procesar geometrías complejas en láminas metálicas, mediante fases de interacción, que ayuden a resolver los problemas originados utilizando herramientas matemáticas, estadísticas, así como computacionales, mejorando el proceso de distribución y stock del producto.

Los químicos que se van distribuir y almacenar son:

- Antiespumante, el cual es un aditivo químico que reduce y dificulta la formación de espuma en los líquidos de procesos industriales, donde se identifican una inflamabilidad 0, pueden provocar irritación en contacto con la piel.
- Antiescala, son mezclas de poliacrilatos y fosfonatos, solubles en agua, puede producir irritación en caso que este en contacto con la piel.
- JP1, es un químico, que se da de la combinación de queroseno, con un alto punto de inflamabilidad y un punto de congelación de $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-76\text{ }^{\circ}\text{F}$).

Como se puede identificar, los químicos deben estar tener un almacenamiento especial, el cual puede ser manipulados solo por personal capacitado y con equipo apropiado.

1.1.2.2. Justificación Económica

Según informes de diseños similares se detalló, que el material es un factor crítico que intervienen de manera directa en la durabilidad de sus instrumentos, por lo que se consideró al acero inoxidable AISI 304, debido a su composición química, resistencia mecánica, así como la física, disponible en el mercado local así como nacional, por lo que es una alternativa aceptable para llevar adelante el proyecto, el cual puede presentar una durabilidad en climas corrosivos, con alta resistencia al desgaste, encaminadas a incrementar la confiabilidad, constituyéndose en la empresa como un activo de gran utilidad, pudiendo incrementar la producción.

Se debe tener presente que el proyecto de investigación origina un valor representativo en la distribución y almacenamiento de SKID de Químicos, en un proceso definido, al alcance de la información bibliográfica pudiendo encontrar los materiales y componentes de manera fácil en el mercado local y nacional, definiendo de esta manera su factibilidad, en un sistema globalizado y competitivo de la industria de nuestro país, mejorando la matriz productiva de manera directa e indirecta.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Tanques de procesos de almacenamiento

Los tanques de proceso son elementos donde se generan cambios químicos o físicos de un determinado producto, con características distintas a las que el fluido ingresa, en base a la presión interna, externa, temperatura, caudal, entre otras. [2]

Los tipos de tanques se da en función de:

- Tratamiento
- Producción
- Transporte
- Refinación
- Distribución
- Servicios

1.1.3.2. Tipos de Tanques de Almacenamiento

La clasificación de los tanques que se da en base a los **servicios de almacenamiento** son:

Tabla 1-1: Tipos de tanques de almacenamiento

TANQUE	SUBDIVISIÓN
Cilindros con techo cónico fijo	Soportados Auto soportados
Cilindros con tapa cóncava	
Cilindros con techo flotante	
Cilindros con membrana flotante	
Tanques de techo cónico radial	
Tanques de techo cónico esférico	
Tanques de techo flexible	
Tanques soldados	
Tanques atornillados	
Tanques empernados	
Tanques remachados con techo cónico	

Fuente: [2]

- **Tanques de almacenamiento de techo cónico fijo soportados**, son utilizados para recolectar o almacenar productos con baja presión de vapor, sin emitir vapores a temperaturas ambientes, con una pendiente mínima del 6%. [2]

Las ventajas que tiene un tipo de tanques de almacenamiento de techo cónico soportado según Del Castillo (2018), [4], son:

1. Tiene un diseño estructural sencillo y simple.
2. Obstrucciones mínimas internas
3. Económicas
4. Mayor eficiencia en caso de requerir techo flotante

Las desventajas que tiene un tipo de tanques de almacenamiento de techo cónico soportado según Del Castillo (2018), [4], son:

1. Menos eficiente para capas de protección interna
2. Diámetro de tanque limitado
3. Difícil de inspeccionar

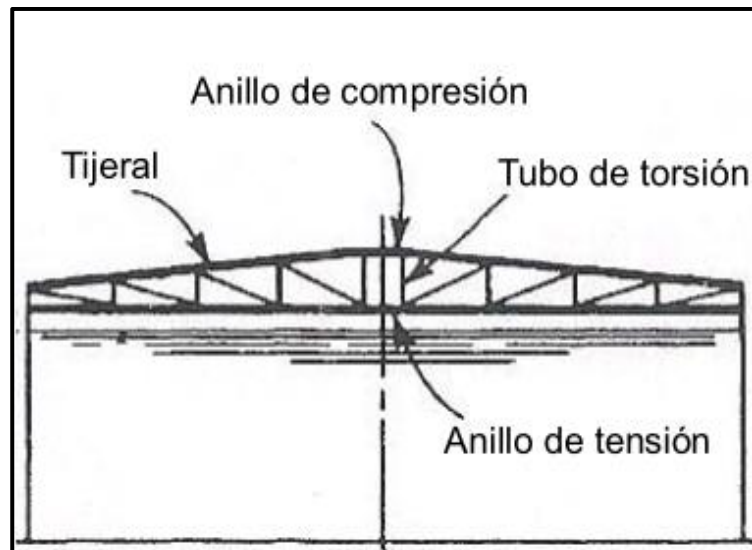


Figura 1-1: Tanques de techo cónico soportado, [5]

- **Tanques cilíndricos con techo cónico fijo auto-soportados**, son dispositivos de almacenamiento de forma cilíndrica con techo cónico fijo, constituido sobre sistemas unificados de vigas y columnas que soportan el peso originado por el techo. [2]

Las ventajas que tiene este tipo de tanques según Del Castillo (2018), [4], son:

1. Mínimas obstrucciones internas.
2. Económicas
3. Adecuados para capas de protección interna
4. Mayor eficiencia en caso de convertir en techo flotante interno.

Las desventajas que tiene este tipo de tanques según Del Castillo (2018), [4], son:

1. Puede requerir un techo con más peso en las placas gruesas.
2. Es aplicable y funcional solo en tanques pequeños

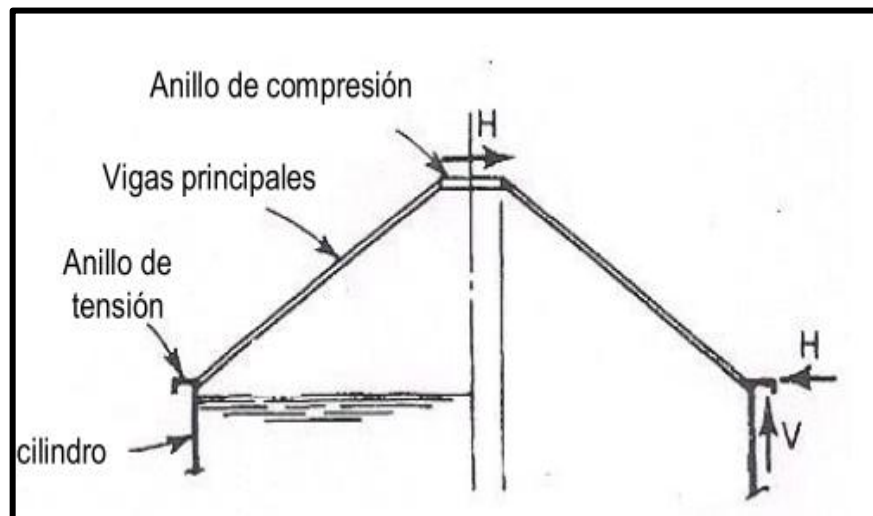
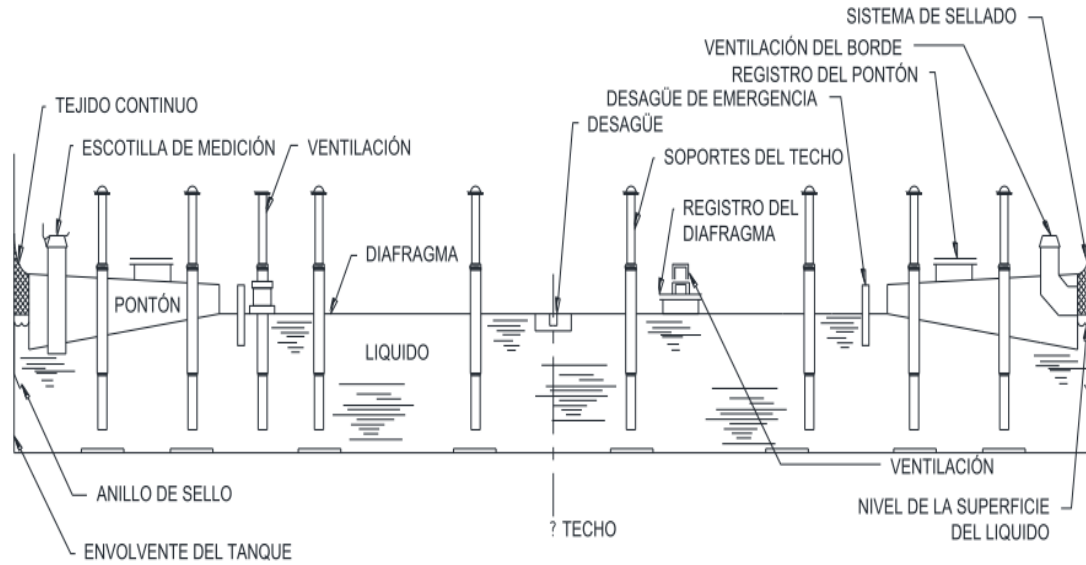


Figura 1-2: Tanques de techo cónico auto-soportado, [5]

- **Tanques cilíndricos con tapa cóncava**, son dispositivos de forma cilíndrica en forma de tipo cóncava, recolectando productos con alta presión, adecuados para almacenar químicos. [2]
- **Tanques cilíndricos con techo flotante**, con similitudes parecidas a los tanques con techo fijo, diferenciándose en su techo el cual es soportado por el fluido almacenado, con techo flotante interno o externo, permitiendo recolectar

petróleos livianos y pesados, evitando la perdidos del volumen por evaporación.
[2]



TECHO FLOTANTE POR PONTÓN

Figura 1-3: Techo Flotante. [5]

Los tanques de techo flotante según Del Castillo (2018), [4], son:

Techo flotante externo, los cuales son divididos en:

1. Techo de bajo con pontón flotante, donde sus ventajas son:

- Construcción más económica
- Correctos para altas presiones de vapor
- Buena flotabilidad

2. Techo de doble diafragma, donde sus ventajas son:

- Puede ser aislado fácilmente
- Estructura muy fuerte
- Correcto para altas presiones de vapor

- Excelente flotabilidad

3. Domo de conservación de vapor

Disminuye el requerimiento para evitar fugas de gas

Útil para usar contenedor de gas

Techo flotante interno, los cuales son divididos en:

1. Techo de cacerola
2. Techo de cacerola con muro de contención
3. Techos de diafragma y pontón

- **Tanques cilíndricos con membrana flotante**, son útiles con membranas de contacto evitando el espacio de vapor originado entre el líquido y el techo flotante, siendo de aluminio o de polímeros ubicado en el interior del tanque, disminuyendo la formación de gases y evaporación del producto. [2]
- **Tanques de techos cónicos radiales y esféricos**, se usan para almacenar o recolectar productos de tipo volátiles, con altas presiones de vapor, generándose gases licuados a presión atmosféricas, diseñados bajo normativas de tipo API, manteniéndose a temperaturas -42°C , empleado en presiones inferiores a 15 Kg/cm² a temperatura ambiente, con normas API, estipulados en el código ASME, sección VIII. [2]
- **Tanques de techo flexible**, usados para disminuir pérdidas de vapor originados por el cambio de temperatura, equipado con techo de láminas de acero flexible, con válvulas de control a una altura prefijada, siendo utilizados para almacenar por mucho tiempo. [2]
- **Tanques soldados**, útiles para recolectar volúmenes que se ubican en el rango desde 65000 Bls hasta llegar a 350000 Bls, constituidos por aminas de acero;

pudiendo ser armados en plantas productoras de este tipo de tanques hasta de Bls. [2]

- **Tanques atornillados o empedrados**, son útiles para recolectar de 30 a 10000 Bls, con una fácil y sencilla ubicación usándose en instalaciones provisionales. [2]
- **Tanques remachados con techo cónico**, son tanques muy grandes, constituidos con placas de acero, remachadas una sobre otra, con una capacidad de almacenamiento variante entre 240 a 134000 Bls, en base a normas API, con un declive de 19 mm, por cada 30 cm, montados sobre columnas de acero estructural. [2]

La clasificación de los tanques que se da **por su construcción** son:

a) Atmosféricos y de baja presión: $P \leq 2.5$ PSIG

Según Guainilla (2010), [6], los tanques de almacenamiento clasificados por su construcción de tipo atmosféricos y de baja presión $P \leq 2.5$ PSIG son:

1. Techo fijo

Los de techo fijo son divididos en:

- Soportados
- Auto – soportados

Los de techos fijos son:

- Cónicos
- Domo o Paragua

2. Techo flotante

Los de techo flotante se dividen en:

- Cubierta interna flotante
- Doble cubierta externa
- Cubierta simple externa

3. Tope abierto

b) Media presión: $2.5 \text{ PSIG} < P \leq 15 \text{ PSIG}$

Además según Guainilla (2010), [6], los tanques de almacenamiento clasificados por su construcción de tipo Media presión: $2.5 \text{ PSIG} < P \leq 15 \text{ PSIG}$, son:

- Refrigerados
- No refrigerados

c) Presurizados: $P > 15 \text{ PSIG}$

Según Guainilla (2010), [6], indica además que los tanques de almacenamiento clasificados por su construcción de tipo Presurizados: $P > 15 \text{ PSIG}$, son:

- Cilindros
- Esferas

La clasificación de los tanques que se da **por su uso** son:

- Producción (Refinería)
- Yacimiento
- Terminal de despacho
- Reserva

La clasificación de los tanques que se da **por su producto** son:

- Crudo
- Naftas
- LPG

1.1.3.3. Normas y códigos útiles para el diseño, calculo y construcción de tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento según Guainilla (2010), [6], se manejan en base a Normas API, los cuales aplican ciertos estándares.

- **API Standard 620 (1990)**, es útil, para el diseño de grandes tanques de tipo horizontal o vertical, los cuales operan en presiones menores de 2.5 PSIG pero no mayor a 15 PSIG a temperaturas no mayores a 93°C.
- **API Standard 650 (1998)**, es útil para la construcción de tanques soldados, donde su presión interna está a 15 Kg a 90°C, la cual establece el siguiente procedimiento:
 1. Alcance
 2. Referencias
 3. Definiciones
 4. Materiales
 5. Diseño
 6. Fabricación
 7. Erección
 8. Métodos de inspección de juntas
 9. Procedimientos de soldadura
 10. Cualificación del soldador
 11. Calificación
 12. Apéndices

Diferencias entre la comparación de Normas API-650 ó API-620

Tabla 1-2: Comparación de características entre las API – 650 ó API - 620

Características		Unidades	API-650	API-620
Temperatura máxima		° C	93.3	93.3
Temperatura mínima		° C	-28.8	Desde 45 hasta 167
Presión interna		Kg/cm ²	Atmosférica	1
Espesor máximo cuerpo		Cm	44.4	-
Espesor mínimo cuerpo	Si D < 15.2 m	Mm	4.75	4.75
	15.2 m < D > 36.5 m		6.35	6.35
	36.5 m < D > 60.9 m		7.93	7.93
	D > 60.9 m		9.52	9.52
Espesor máximo techo		Mm	6.35	-
Espesor mínimo techo		Mm	4.76	-
Ángulo mínimo de coronamiento	D < 10.6 m		50.8 mm x 50.8 mm x 4.76 mm	50.8 mm x 50.8 mm x 4.76 mm
	10.6 m < D > 18.2 m		50.8 mm x 50.8 mm x 6.35 mm	50.8 mm x 50.8 mm x 6.35 mm
	D > 18.2 m		76.2 mm x 76.2 mm x 9.52 mm	76.2 mm x 76.2 mm x 9.52 mm

Fuente: [7]

- **API Specification 12D**, es útil para tanques de tipo horizontal o vertical, para almacenaje de líquidos de producción donde se detalla que las capacidades varían entre 73 m³ y 1500 m³.
- **API Specification 12F**, es útil para tanques de tipo horizontal o vertical, para almacenaje de líquidos de producción donde se detalla que las capacidades varían entre 13.5 m³ y 75 m³.
- **API Standard 653 (1991)**, es útil para la inspección, desmontaje, reparación y reconstrucción de tanques de tipo horizontal o vertical, aplicando técnicas de Ensayos No Destructivos.

1.1.3.4. Normativas aplicables en la fabricación de tanques

Las normativas aplicables según Gudiño & Rubio (2007), [8], son:

- ASME – American Society of Mechanical Engineers
- API – American Petroleum Institute
- AWS – American Welding Society

1.1.3.5. Características de los tanques de almacenamiento

Las características de los tanques según Guainilla (2010), [6], son:

- Constitución de planchas de acero
- Calibración antes de ponerse en servicios
- Deben contener una escotilla de medición
- Debe poseer sistemas de venteos
- Debe poseer líneas de entrada del producto
- Debe poseer líneas de salida del producto
- Debe poseer líneas de Drenaje

- Debe poseer además agitadores

1.1.3.6. Accesorios comunes de tanques de almacenamientos

Según Guainilla (2010), [6], indica que los accesorios más comunes que tienen un tanque de almacenamiento son:

- Venteos
- Sofocador de venteos
- Entrada de servicio
- Mezcladores de tanque
- Pantallas protectoras de la luz solar
- Color de tanque
- Líneas de espuma
- Cámaras de espuma
- Indicadores de temperaturas
- Medidores automáticos de nivel
- Drenaje de agua
- Sello del techo
- Soportes del techo
- Pintura

1.1.3.7. Características de los tanques de almacenamiento para SKID de Químicos

Las características de los tanques de almacenamiento para SKID de Químicos son:

- Planchas de acero inoxidable AISI 304
- Soldadura de una sola pieza

- Soldadura de una sola costura
- Anillo de sujeción atornillado
- Agarraderas de elevación
- Válvula de bola
- Manija de bloqueo
- Drenaje lateral

1.1.3.8. Aplicaciones de los tanques de almacenamiento para SKID de Químicos

Las aplicaciones de los tanques de almacenamiento y transporte para SKID de Químicos son útiles para:

- Materias primas combustibles
- Materias primas inflamables
- Disolventes
- Preparación química a base de disolventes
- Productos químicos útiles para el tratamiento del agua
- Pinturas y productos afines
- Pigmentos
- Tintes
- Productos químicos de limpieza
- Productos químicos de saneamiento
- Preparaciones farmacéuticas
- Transporte terrestre de líquidos peligrosos
- Preparaciones alimenticias

1.1.3.9. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

El dimensionamiento del tanque de almacenamiento sigue un procedimiento el cual es:

- Selección de la forma
- Selección del material
- Calculo del espesor de la envolvente cilíndrica
- Calculo del espesor del techo
- Comprobación
- Calculo de carga de viento
- Calculo de carga sísmica

1.1.3.10. Caracterización del Acero Inoxidable AISI 304

El acero AISI 304, corresponde a la familia de los aceros inoxidable austeníticos, el cual tiene las siguientes propiedades. [9]

- **Propiedad Mecánica**

La propiedad mecánica está estructurado de la siguiente manera:

- La estructura cristalina del acero austenítico inoxidable es.

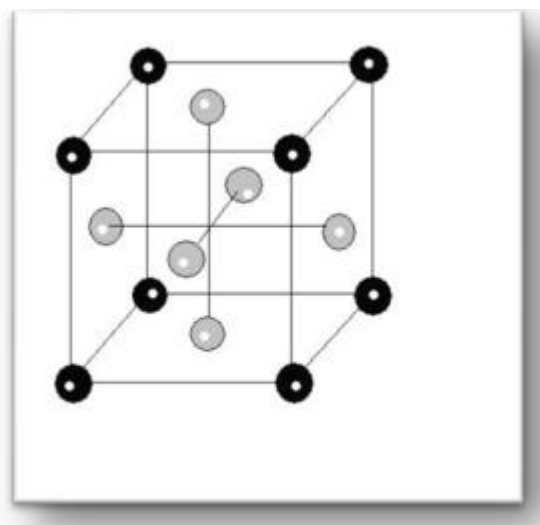


Figura 1-4: Estructura cristalina del acero austenítico inoxidable. [9]

Tabla 1-3: Propiedades Mecánicas

Propiedad a 20°C	Valor	Unidades	
Densidad	7.95	Kg/dm ³	
Módulo de Elasticidad	193 000	N/mm ²	
Calor Específico a 20°C	500	J/Kg°K	
Conductividad Térmica. A 100°C	16	W/m°K	
A 500°C	21		
Coeficiente Medio de Expansión Térmica 0/100°C	16.05	x 10 ⁶ /°C	
0/300°C	16.20		
0/500°C	17.46		
0/700°C	18.54		
Intervalo de fusión	1371/1398	°C	
Dureza Brinell	Recocido	130/185	HB
Dureza Rockwell	Recocido	70/85	HRB
Resistencia a la tracción		540/690	N/mm ²
Límite elástico		205/410	N/mm ²
Resistencia al impacto		160	J/cm ²

Fuente: [9]

- Composición Química

La composición química está estructurada de la siguiente manera:

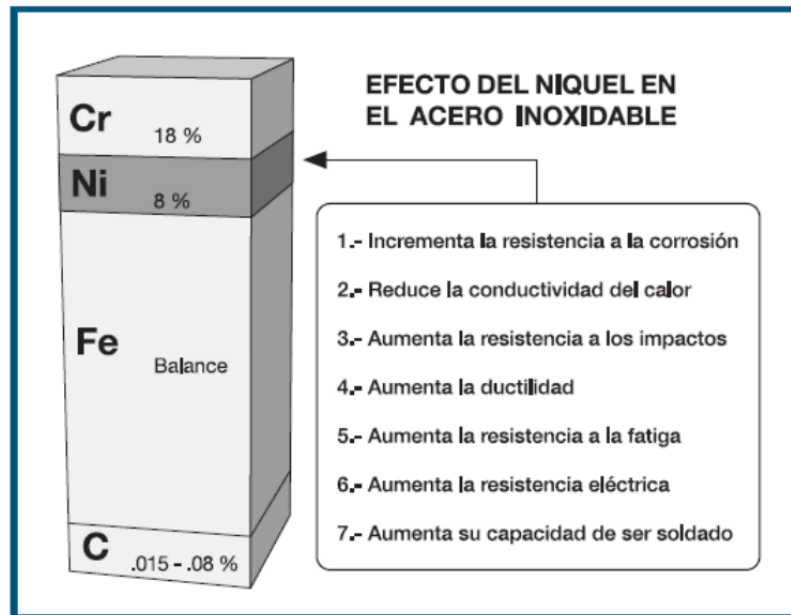


Figura 1-5: Composición Química del Acero AISI 304. [10]

- **Características generales de los aceros inoxidables**

Las características generales de los aceros inoxidables son:

- Designación comercial: Serie: Cr.Ni.Mn

Serie: Cr.Ni

- Endurecimiento: Por tratamiento térmico llegando sobre 1000°C.

Tiene buena templabilidad

- Magnetismo.

- Resistencia a la corrosión: hasta 500°C.

- Ventajas: Mayor dureza

- Soldabilidad: Soldadura frágil

Poscalentamiento revenido de 600°C - 750°C.

- Temperatura de uso: Revenido a 600°C.

- Aplicación: Se emplean en la producción de álabes de turbinas, herramientas quirúrgicas, cojinetes, entre otras.

- Estructura metalográfica:

Austeníticos: Esta formado en estado recocido, donde la adición mínima es del 8% de Níquel.

Ferríticos: Hasta 911°C, donde el Hierro se cristaliza en una estructura cubica, centrada en el cuerpo, definido como ferrita o hierro.

Martensíticos: Esta constituido de aceros templados que se originan por enfriamiento a temperatura ambiente, templando a 600°C.

1.1.3.11. Controlador de nivel

Es un dispositivo encargado de medir la altura de los líquidos, dentro de un tanque u otro recipiente. [11]

Los controladores o medidores de nivel, se clasifican por:

- Instrumentos de medida recta, estos a su vez se subclasifican en:
 1. Medidor de sonda, consiste en una varilla graduada, la cual se ubica en el interior del tanque [11]
 2. Medidor de cinta y plomada, este sistema consiste de una cinta graduada y un plomo en la punta, la cual se utiliza cuando es difícil el acceso al fondo del tanque. [11]
 3. Medidor de nivel de cristal, consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos, los cuales están unidos a estanques mediante tres válvulas, dos de cierre y uno de purga, estos se emplean en presiones de hasta 7 bares. [11]

Cristal con armadura



Cristal normal

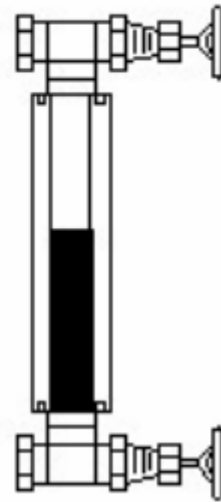


Figura 1-6: Medidores de niveles de cristal. [11]

4. Medidor de flotador, consiste en un flotador ubicado en el seno del líquido el cual va conectado al exterior del estanque sobre una escala graduada. [11]
- Instrumentos basados en la presión hidrostática, las cuales se subdividen en:
1. Medidor manométrico, consiste en un manómetro conectado directamente a la sección inferior del estanque, el cual mide la presión generada por la altura del líquido. [11]
 2. Medidor de membrana, se utiliza en membranas conectadas en un tubo estanco al instrumento receptor. [11]
 3. Medidor de tipo burbujeo, se usa a través de un regulador de caudal el cual va ubicado por un tubo sumergido en el deposito hasta el nivel mínimo. [11]
 4. Medidor de presión diferencial de diafragma, consiste en un diafragma el cual esta en contacto con el líquido del estanque. [11]
- Instrumentos basados en características eléctricas, las cuales se clasifican en:

1. Medidor conductivo, denominado también resistivo, el cual consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja dichos electrodos. [11]
2. Medidor capacitivo, evalúa la capacidad del condensador formado por un electrodo introducido en el líquido y las paredes del estanque. [11]
3. Medidor ultrasónico, se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante. [11]
4. Medidor de radiación, el cual consiste en un emisor de rayos gamma, ubicado verticalmente en un lado del estanque y un contador que transforma la radiación recibida. [11]
5. Medidor laser, se utiliza en aplicaciones donde las condiciones son muy duras y los niveles convencionales fallan. [11]

1.1.3.12. Fluidos

Dentro de los fluidos a analizar están:

- **Antiescala**, son mezclas de poliacrilatos y fosfonatos, solubles en agua, puede producir irritación en caso que este en contacto con la piel.
- **JP1**, es un químico, que se da de la combinación de queroseno, con un alto punto de inflamabilidad y un punto de congelación de $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-76\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- **Antiespumantes**, son agentes tensoactivos que trabajan por medio de tensiones superficiales intermedias para lograr desestabilizar la espuma y liberar el aire retenido en la emulsión, por lo que su tensión superficial debe ser inferior a la del agente surfactante utilizado de forma inicial (como humectante) para así poder romperlas de manera rápida, agregando un producto para mejorar sus propiedades, formulando aditivos de hasta el 20% de composición final. [12]

La actuación de los agentes antiespumantes se da de la siguiente forma:

- Por formación donde se dividen en:
 1. Irreversibles, los cuales tendrán un efecto de antiespuma sobre una solución coloidal de aminoácidos.
 2. Labil, la cual se usa durante el empleo en exceso de agente antiespuma
- Por formación de una película superficial
- Por extensión de una película superficial

La aplicación se da en:

1. “Fabricación de recubrimientos
2. Aplicación de tintas
3. Producción de plásticos
4. Producción de lubricantes
5. Adhesivos
6. Obtención de resinas” [12]

Hipótesis

El diseño de una red de distribución y almacenamiento es el adecuado para el SKID de químicos con un controlador de nivel para la empresa YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA.

1.1.4. Señalamiento de variables de la hipótesis

1.1.4.1. Variables independientes

Diseño de una red de distribución y almacenamiento.

1.1.4.2. Variables dependientes

SKID de químicos con un controlador de nivel para la empresa YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA.

1.1.5. Objetivos

1.1.5.1. Objetivo General:

Diseño de una red de distribución y almacenamiento para SKID de químicos con un controlador de nivel para la empresa YANAOIL TECHNOLOGIES CIA. LTDA. de la ciudad de Quito.

1.1.5.2. Objetivos Específicos:

- Selección de alternativas de materiales para la red de distribución y almacenaje de SKID de Químicos.
- Selección de un controlador de nivel apropiado.
- Elección de materiales, diseños y componentes.
- Análisis de costos de materiales y manufacturación.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Los materiales que se emplean para el diseño de una red de distribución y almacenamiento para SKID de químicos son:

2.1.1. Acero estructural

Es un material compuesto por hierro puro + metaloides (C, S, P, Si) + metales variables (Mn, Cr, Ni..), industriales y comerciales, presentando las siguientes características: [13]

- **Densidad**, es de 7 850 kg/m³.
- **Punto de fusión**, se da en base al tipo de aleación a temperaturas alrededor de los 1375°C.
- **Punto de ebullición**, esta se da alrededor de los 3000°C.
- **Tenacidad**, se da en función de la capacidad a resistir cualquier sollicitación.
- **Ductilidad**, se determina en función de la tolerancia ejercida a grandes deformaciones.
- **Dureza**, esta se da en función del hierro y otros materiales de aleación, en Brinell, Vickers y Rockwell.
- **Tenacidad**, es la propiedad principal encargada de absorber energía en grandes cantidades.
- **Corrosión**, esta se produce por la presencia del hierro el cual se incrementa con facilidad.

- **Conductividad**, esta depende de su composición aproximada de $3 \times 10^6 \text{ m}^{-1}$
- **Elasticidad**, es muy alto en función de su límite elástico, el cual vuelve a su forma original.
- **Alta resistencia mecánica**, sometidas a esfuerzos de tipo de tracción y compresión.
- **Soldabilidad**, se trata de un componente útil que permite unir por medio de soldaduras.
- **Forjabilidad**, se trata que al calentarse se le puede dar una forma deseada.

Los tipos de acero estructurales útiles en el diseño de una red de distribución y almacenamiento para SKID de químicos, que se encuentran en el mercado nacional, provincial o local, son:

2.1.1.1. Perfil angular de calidad ASTM A36

Las secciones de los soportes de la estructura se manufacturan de ángulos, los cuales son materiales útiles que forman un ángulo recto, con radios internos, útiles para todas las aplicaciones estructurales, siendo estas fáciles de cortar, soldar, dar forma y maquinar.

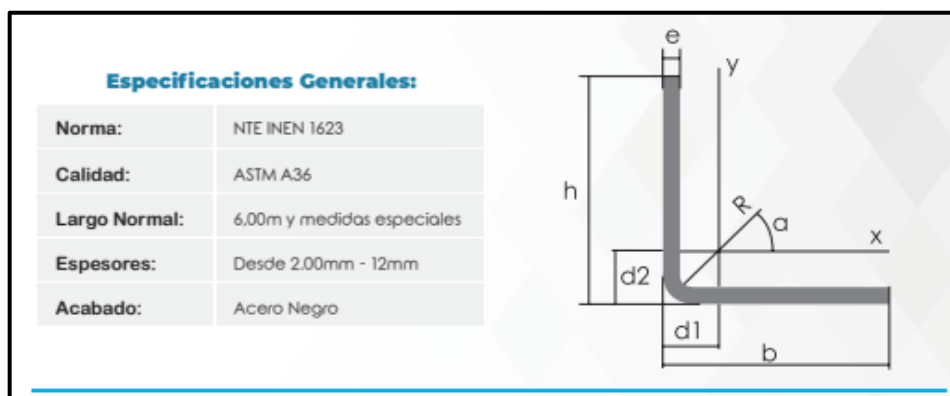


Figura 2-1: Perfiles estructurales Ángulos “L” doblado. [14]

Tabla 2-1: Perfiles estructurales Ángulos “L” doblado

Descripción	Ángulos de alas iguales																			
	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo a	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
	mm	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm	cm	(°)	Ix	Wx	rx	Iy	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
									cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,26	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,26	2,51	47,65	8,26	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,81	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

Fuente: [14]

2.1.1.2. Perfil UPN de calidad ASTM A 36

Perfiles UPN de calidad ASTM A36, son utilizados para la manufacturación del pedestal, donde cuya forma es de U, donde sus caras exteriores son perpendiculares al alma.

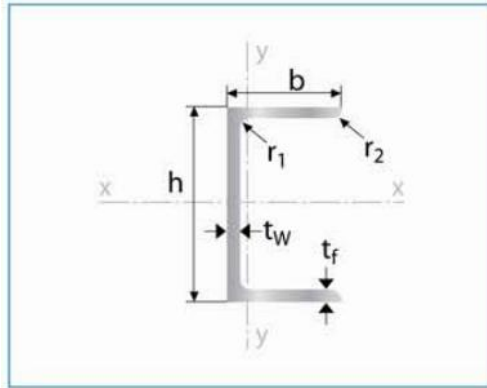


Figura 2-2: Perfiles UPN. [15]

Tabla 2-2: Perfiles UPN

Desig- nación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Cons Tors	
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x				
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry		Jt
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm		cm ⁴
UPN 80	80,00	6,00	45,00	8,00	8,00	4,00	46,00	11,00	8,64	106,00	26,50	3,10	19,40	6,36	1,33	2,16	
UPN100	100,00	6,00	50,00	8,50	8,50	4,50	64,00	13,50	10,60	206,00	41,20	3,91	29,30	8,49	1,47	2,81	
UPN120	120,00	7,00	55,00	9,00	9,00	4,50	82,00	17,00	13,40	364,00	6037,00	4,62	43,20	11,10	1,59	4,15	
UPN140	140,00	7,00	60,00	10,00	10,00	5,00	98,00	20,40	16,00	605,00	86,40	5,45	62,70	14,80	1,75	5,68	
UPN160	160,00	7,50	65,00	10,50	10,50	5,50	115,00	24,00	18,80	925,00	116,00	6,21	85,30	18,30	1,89	7,39	
UPN180	180,00	8,00	70,00	11,00	11,00	5,50	133,00	28,00	22,00	1350,00	150,00	6,95	114,00	22,40	2,02	9,55	
UPN 200	200,00	8,50	75,00	11,50	11,50	6,00	151,00	32,20	25,30	1910,00	191,00	7,70	148,00	27,00	2,14	11,90	
UPN 220	220,00	9,00	80,00	12,50	12,50	6,50	167,00	37,40	29,40	2690,00	245,00	8,48	197,00	33,60	2,30	16,00	
UPN 240	240,00	9,50	85,00	13,00	13,00	6,50	184,00	42,30	33,20	3600,00	300,00	9,22	248,00	39,60	2,42	19,70	
UPN 260	260,00	10,00	90,00	14,00	14,00	7,00	200,00	48,30	37,90	4820,00	371,00	9,99	317,00	47,70	2,56	25,50	
UPN 280	280,00	10,00	95,00	15,00	15,00	7,50	216,00	53,30	41,80	6280,00	448,00	10,90	399,00	57,20	2,74	31,00	
UPN 300	300,00	10,00	100,00	16,00	16,00	8,00	232,00	58,80	46,20	8030,00	535,00	11,70	495,00	67,80	2,90	37,40	
UPN 320	320,00	14,00	100,00	17,50	17,50	8,75	246,00	75,80	59,50	10870,00	679,00	12,10	597,00	80,60	2,81	66,70	
UPN 350	350,00	14,00	100,00	16,00	16,00	8,00	282,00	77,30	60,60	12840,00	734,00	12,90	570,00	75,00	2,70	61,20	
UPN 380	380,00	13,50	102,00	16,00	16,00	8,00	313,00	80,40	63,10	15760,00	829,00	14,00	615,00	78,70	2,77	59,10	
UPN 400	400,00	14,00	110,00	18,00	18,00	9,00	324,00	91,50	71,80	20350,00	1020,00	14,90	846,00	102,00	3,04	81,60	

Fuente: [15]

2.1.1.3. Plancha de Acero Galvanizada bajo Norma: ASTM A36

Esta clase de aceros se utiliza en la producción de moflers, soportes, paredes, así como de las rejillas útiles en los soportes.

Tabla 2-3: Recubrimientos

RECUBRIMIENTO	(TOTAL AMBAS CARAS)	
	TIPO	oz / pie ²
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

Fuente: [16]

2.1.2. Acero Inoxidable

Los aceros inoxidable son aleaciones constituidas a base de hierro, con bajo contenido de carbono y un mínimo del 11% de cromo, donde su característica principal es su alta resistencia a la corrosión formada por una capa de óxido de cromo en la superficie del acero, la cual es extremadamente fina, invisible y adherida al metal; pudiendo ser restaurada en presencia del oxígeno, por daños originados por abrasión, corte o mecanizado.



Figura 2-3: Formación de una capa de óxido de cromo en Aceros Inoxidable. [17]

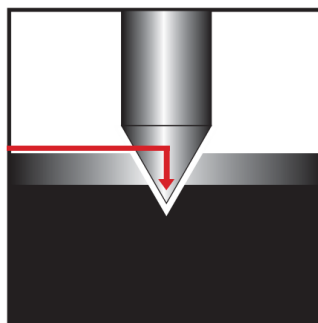


Figura 2-4: Remoción de la capa de óxido de cromo en Aceros Inoxidable. [17]

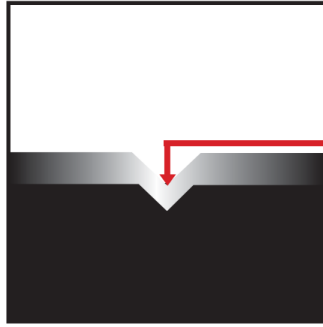


Figura 2-5: Restauración de la capa de óxido de cromo en Aceros Inoxidables. [17]

Las ventajas del acero inoxidable son:

- Resistencia a la corrosión alta.
- Resistencia a la alta y baja temperatura
- Facilidad para la fabricación
- Resistencia mecánica
- Ciclo de trabajo alto

Los principales elementos de aleación y su influencia son:

- Cromo, el cual origina una resistencia a la corrosión.
- Níquel, mejora la tenacidad y ductilidad, minimizando la conductividad del calor, mejorando la resistencia eléctrica, a la fatiga y a la capacidad de ser soldado
- Molibdeno, mejora la resistencia a la corrosión

Los tipos de acero inoxidable útiles en el diseño de una red de distribución y almacenamiento para SKID de químicos, que se encuentran en el mercado nacional, provincial o local, son:

2.1.2.1. Plancha de Acero Inoxidable bajo Norma: AISI 304

Las planchas de acero inoxidable, son útiles para la manufacturación de tanques que necesitan ser producidos por materiales que sean muy resistentes a la corrosión intergranular, con una buena resistencia a la corrosión originada por el agua, ácidos y soluciones alcalinas. [18]

Tabla 2-4: Especificaciones generales del AISI 304

ESPEORES	desde 0.40-15mm
DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

Fuente: [18]

Tabla 2-5: Composición Química

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

Fuente: [18]

Tabla 2-6: Propiedades Mecánicas

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Fuente: [18]

Tabla 2-7: Planchas Inoxidables

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	NI
Austenite	17 Cr-5NI-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6NI-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7NI	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8NI-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8NI	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8NI-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12NI	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12NI	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20NI	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12NI-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12NI-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12NI-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13NI-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13NI-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8NI-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
18Cr-9NI-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00	
Ferrite	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensite	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7NI-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

Fuente: [18]

2.1.2.2. Tubos de acero inoxidable

Son útiles en procesos donde los fluidos actuantes son corrosivos con acabados superficiales óptimos, para las líneas de conexión y transporte de productos químicos que requieren cero oxidaciones.

Tabla 2-8: Tubo Redondo en Acero Inoxidable

TUBO REDONDO EN ACERO INOXIDABLE

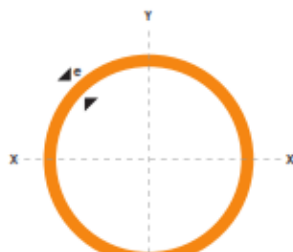
Especificaciones Generales

Norma	AISI 304
Largo Normal	6 mts.
Otros largos dimensiones	previas consulta
Espesor	Desde 5/8" a 2 7/8"



NOMENCLATURA

- A** = Área de la selección transversal del tubo, cm²
- I** = Momento de Inercia de la sección, cm⁴
- W** = Módulo resistente de la sección, cm³
- i** = Radio de giro de la sección, cm



Pulg	mm	ESPESOR		PESO		PROPIEDADES	
		e	P	A	I	W	i
		mm	kg/6m	cm	cm ⁴	cm ³	cm
5/8	15.90	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

Fuente: [19]

2.2. Métodos

2.2.1. Selección de alternativas de un controlador de niveles

2.2.1.1. Selección del controlador de niveles a utilizar

Una vez identificado los tipos de medidores de nivel mas usados en este tipo de producción son:

- Alternativa 1: Medidor de Nivel de cristal
- Alternativa 2: Medidor de Nivel de sonda

2.2.1.2. Método ordinal corregido de criterios ponderados

Según Riba & Molina (2006), [20], recomienda por metodología usadas en diseños concurrentes, organizados mediante módulos funcionales, constructivos, planteados, evaluar los parámetros de cada propiedad, obteniendo resultados satisfactorios y rápidos.

Para lo cual siempre debe estar disponible los siguientes dos elementos que son:

a) Alternativas: Estas son los elementos que se evalúan.

b) Criterios: Se deben definir los criterios en base a alternativas evaluadas.

La evaluación se basa en criterios definidos en tablas de comparación, a los cuales se les designa los siguientes valores que son:

Tabla 2-9: Valores asignados para las ponderaciones

Valor	Descripción
1	Cuando el criterio de las filas es superior que el de las columnas
0.5	Cuando el criterio de las filas es igual que el de las columnas
0	Cuando el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Fuente: [20]

El siguiente paso es definir los criterios de valoración, de la siguiente manera:

2.2.1.3. Definición de cada criterio

- **Costo:** Este criterio es uno de los más importantes, en vista que representa el valor monetario, representados en el valor de adquisición del implemento.
- **Adquisición:** Este ítem a evaluar es muy necesario, ya que el mismo se refiere a la fácil adquisición del material, en el Mercado Local y Nacional.
- **Utilización:** Este ítem se refiere al uso que se le da al medidor de niveles.
- **Facilidad de mantenimiento:** Trata de la facilidad de mantenimiento presente que se le pudiera dar a objetos.

Una vez definido todos los criterios se procede a jerarquizar en el siguiente orden

1. Costo
2. Adquisición
3. Utilización
4. Facilidad de mantenimiento

Costo > Adquisición > Utilización > Facilidad de mantenimiento
--

2.2.1.4. Evaluación por el peso específico

El siguiente paso es la evaluación por el peso específico mediante el método de criterios ponderados en orden jerárquico.

Tabla 2-10: Evaluación del Peso Específico de cada criterio

Criterio	Costo	Adquisición	Utilización	Facilidad de mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Costo		1	1	1	4	0.4
Adquisición	0		1	1	3	0.3
Utilización	0	0		1	2	0.2
Facilidad de mantenimiento	0	0	0		1	0.1
Total					10	1.0

Fuente: El Autor

2.2.1.5. Evaluación del peso específico del criterio Costo

Según la evaluación del peso específico del criterio de costo, la alternativa 1 tiene una ponderación mayor que la alternativa 2, concluyendo que para el costo del proyecto es más económico adquirir el Medidor de Niveles de Cristal que el de tipo Sonda

Tabla 2-11: Evaluación del Peso Específico del criterio Costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0.667
Alternativa 2	0		1	0.333
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.1.6. Evaluación del peso específico del criterio Adquisición

Según la evaluación del peso específico referente al criterio de adquisición, la alternativa 1 tiene una ponderación mayor que la originada por la alternativa 2, concluyendo que el material de más fácil adquisición es el Medidor de Nivel de Cristal que el de tipo Sonda

Tabla 2-12: Evaluación del Peso Específico del criterio Material de fácil adquisición

Adquisición	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0.667
Alternativa 2	0		1	0.333
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.1.7. Evaluación del peso específico del criterio Utilización

Según la evaluación del peso específico referente al criterio de empleo o uso del producto, la alternativa 1 tiene una ponderación superior que la alternativa 2, concluyendo que más utilizables son los Medidores de Nivel de Cristal que los de Tipo Sonda

Tabla 2-13: Evaluación del Peso Específico del criterio Utilización

Empleo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0.667
Alternativa 2	0		1	0.333
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.1.8. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad de Mantenimiento

Según la evaluación del peso específico referente al criterio Facilidad de Mantenimiento, la alternativa 2 tiene una ponderación superior a la alternativa 1, concluyendo que más facilidades de mantenimiento se dan en las del tipo 2.

Tabla 2-14: Evaluación del Peso Específico del criterio Material Resistente

Facilidad de Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0	1	0.333
Alternativa 2	1		2	0.667
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.1.9. Tabla de conclusiones

Al analizar los criterios de selección se toma como prioridad la alternativa 1, con mejor costo, adquisición, resistencia y durabilidad.

Tabla 2-15: Tabla de conclusiones

Conclusiones	Costo	Adquisición	Utilización	Facilidad de mantenimiento	Σ	Ponderado
Alternativa 1	0.2668	0.2001	0.1334	0.033	0.6333	1
Alternativa 2	0.1332	0.0999	0.0666	0.0667	0.353	2

2.2.2. Selección de alternativas para la selección del material

2.2.2.1. Selección del acero inoxidable a utilizar para la construcción de los tanques de almacenamiento

Una vez identificado los tipos de aceros inoxidable más utilizados para la producción de tanques de almacenamiento, se procede con su selección y posteriormente su diseño.

- Alternativa 1: AISI 304
- Alternativa 2: AISI 347

2.2.2.2. Método ordinal corregido de criterios ponderados

Según Riba & Molina (2006), [20], recomienda por metodología usadas en diseños concurrentes, organizados mediante módulos funcionales, constructivos, planteados, evaluar los parámetros de cada propiedad, obteniendo resultados satisfactorios y rápidos.

Para lo cual siempre debe estar disponible los siguientes dos elementos que son:

- a) Alternativas: Estas son los elementos que se evalúan.
- b) Criterios: Se deben definir los criterios en base a alternativas evaluadas.

La evaluación se basa en criterios definidos en tablas de comparación, a los cuales se les designa los siguientes valores que son:

Tabla 2-16: Valores asignados para las ponderaciones

Valor	Descripción
1	Cuando el criterio de las filas es superior que el de las columnas
0.5	Cuando el criterio de las filas es igual que el de las columnas
0	Cuando el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Fuente: [20]

El siguiente paso es definir los criterios de valoración, de la siguiente manera:

2.2.2.3. Definición de cada criterio

- **Costo:** Este criterio es uno de los más importantes, en vista que representa el valor monetario, representados en los materiales, manufacturación, operación y mantenimiento del sistema planteado, maximizando su confiabilidad y eficiencia.
- **Adquisición:** Este ítem a evaluar es muy necesario, ya que el mismo se refiere a la fácil adquisición del material, en el Mercado Local y Nacional.
- **Empleo:** Este ítem en cambio se trata del grado de dificultad presente al momento de emplear o fabricar un determinado elemento con el material propuesto.
- **Durabilidad:** Se trata del tiempo máximo que dura el material antes de perder sus propiedades.
- **Facilidad de mantenimiento:** Trata de la facilidad de mantenimiento presente que se le pudiera dar a objetos elaborados de este este material.
- **Resistencia:** Son materiales que presentan propiedades físicas, químicas y mecánicas aceptables que influyen en la resistencia a la corrosión, así como a la oxidación que se da a los diferentes elementos.

Una vez definido todos los criterios se procede a jerarquizar en el siguiente orden

1. Costo
2. Adquisición
3. Resistencia
4. Durabilidad
5. Empleo
6. Facilidad de mantenimiento

Costo > Adquisición > Resistencia > Durabilidad > Empleo = Facilidad de mantenimiento

2.2.2.4. Evaluación por el peso específico

El siguiente paso es la evaluación por el peso específico mediante el método de criterios ponderados en orden jerárquico.

Tabla 2-17: Evaluación del Peso Específico de cada criterio

Criterio	Costo	Adquisición	Resistencia	Durabilidad	Empleo	Facilidad de mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Costo	1	0	0	0	0	0	6	0.286
Adquisición	0	1	0	0	0	0	5	0.238
Resistencia	0	0	1	0	0	0	4	0.190
Durabilidad	0	0	0	1	0	0	3	0.143
Empleo	0	0	0	0	1	0.5	1.5	0.071
Facilidad de mantenimiento	0	0	0	0	0.5	1	1.5	0.071
Total							21	1

Fuente: El Autor

2.2.2.5. Evaluación del peso específico del criterio Costo

Según la evaluación del peso específico del criterio de costo, la alternativa 1 tiene una ponderación mayor que la alternativa 2, concluyendo que para el costo del proyecto es más económico adquirir el Acero Inoxidable AISI 304 que el AISI 347

Tabla 2-18: Evaluación del Peso Específico del criterio Costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0.667
Alternativa 2	0		1	0.333
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.2.6. Evaluación del peso específico del criterio Adquisición

Según la evaluación del peso específico referente al criterio de adquisición, la alternativa 1 tiene una ponderación mayor que la originada por la alternativa 2, concluyendo que el material de más fácil adquisición es el Acero Inoxidable AISI 304 en comparación con el AISI 347

Tabla 2-19: Evaluación del Peso Específico del criterio Material de fácil adquisición

Adquisición	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0.667
Alternativa 2	0		1	0.333
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.2.7. Evaluación del peso específico del criterio Resistencia

Según la evaluación del peso específico referente al criterio de resistencia, la alternativa 1 tiene una ponderación mayor que la originada por la alternativa 2, concluyendo que el material de mejores propiedades físicas, químicas y mecánicas; mejorando su resistencia a la oxidación y corrosión es el Acero Inoxidable AISI 304 en comparación con el AISI 347.

Donde según (Cia. General de Aceros S.A., 2018) [21], donde sus propiedades mecánicas por el Acero AISI 304, es:

- Resistencia a la tracción = 515 MPa
- Límite de fluencia = 205 MPa
- Elongación = 40%

Presenta una excelente resistencia a la corrosión en una amplia variedad de medios corrosivos como son:

- Químicos orgánicos
- Tintas
- Químicos Inorgánicos

En tanto que según (López, Camurri, Osorio & Ignat, 2002), [22], detalla que:

- Resistencia a la tracción = 750 MPa
- Límite de fluencia = 426 MPa
- Elongación = 45%

Presenta una excelente resistencia a la corrosión en una amplia variedad de medios corrosivos como son:

- Químicos orgánicos
- Tintas
- Químicos Inorgánicos

Como presenta mejores propiedades el AISI 347 que el AISI 304, se concluye que presenta mejores propiedades el AISI 347

Tabla 2-20: Evaluación del Peso Específico del criterio Resistencia

Resistencia	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0	1	0.333
Alternativa 2	1		2	0.667
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.2.8.Evaluación del peso específico del criterio Durabilidad

Según la evaluación del peso específico referente al criterio de durabilidad, la alternativa 1 tiene una ponderación mayor que la originada por la alternativa 2, como se indicó anteriormente el material que presenta mejores propiedades a la resistencia es el AISI 304, vinculando esta propiedad de manera directa a la durabilidad del material en comparación que el acero AISI 347.

Tabla 2-21: Evaluación del Peso Específico del criterio Durabilidad

Durabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0.667
Alternativa 2	0		1	0.333
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.2.9.Evaluación del peso específico del criterio Empleo

Según la evaluación del peso específico referente al criterio de empleo o uso del material, la alternativa 1 tiene una ponderación igual que la alternativa 2, concluyendo que tanto el Acero AISI 304 como el AISI 347, pueden emplearse similarmente sin presentar dificultad alguna.

Tabla 2-22: Evaluación del Peso Específico del criterio Empleo

Empleo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0.5	1.5	0.5
Alternativa 2	0.5		1.5	0.5
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.2.10. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad de Mantenimiento

Según la evaluación del peso específico referente al criterio Facilidad de Mantenimiento, la alternativa 1 tiene una ponderación similar a la originada en la alternativa 2, concluyendo que tanto el Acero AISI 304 como el AISI 347, tienen una facilidad de mantenimiento similar en elementos producidos con esta clase de material⁸

Tabla 2-23: Evaluación del Peso Específico del criterio Material Resistente

Facilidad de Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0.5	1.5	0.5
Alternativa 2	0.5		1.5	0.5
Total			3	1

Fuente: El Autor

2.2.2.11. Tabla de conclusiones

Al analizar los criterios de selección se toma como prioridad la alternativa 1, con mejor costo, adquisición, resistencia y durabilidad.

Tabla 2-24: Tabla de conclusiones

Conclusiones	Costo	Adquisición	Resistencia	Durabilidad	Empleo	Facilidad de mantenimiento	Σ	Ponderado
Alternativa 1	0.191	0.159	0.06327	0.095	0.035	0.035	0.578	1
Alternativa 2	0.095	0.078	0.12673	0.047	0.035	0.035	0.416	2

Fuente: El Autor

2.2.3. Dimensionamiento del Tanque

Como requerimientos de la empresa se tiene lo siguiente:

- La capacidad requerida es de: 550 galones = 2.082m³
- Presión atmosférica de los químicos: 1 atm
- Dimensiones Internas del Tanque Cuadrado de 1.181 m por lado
- Carga y descarga con tubería de diámetro nominal de 2”
- Tiempo de llenado del tanque de 15 minutos

Una vez determinado el volumen que debería tener el tanque se procede a dimensionar de la siguiente manera:

Se inicia determinando el Área en base al volumen originado, como lo sugiere Sarzosa (2017), [23]:

$$Vol = A * h \quad \text{Ecuación 2- 1}$$

Por lo que el Área:

$$A = b * a \quad \text{Ecuación 2- 2}$$

Donde:

- $A = \text{Área}$
- $b = \text{Base} = 1.181 \text{ m}$
- $a = \text{Ancho} = 1.181 \text{ m}$

Por lo que:

$$A = 1.181 \text{ m} \times 1.181 \text{ m} = 1.395 \text{ m}^2$$

Por lo que la altura sería de:

$$2.082 \text{ m}^3 = 1.395 \text{ m}^2 * h$$

$$h = 1.492 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

Por lo que las dimensiones internas del cada tanque serian de:

- $b = 1.181 \text{ m}$
- $a = 1.181 \text{ m}$
- $h = 1.5 \text{ m}$

Por lo que la capacidad del tanque seria de:

$$Vol = a * b * h$$

$$Vol = 1.181 \text{ m} * 1.181 \text{ m} * 1.5 \text{ m} = 2.092 \text{ m}^3$$

Como se puede ver que el volumen del tanque definido es mayor al requerido se da por valido las dimensiones.

$$Vol_{cal} = 2.092 \text{ m}^3 > Vol_{req} = 2.082 \text{ m}^3$$

2.2.3.1. Esfuerzo permisible de las paredes del tanque

Según Sarzosa (2017), [23], indica que el esfuerzo permisible se determina de la siguiente manera:

$$\sigma_p = \frac{Su}{N} \quad \text{Ecuación 2- 3}$$

Dónde:

- σ_p = Esfuerzo permisible
- Su = Resistencia a la tensión = 586 MPa = 85 kpsi
- $N = 3.5$ Factor de diseño de estructuras bajo cargas estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con análisis de esfuerzos al ambiente. [24]

Tabla 2-25: Características de Aceros Austeníticos

Designación del material			Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en pulgadas)
Número AISI	UNS	Condición	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
Aceros austeníticos							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Duro total	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Duro total	185	1280	140	966	8
304	S30400	Recocido	85	586	35	241	60
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60

Por lo que:

$$\sigma_p = \frac{85 \text{ Kpsi}}{3.5} = 24.286 \text{ Kpsi}$$

Otro factor a tener en cuenta es la fuerza o carga, que se origina con los químicos a ubicar por lo que se procede de la siguiente manera:

Donde:

Volumen es: 2.096 m^3

Antiespumante:

- Densidad = 990 Kg/m^3 [25]

Antiescala:

- Densidad = 1197 Kg/m^3 [26]

JP1:

- Densidad = 840 Kg/m^3 [26]

Por lo que las fuerzas que originan estas densidades se determinan de la siguiente manera, según Robert Mott (2006) [27]

$$F = \delta * v \quad \text{Ecuación 2- 4}$$

Donde:

- F = Fuerza generada:
- δ = Densidad
- V = Volumen

Por lo que los químicos **antiespumantes** generan:

- Densidad = 990 Kg/m^3

$$F = 990 \text{ Kg/m}^3 * 2.092 \text{ m}^3$$

$$F = 2071.08 \text{ Kg}$$

En tanto que los químicos **antiescala** originan

- Densidad = 1197 Kg/m^3

Donde:

$$F = 1197 \text{ Kg/m}^3 * 2.092 \text{ m}^3$$

$$F = 2504.124 \text{ Kg}$$

Finalmente con el químico **JP1**, se tiene:

- Densidad = 840 Kg/m³

Donde:

$$F = 840 \text{ Kg/m}^3 * 2.092 \text{ m}^3$$

$$F = 1757.28 \text{ Kg}$$

Como conclusión se tiene que con el:

Químico	Densidad	Carga
Antiespumante	990 Kg/m ³	2071.08 Kg
Antiescala	1197 Kg/m ³	2504.124 Kg
JP1	840 Kg/m ³	1757.28 Kg

Por lo que el diseño se aplicaría con la Carga mayor obtenido del químico antiescala, el cual genera 2504.124 Kg

A continuación, se procede a dimensionar el espesor de las paredes de la siguiente manera:

2.2.3.2. Espesor de la placa requerido

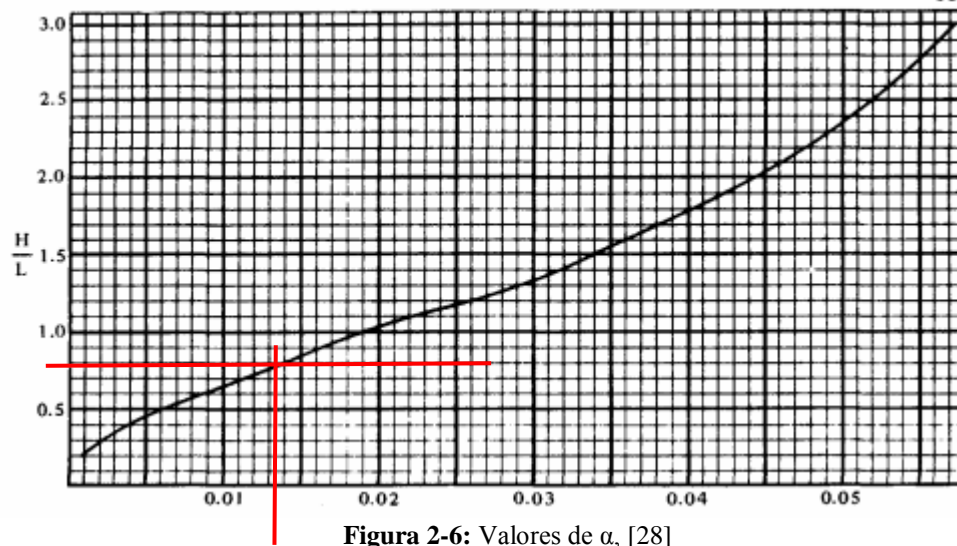
El espesor se determina según (Megyesey, 1992, pág 184), [28], de la siguiente manera:

Donde:

- t = Espesor (pulg)
- L = Longitud más larga de la placa (pulg) = 1.5 m = 59.055 pulgadas
- H = Altura (pulg) = 1.181 m = 46.496 pulgadas
- G = Gravedad específica = 1.2
- S = Resistencia permisible (psi)= 24286 psi
- Factor H/L= 0.8, α =0.0135

$$t = 2.45 L \sqrt{\frac{\alpha H 0.036 G}{S}}$$

Ecuación 2- 5



Donde:

$$t = 2.45 * 59.055 \sqrt{\frac{0.0135 * 49.496 * 0.036 * 1.2}{24286}}$$

$$t = 0.1577 \text{ pulg} = 4 \text{ mm}$$

Según los cálculos dimensionados en el catálogo DIPAC y por la facilidad de adquisición en el mercado local, se selecciona una plancha metálica $e = 4 \text{ mm}$

Finalmente procedemos a la verificación del recipiente de pared delgada.

$$\frac{l_m}{t} \geq 10 \quad \text{Ecuación 2- 6}$$

Por lo que:

$l_m = \text{Lado Medio}$

$t = \text{Espesor} = 4 \text{ mm} = 0.157 \text{ pulgadas}$

$$l_m = 46.5 \text{ pulg.} + 0.157 \text{ pulg.} = 46.657 \text{ pulg.}$$

$$\frac{46.657}{0.157} \geq 10$$

297.2 ≥ 10

Se puede comprobar según los resultados dados que el recipiente si es de pared delgada.

2.2.3.3. Comprobación

Para comprobar se procede a determinar **SI** el material seleccionado para que soporte el esfuerzo requerido es el correcto:

Por lo que según (Mott, 2009, pág 645), [29] inicia:

$$\sigma = \frac{F}{A_m} \quad \text{Ecuación 2- 7}$$

$$F = P * A$$

$$A = b \times a = l^2$$

$$F = P * l_m^2$$

Como no se tiene lado medio se procede a deducir que según (Mott, 2009, pág 646), [29], es:

$$l_m = L - t$$

$$l_m = l + t$$

$$L = l_m + t$$

$$l = l_m - t$$

Área Media del Tanque es:

$$A_m = L^2 - l^2$$

Por lo que:

$$A_m = (l_m + t)^2 - (l_m - t)^2$$

$$A_m = (l_m^2 + 2l_m t + t^2) - (l_m^2 - 2l_m t + t^2)$$

$$A_m = l_m^2 + 2l_m t + t^2 - l_m^2 + 2l_m t - t^2$$

$$A_m = 4l_m t$$

Reemplazando según (Mott, 2009, pág 647), [29] se tiene:

$$\sigma = \frac{P * l_m^2}{4l_m t} = \frac{P * l_m}{4 * t} \quad \text{Ecuación 2- 8}$$

Donde:

- σ = Esfuerzo
- P = Presión
- $l_m = 46.657$ pulg.
- $t = 4 \text{ mm} = 0.157$ pulgadas
- G = Gravedad específica = 1.2
- h = Altura (pulg) = 1.5 m = 59.055 pulgadas

Como no se tiene la presión esta se procede a determinar según (Megyesey, 1992, pág 184), [28] de la siguiente manera:

$$P = 0.036 * G * h \quad \text{Ecuación 2- 9}$$

Por lo que:

$$P = 0.036 * 1.2 * 59.055 \text{ pulg}$$

$$P = 2.55 \text{ psi} = 17\,581.63 \text{ Pa}$$

Una vez determinado la presión se procede a verificar el esfuerzo de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{2.55 \frac{lb}{pulg^2} * 46.657 \text{ pulg.}}{4 * 0.15748 \text{ pulg.}} = 188.874 \text{ psi}$$

$$188.874 \text{ psi} \leq 24286 \text{ psi}$$

Como se nota que el esfuerzo requerido (σ) SI es menor que el esfuerzo permisible (σ_p), se da por válido el material AISI 304, con un espesor de 4 mm.

Para la placa base vamos a utilizar el mismo espesor de la placa de las paredes con la finalidad de optimizar el uso del material, para lo cual según (Megyesey, 1992, pág 184), [28] debemos soportar el tanque en vigas a una distancia de:

$$l = 1.254 * t \sqrt{\frac{S}{0.036 G H}} \quad \text{Ecuación 2- 10}$$

Donde:

- l = Distancia máxima entre soportes (pulg)
- t = Espesor de la placa (pulg) = 4mm = 0.157 pulgadas
- S = Esfuerzo permisible (psi) = 24285.215 psi
- H = Altura (pulg) = 1.5 m = 59.055 pulgadas
- G = Gravedad específica = 1.2

$$l = 1.254 * 0.157 \sqrt{\frac{24285.215}{0.036 * 1.2 * 59.055}}$$

$$l = 19,209 \text{ plg} = 487,901 \text{ mm}$$

Las vigas se dispondrán de manera que faciliten al transporte del tanque con un montacargas

Proceso de soldadura

(Indura, 2018), [30], dice que para soldar Acero Inoxidable se recomienda el uso de electrodos 308 L – AWS – E -308L-16, por generar una resistencia a la tracción de 560MPa, según el catálogo INDURA.

ELECTRODOS PARA ACEROS INOXIDABLES

INDURA 308L - AWS E-308L-16

Descripción:
El electrodo 308L posee un revestimiento rutilico, lo que lo hace apto para soldar con CA o CC, electrodo positivo. Este electrodo se caracteriza por un arco estable de transferencia spray, cuyo depósito es de excelente forma y apariencia. La escoria se desprende fácilmente, además de tener muy buena reanudación de arco por lo que se aconseja usarlo en soldadura intermitente. El depósito es de acero inoxidable austenítico.

Características:

- Electrodo para aceros inoxidables austeníticos
- Revestimiento rutilico. Color blanco
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna (CCEP, CA)
- Resistente a la corrosión intergranular

Usos:
El electrodo 308L ha sido diseñado principalmente para soldar aceros inoxidables austeníticos con un contenido extra bajo de carbono.

Aplicaciones Típicas:

- Aceros inox. 304, 304L, 308, 308L, 321, 347, 348
- Equipos químicos y petroquímicos
- Estanques que contengan productos químicos corrosivos



COMPOSICION QUIMICA DEL METAL DEPOSITADO	
C	0,02%
Mn	0,63%
Si	0,76 %
P	0,025%
S	0,008%
Cr	18,7%
Ni	10,0%
Mo	0,18%

CARACTERISTICAS TIPICAS DEL METAL DEPOSITADO	
Resistencia a la Tracción	560 Mpa
Agrietamiento en 50 mm	41%

La abertura de la raíz según AWS D1.6/D1.6 M (2007), [31] para aceros inoxidables se determina de la siguiente manera:

$$R = T_1$$

Donde:

- R: Apertura de la raíz
- T_1 : Espesor de la placa = 4mm

Entonces:

$$R = 4mm$$

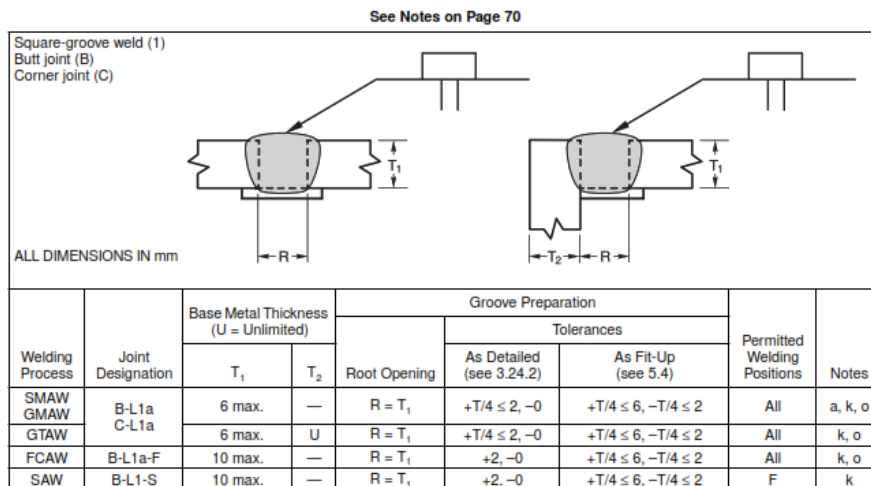


Figura 2-7: Junta a tope con penetración completa [31]

De acuerdo con la norma API 650 apéndice J [32] todas las uniones de casco y fondo serán soldadas a tope.

Todo el tanque será soldado con la especificación AWS D1.6/D1.6 M a tope y con penetración completa

2.2.4. Validación de orejas de izaje modeladas

De acuerdo con la norma API 650 apéndice J [32]. El tanque deberá poseer al menos dos orejas de izaje.

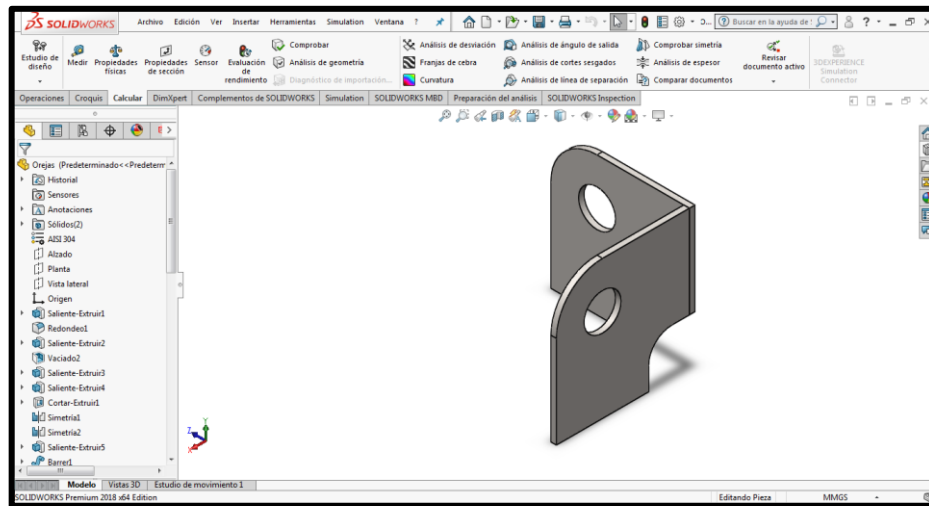


Figura 2-8: Modelado de orejas de izaje

El diseño de las orejas de izaje inicia definiéndose el peso que se da de:

- Carga generada por el químico Antiescala 2 508.67 Kg
- Carga originada por el material 508.35 Kgf
- Carga Total es de = 3017.02 Kg

Como se tiene 4 orejas entonces el peso general se reparte dando valores por oreja de:

$$C_{oreja}=754.255 \text{ Kg}$$

Por lo que se continúa con el análisis

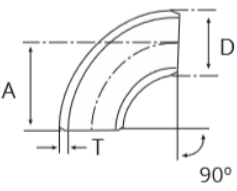
2.2.5. Selección de accesorios

Se tiene pronosticado utilizar

- Codos de acero inoxidable para que no contamine el químico, en base a la medida nominal que es de la tubería que es de: 2"

Tabla 2-26: codos de 90°

Codo 90 ANSI Schedule 40



DN	D	T	A=R	Peso
	mm	mm	mm	kg/u.
1/2"	21,34	2,77	38,1	0,08
3/4"	26,67	2,87	28,45	0,09
1"	33,4	3,38	38,1	0,16
1.1/4"	42,2	3,56	47,75	0,25
1.1/2"	48,26	3,68	57,15	0,4
2"	60,3	3,91	76,2	0,71
2.1/2"	73,02	5,16	95,25	1,34
3"	88,9	5,49	114,3	2,18
4"	114,3	6,02	152,4	4,16
5"	141,3	6,55	190,5	6,85
6"	168,3	7,11	228,6	10,87
8"	219,1	8,18	304,08	21,52

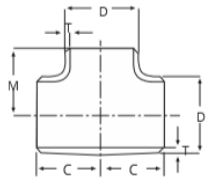
Acero Inoxidable EN 1.4404 / 316 L
Acero Inoxidable EN 1.4307 / 304 L

Fuente: [33]

- El siguiente accesorio a determinar es la Te de acero inoxidable para que no contamine el químico, en base a la medida nominal que es de la tubería de: 2''

Tabla 2-27: Te

TE ANSI Schedule 40



DN	D	T	M	C	Peso
	mm	mm	mm	mm	kg/u.
1/2"	21,34	2,77	25,4	25,4	0,1
3/4"	26,67	2,87	28,7	28,7	0,17
1"	33,4	3,38	38,1	38,1	0,29
1.1/4"	42,2	3,56	47,6	47,75	0,58
1.1/2"	48,26	3,68	57,2	57,15	0,86
2"	60,3	3,91	63,5	63,5	1,28
2.1/2"	73,02	5,16	76,2	76,2	2,02
3"	88,9	5,49	85,7	85,85	3,31
4"	114,3	6,02	104,8	104,9	5,27
5"	141,3	6,55	123,8	123,95	9,4
6"	168,3	7,11	142,9	143	10,59
8"	219,1	8,18	177,8	177,8	20,88

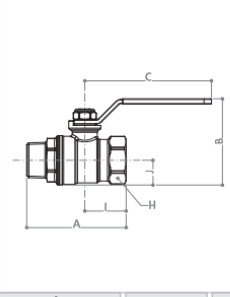
Acero Inoxidable EN 1.4404 / 316 L
Acero Inoxidable EN 1.4307 / 304 L

Fuente: [33]

- A demás se utilizará una válvula de bola, la cual se selecciona de la siguiente manera:

En base a la Presión que se necesita es de $P = 2.55 \text{ psi} = 0.01758163 \text{ MPa}$, y al diámetro nominal que tendría la tubería se selecciona.

Tabla 2-28: Llaves de bola

	Materiales							
	<p>Cuerpo: de latón estampado en caliente CW617N - EN 12165, cromado Manguito: de latón estampado en caliente CW617NN - EN 12165, cromado Eje: de latón mecanizado de barra CW614N - EN 12164, externas antirrozamiento y doble junta tórica de estanqueidad de latón CW617N, cromada Esfera: de latón CW617N, cromada Juntas: de PTFE con un perfil de baja fricción Volante: palanca de acero con recubrimiento plastificado Tuerca: de DACROMET con precinto de garantía y holograma</p>							
Ámbitos de uso								
Máximas condiciones de servicio con vapor saturado seco:		185°C a 1,05 MPa (10,5 bar)						
Máxima presión de servicio con agua y gases no peligrosos:		4,2 MPa (42 bar), da 1/4" a 3/4"						
		3,5 MPa (35 bar), da 1" a 2"						
Máxima presión operativa (MOP) con gas:		0,5 MPa (5bar)						
Máxima presión operativa de servicio con hidrocarburos líquidos:		1,2 MPa (12bar)						
ARTÍCULO	MEDIDA	DN	A	I	B	J	C	H
R254DL R254WL	1/4"	8	51	21	36	9,6	42	6,6
	3/8"	10	55	22	46	14	77	6,7
	1/2"	14	64	27	48	15	77	10,2
	3/4"	18	74	31	64	18	94	18,5
	1"	22	86	38	73	23	94	36,3
	1" 1/4	28	100	42	82	28	94	73,5
	1" 1/2	35	105	46	100	33	136	105
	2"	45	124	54	115	41	136	158

Fuente: [34]

2.2.6. Selección de la bomba

Como parámetros de selección de la bomba se tiene que el almacenamiento y el depósito se encuentran a presión atmosférica y la diferencia de nivel es de dos metros, además se requiere llenar el depósito en un tiempo de 15 minutos.

Para la selección de la bomba necesitamos el caudal y la carga total para lo cual según (Mott, 2006, pág 154), [27], el caudal se encuentra de la siguiente manera:

$$Q = A * v = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación 2- 11}$$

Donde:

- Q: Flujo volumétrico
- v: Velocidad promedio del flujo
- A: Área de la sección
- V: Volumen (2.082 m³)
- t: Tiempo = 15 min (900s)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ecuación 2- 12}$$

Donde:

- D: Diámetro nominal 2plg (0.0508m)

$$A = \frac{\pi * 0.0508^2}{4}$$

$$A = 0.00203m^2$$

$$A * v = \frac{V}{t}$$

$$v = \frac{V}{t * A}$$

$$v = \frac{2.082}{900 * 0.00203}$$

$$v = 1.14 \text{ m/s}$$

$$Q = A * v$$

$$Q = 0.00203 * 1.14$$

$$Q = 8.331 \text{ m}^3/h$$

De acuerdo con (Mott, 2006, pág 154) [27], la carga total se obtiene de la siguiente ecuación:

$$h_o = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + (Z_2 - Z_1) \quad \text{Ecuación 2- 13}$$

Donde:

- h_o : Carga estática total
- p_2 : Presión del fluido en el deposito (0)
- p_1 : Presión del fluido en el almacenamiento (0)
- γ : Peso específico del fluido (1.2)
- Z_2 : Altura de succión
- Z_1 : Altura de descarga

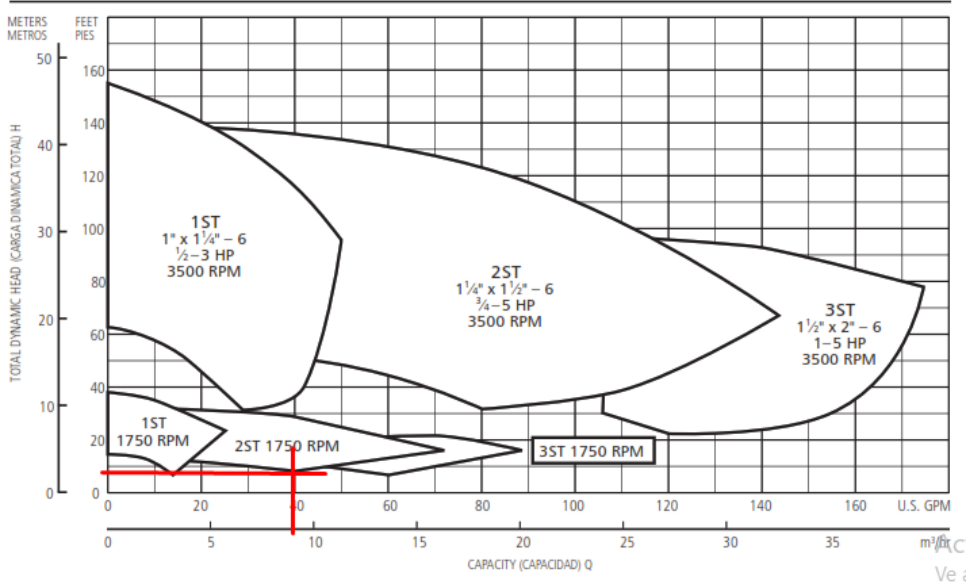
$$h_o = 2 - 0$$

$$h_o = 2m (6.562 \text{ pies})$$

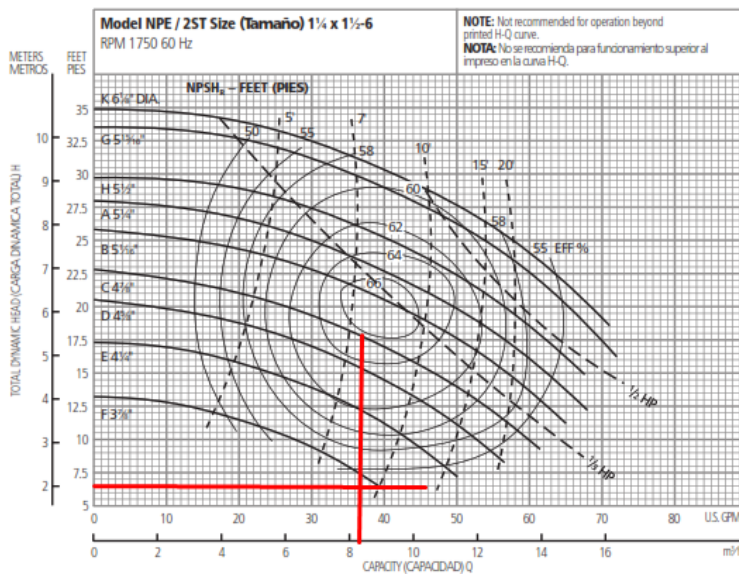
Se desprecian las perdidas por fricción y por accesorios debido a que la longitud de llenado no es mayor a 3m

Para seleccionar la bomba vamos a elegir de la Serie GOULDS NPE debido a que estas bombas son de acero inoxidable teniendo en cuenta los fluidos que vamos a utilizar.

Performance Coverage (60 Hz)
Alcance de Funcionamiento (60 Hz)



Con el caudal y la carga total nos da una bomba de la serie 2ST 1750 RPM



Optional Impeller, Impulsor Opcional	
Ordering Code, Código de Pedido	Dia.
K	6 1/8"
G	5 13/16"
H	5 1/2"
A	5 1/4"
B	5 1/16"
C	4 7/8"
D	4 3/8"
E	4 1/4"
F	3 3/8"

NOTE: Although not recommended, the pump may pass a 1/16" sphere.
NOTA: Si bien no se recomienda, la bomba puede pasar una esfera de 1/16".

Se selecciona una bomba modelo NPE / 2ST 1 ¼ x 1 ½ - 6 con un impulsor F 3 7/8 donde se recomienda un motor de ¾ HP

$$P_B = \frac{h_o * \rho * g * Q}{\eta} \quad \text{Ecuación 2- 14}$$

Donde:

- P_B : Potencia de la bomba (watts)
- ρ : Densidad (Kg/m³) = 1200 Kg/m³
- g : Gravedad (m/s²) = 9.81 m/s²
- Q : Caudal (m³/s) = 0.00231 m³/s
- h : Carga total (m) = 2
- η : Eficiencia bomba = 0.75

$$P_B = \frac{2 * 1200 * 9.81 * 0.00231}{0.65}$$

$$P = 83.672 \text{ watts}$$

$$P_M = \frac{P_B}{\eta} \quad \text{Ecuación 2- 15}$$

Donde:

- P_M : Potencia del motor (watts)
- P_B : Potencia de la bomba (watts)
- η : Eficiencia bomba = 0.55

$$P_M = \frac{83.672}{0.55}$$

$$P_M = 152.13 \text{ w} = 0.21 \text{ HP}$$

La potencia más cercana en catálogos de motores normales es de 1/3 HP, pero debemos tener en cuenta que vamos a trabajar con un químico inflamable para lo cual debemos

escoger un motor Explosion Proof (a prueba de explosiones) de 1/3 HP y debido a la escases en el mercado de motores de 1/3HP vamos a seleccionar un motor de 1/2 HP.

Diseño de la estructura del pedestal

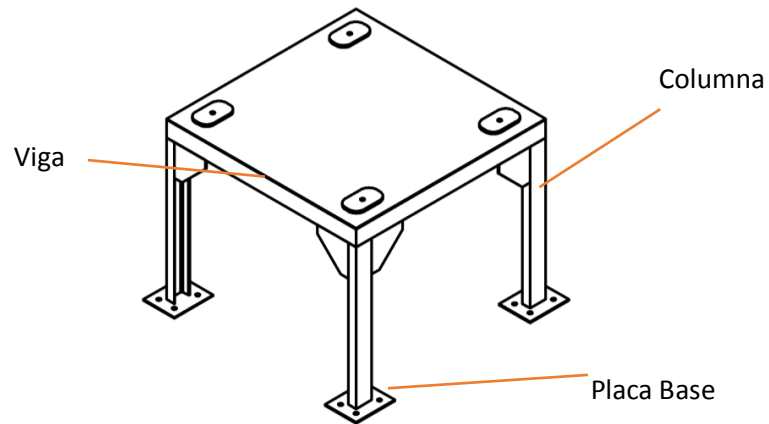


Figura 2-9: Pedestal

2.2.6.1. Selección de la viga

Para elegir la viga correcta se tiene los siguientes datos:

- Fuerza originada:
- Longitud de la viga: 1220 mm = 122 cm.
- Límite de fluencia del acero ASTM A36: $F_y = 2530 \frac{Kg}{cm^2} = 36 \text{ kpsi}$

Como no se tiene la fuerza originada esta se determina de la siguiente manera, según (Shigley; 2008, pág 177), [35] es:

$$F = P * l^2$$

Donde:

- F = Fuerza
- P = Presión del producto = 2.55 psi
- l = Lado interno del tanque = 1.182 m = 46.5 pulgadas

Por lo que:

$$F = 2.55 \frac{lbf}{pulg^2} * (46.5 pulg)^2 = 5513.7375 lbf = 2500.99 Kgf$$

Fuerza Total es igual a la F1 + Fm, donde

- F = Fuerza del producto = 2500.99 Kgf
- Fm = Fuerza del material = 508.35 Kgf

Fp = Fuerza originada por la plancha ubicada sobre las vigas = 70.04 Kgf

$$Ft = 2500.99 Kgf + 508.35 Kgf + 70.04 Kgf = 3079.38 Kgf = 30188.595 N$$

Como se tiene 2 vigas por lado entonces la Ff = 3079.38 Kgf / 2 = 1539.69 Kg

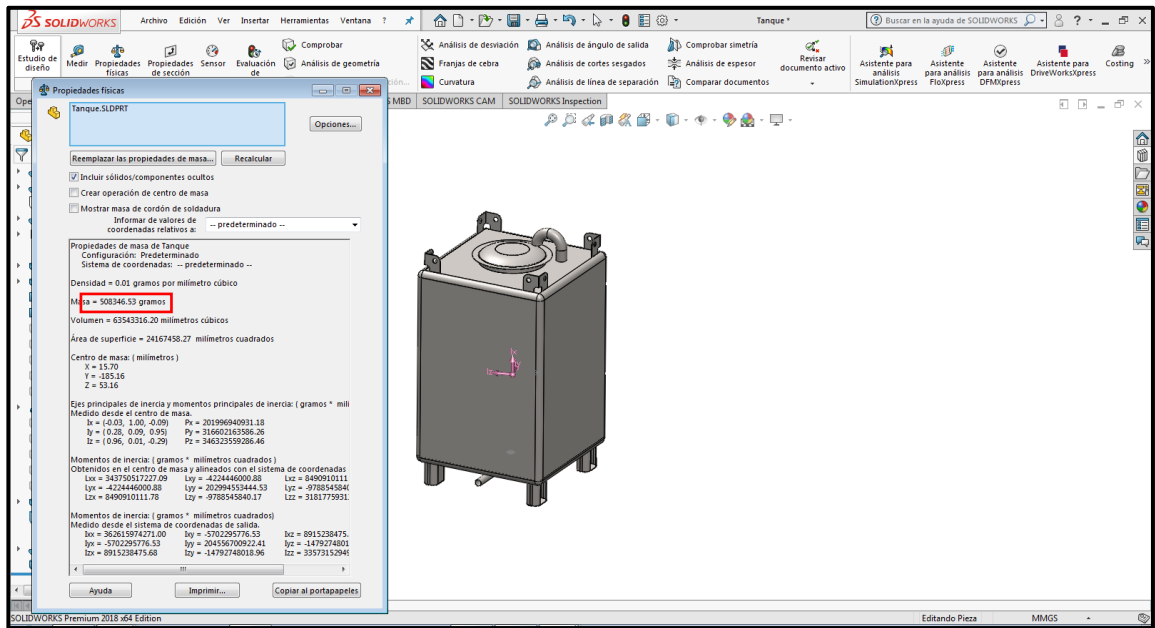


Figura 2-10: Modelado de tanque de almacenamiento

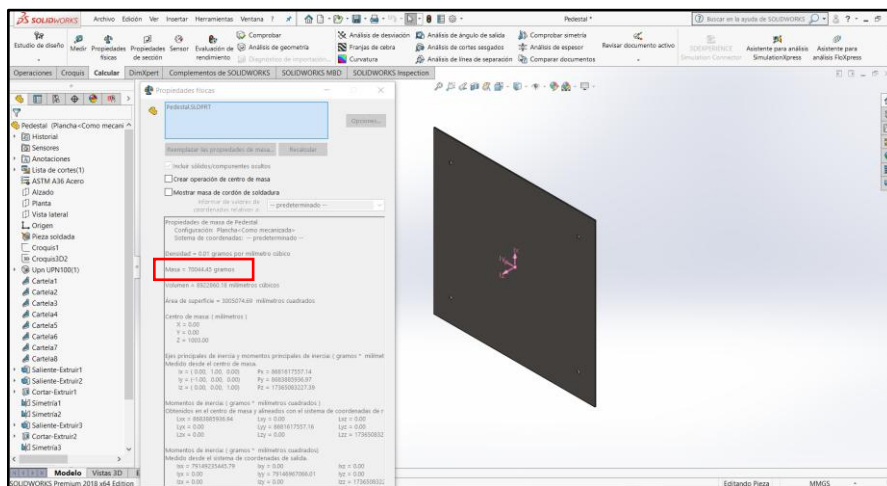


Figura 2-11: Modelado de la plancha superior del pedestal

$$q = 12.62 \text{ Kg/cm}$$

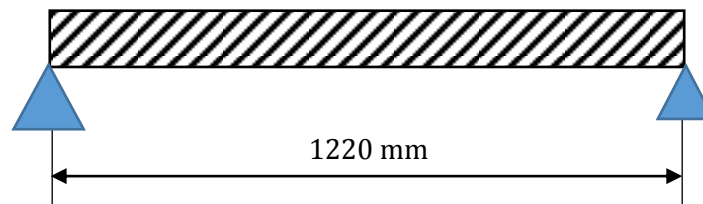


Figura 2-12: Distribución de Cargas en la Viga

El momento requerido para la viga se determina de la siguiente manera, según (Shigley; 2008, pág 996), [35] es:

$$M_1 = M_2 = \frac{wl^2}{2} \quad \text{Ecuación 2- 16}$$

Dónde:

- M = momento requerido, Kg-cm.
- Q = carga distribuida, Kg/cm.
- L = longitud de la viga, cm

$$M = \frac{wL^2}{2} = \frac{12.62 \frac{Kg}{cm} \times (122 \text{ cm})^2}{2} = 93918.04 \text{ Kg} - \text{cm}$$

El módulo de sección es el siguiente paso a seguir, según (McCormac, 2012, pág. 238), [36] de la siguiente manera:

$$S_x = \frac{M}{F_y} \quad \text{Ecuación 2- 17}$$

Dónde:

- Sx = Módulo de sección, cm³
- M = Momento flexionante, kg-cm
- Fy = Límite de fluencia, kg / cm²

$$S_x = \frac{M}{F_y} = \frac{93918.04 \text{ Kg} - \text{cm}}{2530 \frac{Kg}{cm^2}} = 37.12 \text{ cm}^3$$

Tabla 2-29: Características del Perfil UPN

Denominación	Dimensiones						Área Sección cm ²	Pesos kg/mts	Propiedades			
	h	b	t	e	R	R1			Inercia (cm ⁴)		Módulo Resistencia (cm ³) Sección	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			Eje X-X	Eje Y-Y	Eje X-X	Eje Y-Y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

Fuente: [37]

En base al módulo de sección (S_x) determinado, se procede a seleccionar un perfil UPN 100 como se estipula en el catálogo de productos DIPAC.

- Perfil: UPN 100
- $e = 8.5 \text{ mm}$
- Área $A_g = 13.5 \text{ cm}^2$
- Radio de giro $r_y = 8.5 \text{ mm}$
- $S_x = 41.20 \text{ cm}^3$

Una vez determinado el perfil UPN 100 para la viga, se comprueba la validez de la siguiente manera.

$$q = 12.62 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} + 10.60 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 12.726 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$M = \frac{wL^2}{12} = \frac{12.726 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \times (122 \text{ cm})^2}{2} = 94706.892 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$S_{req.} = \frac{M}{F_y} = \frac{94706.892 \text{ Kg-cm}}{2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 37.43 \text{ cm}^3$$

$$S_{req.} < S_{Tabl.}$$

Ecuación 2- 18

$$37.43 \text{ cm}^3 < 41.20 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

Como el módulo de sección de las tablas es mayor al requerido, se da por valido la selección del perfil

Por lo que el Perfil seleccionado es: **UPN 100**

2.2.6.2. Selección del material de la columna

El siguiente paso una vez determinado el material para la viga, es determinar el material propio para la columna.



Figura 2-13: Diagrama de Columnas

Para seleccionar el material de la columna, se sigue el siguiente procedimiento:

- FDS = 2 (el cual según Robert Mott de 1.25 a 2, es útil para diseño de estructuras estáticas para que haya un alto grado de confianza en todos los diseños)
- Carga del producto = $C_1 = 2500.99 \text{ Kgf}$
- Carga del material y accesorios = $C_m = 508.35 \text{ Kgf}$
- Carga originada por la plancha ubicada sobre las vigas = $C_p = 70.04 \text{ Kgf}$
- Carga de la viga = $C_v = 57.363 \text{ Kgf}$

- Carga total = CT = carga del tanque + carga de la viga + carga de la plancha + carga producto = 508.35 Kgf + 57.363 Kgf + 70.04 Kgf + 2500.99 Kgf = 3136.74 Kgf = 6915.328 lbf = 30760.911 N
- Debemos notar que la estructura se encuentra empotrada – empotrado por lo que se designa un factor de $k = 0.65$
- Longitud de las columnas de la estructura es de $900 \text{ mm} = 35.433 \text{ pulg.}$
- Límite de fluencia $F_y = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 36 \text{ kpsi}$, en vista que el acero a escoger es un ASTM A36.
- Con una relación de esbeltez $\frac{KL}{r} = 50$, mediante la Tabla 2.30 se determina que **$F_a = 18,350 \text{ Kpsi}$** .

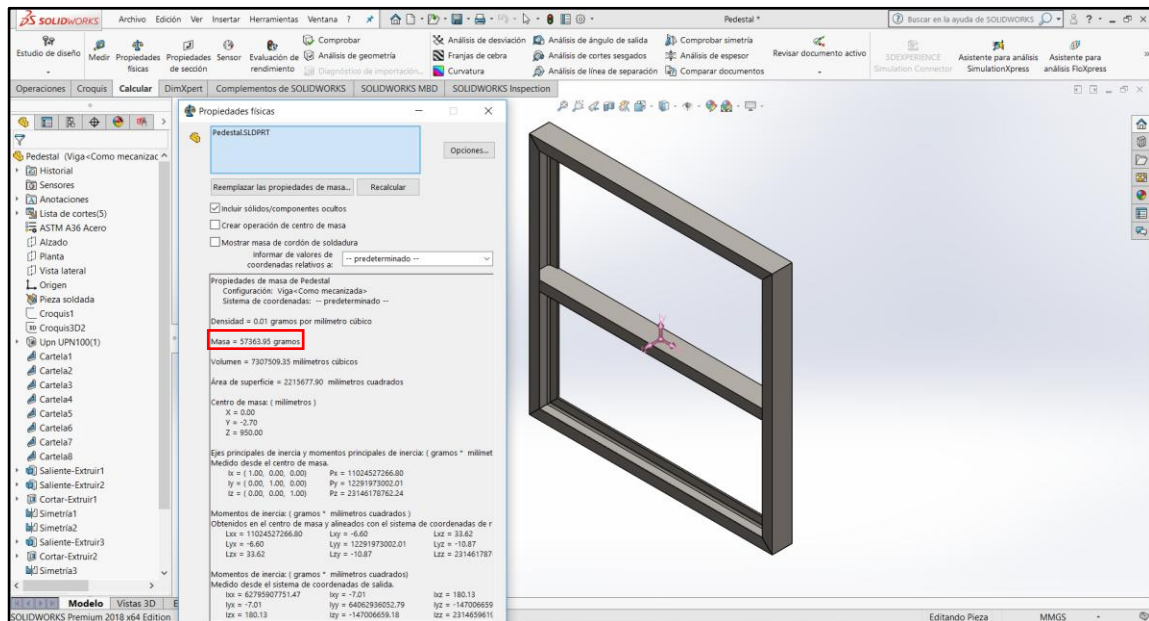


Figura 2-14: Modelado de la viga del pedestal

Tabla 2-30: Longitudes efectivas de las columnas.

Tabla 5.1 Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K .						
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo						

Fuente: [38]

Tabla 2-31: Esfuerzos permisibles de columnas ($F_y = 36$ kpsi)

$\frac{KL}{r}$ ratio		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Fa	21,560	21,520	21,480	21,440	21,390	21,350	21,300	21,250	21,210
10	21,160	21,100	21,050	21,000	20,950	20,890	20,830	20,780	20,720	20,660
20	20,600	20,540	20,480	20,410	20,350	20,280	20,220	20,150	20,080	20,010
30	19,940	19,870	19,800	19,730	19,650	19,580	19,500	19,420	19,350	19,270
40	19,190	19,110	19,030	18,950	18,860	18,780	18,700	18,610	18,530	18,440
50	18,350	18,260	18,170	18,080	17,990	17,900	17,810	17,710	17,620	17,530
60	17,430	17,330	17,240	17,140	17,040	16,940	16,840	16,740	16,640	16,530
70	16,430	16,330	16,220	16,120	16,010	15,900	15,790	15,690	15,580	15,470
80	15,360	15,240	15,120	15,020	14,900	14,790	14,670	14,560	14,440	14,320
90	14,200	14,090	13,970	13,840	13,720	13,600	13,480	13,350	13,230	13,100
100	12,980	12,850	12,720	12,590	12,470	12,330	12,200	12,070	11,940	11,810
110	11,670	11,540	11,400	11,260	11,130	10,990	10,850	10,710	10,570	10,430
120	10,280	10,140	9,990	9,850	9,700	9,550	9,410	9,260	9,110	8,970

Fuente: [39]

Planteado todos los datos se procede a seleccionar el perfil con los datos propuestos inicialmente.

Para calcular el área de la sección se sigue el siguiente procedimiento según (McCormac, 2012, pág. 139), [36], es:

$$A = \frac{P}{Fa} \quad \text{Ecuación 2- 19}$$

$$A = \frac{6915.328 \text{ lb}}{18350 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} = 0.377 \text{ pulg.}^2 \times \frac{(2,54 \text{ cm})^2}{1 \text{ pulg}^2} = 2.4322 \text{ cm}^2$$

En base al área dada se selecciona el perfil adecuado, como es:

El material seleccionado es:

Perfil UPN 100, donde:

- Área $A_g = 13.5 \text{ cm}^2 = 2.092 \text{ pulg}^2$
- $r = 8.5 \text{ mm} = 0.3346 \text{ pulg.}$

Validación

Primera Comprobación

A continuación, se procede a validar el Perfil UPN100 seleccionado de la siguiente manera:

En base a la relación de esbeltez determinada de la siguiente ecuación, según (McCormac, 2012, pág. 150), [36], es:

$$\frac{KL}{r} = \frac{0,65 \times 900 \text{ mm}}{8.5 \text{ mm}} = 68.82 \approx 69$$

Generando resultados como son: $Fa = 16,53 \text{ Kpsi}$, se procede a determinar la carga que puede soportar el perfil UPN.

$$P_{cl} = AxFa \quad \text{Ecuación 2- 20}$$

$$P_{cl} = 2.092 \text{ pulg}^2 \times 16530 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} = 34589.025 \text{ lb}$$

$$P_{\text{calculado}} > P_{\text{requerido}}$$

$$34589.025 \text{ lb} > 6915.328 \text{ lb.}$$

Segunda Comprobación

Otra manera de comprobar la validez de la columna se da de la siguiente manera, en base a la obtención de la constante de columna, según (McCormac, 2012, pág. 148), [36], es:

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}} \quad \text{Ecuación 2- 21}$$

Dónde:

- E = módulo de elasticidad = 29000kpsi, (para aceros estructurales 28000 – 300000 kpsi)
- Fy = limite de fluencia = 36 kpsi.

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 29000 \text{ kpsi}}{36 \text{ kpsi}}}$$

$$C = 126,1$$

$$\frac{KL}{r} < Cc$$

$$69 < 126,10K$$

Como la relación de esbeltez es menor que Cc, se procede a emplear la formula parabólica, la cual se determina según (McCormac, 2012, pág. 149), [36], es:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{KL}{r}\right)}{8Cc} - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^3}{8Cc^3}}$$

Ecuación 2- 22

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(69)^2}{2 * (126,1)^2}\right] * 36 \text{ kpsi}}{\frac{5}{3} + \frac{3(69)}{8 * 126,1} - \frac{(69)^3}{8 * (126,1)^3}}$$

$$F_a = 16.533 \text{ kpsi}$$

La carga requerida P Carga requerida se determina de la siguiente manera

$$P = F_a * A$$

$$P_{calculado} = 16533 \frac{lb}{pulg^2} * 2.0925 \text{ pulg}^2$$

$$P_{calculado} = 34 597.22 \text{ lb}$$

Por lo tanto:

$$P_{calculado} > P_{requerido}$$

$$34 597.22 \text{ lb} > 6915.328 \text{ lb} \quad OK$$

A través de las comprobaciones planteadas se procede a validar el uso de la UPN 100 como columna.

2.2.6.3. Diseño de la placa base

El diseño de la placa base, se procede a determinar las fuerzas y momentos de la placa definida.

La carga que se va a aplicar es:

- Carga del producto = $C1 = 2500.99 \text{ Kgf}$

- Carga del material y accesorios = $C_m = 508.35 \text{ Kgf}$
- Carga originada por la plancha ubicada sobre las vigas = $C_p = 70.04 \text{ Kgf}$
- Carga de todas las vigas = $C_v = 57.363 \text{ Kgf}$
- Carga por column = $C_c = 8.706 \text{ Kgf}$
- Carga total = $4 \cdot \text{carga por column} + \text{carga del tanque} + \text{carga de la viga} + \text{carga de la plancha} + \text{carga producto} = 8.706 \cdot 4 + 508.35 \text{ Kgf} + 57.363 \text{ Kgf} + 70.04 \text{ Kgf} + 2500.99 \text{ Kgf} = 3171.567 \text{ Kgf}$
- Como se tiene 4 placas base entonces la carga se divide para 4 = $792.9 \text{ Kgf} = 7775.6928 \text{ N}$.

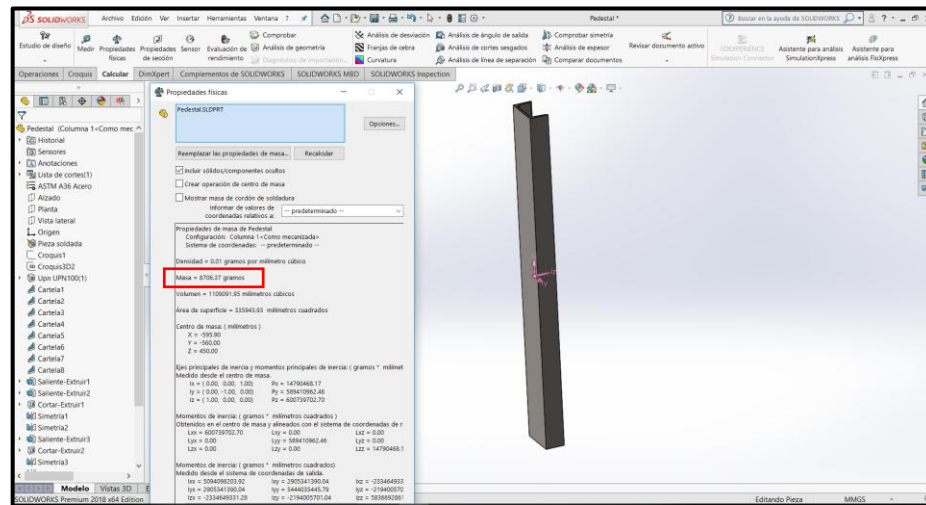


Figura 2-15: Modelado de la columna del pedestal

Por lo que:

- Presión del Químico $P = 2.55 \text{ psi} = 17.5816 \text{ KN/m}^2$
- Área $A_g = 13.5 \text{ cm}^2 = 2.0925 \text{ pulg}^2 = 0.00135 \text{ m}^2$
- $L =$ Longitud de la Placa Base = $250 \text{ mm} = 0.25 \text{ m}$
- $B =$ Ancho de la Placa Base = $200 \text{ mm} = 0.2 \text{ m}$

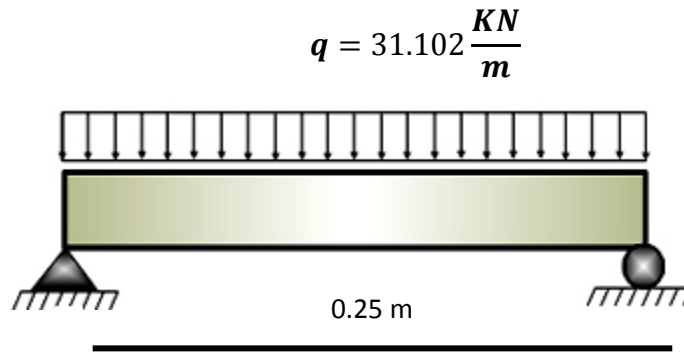
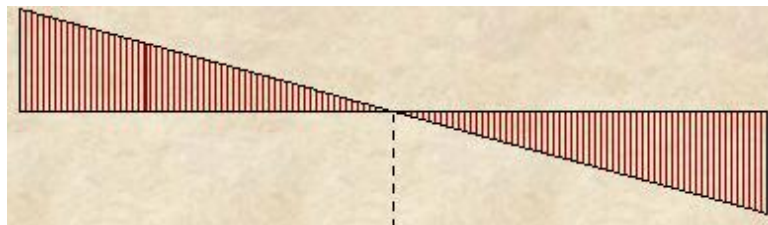


Figura 2-16: Distribución de Cargas en la Placa Base

La cual según (Shigley; 2008, pág 996), [35], el esfuerzo cortante y el momento máximo, se calcula de la siguiente manera:

$$V = \frac{ql}{2} = \frac{31.102 \frac{KN}{m} \times 0.25 m}{2} = 3.9 KN$$

3.9 KN



-3.9 KN



99116.4 Kg - mm

$$M = \frac{wL^2}{2} = \frac{31.102 \frac{KN}{m} \times (0.250m)^2}{2} = 0.972 KN - m$$

Definidas las dimensiones de la Placa Base se procede a determinar el espesor, según (McCormac, 2012, pág. 688), [36], de la siguiente manera:

- Límite de fluencia $F_y = 2530 \frac{Kg}{cm^2} = 36 \text{ kpsi} = 248\,108.2 \text{ KN/m}^2$, en vista que el acero a escoger es un ASTM A36.

$$t = \sqrt{\frac{6xMmax}{BxFy}} \quad \text{Ecuación 2- 23}$$

$$t = \sqrt{\frac{6x0.972 \text{ KN} - m}{0.200 \text{ m}x248\,108.2 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}}$$

$$t = 0.0108 \text{ m} = 10.8 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

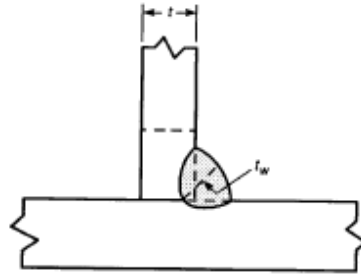
Entonces tenemos que para la placa soporte principal del mecanismo es de:

- H: 200 mm
- B: 250 mm
- t: 11 mm

Calculo de soldadura.

Las soldaduras se analizarán en las uniones más habituales utilizadas en la Estructura Rígida diseñada, como son de tipo L, con UPN 100 de Acero ASTM A500, basadas en el (AWS D1.3) Structural Welding Code – Sheet Steel.

Figura 1. Soldadura de Filete.



Fuente: [40]

El siguiente paso es determinar la carga admisible de la soldadura dada, según la [40] se empleará la siguiente formula.

$$P = 0.4 \left(1 - 0.01 \frac{L}{t} \right) t(L)Fu, \quad \text{Ecuación 2- 24}$$

$$\text{for } \frac{L}{t} < 25$$

Donde:

P = Carga Admisible de Soldadura (lb)

t = Espesor de la Placa (in) = 6 mm = 0.236 in.

L = Longitud de la Soldadura (in) = 3.93 in.

Fu = Carga Última a Tensión del A500 $\left(\frac{lb}{pulg.^2} \right) = 4\,080 \frac{Kg}{cm^2} = 58\, Kpsi.$

$$P = 0.4 \left(1 - 0.01 \frac{3.93\, in}{0.236\, in} \right) 0.236\, in (3.93\, in) 58\,000 \frac{lb}{pulg.^2} = 17\,934.32\, lb$$

El contorno del Tubo soldado soportará en total:

$$17934.32\, lb = 8134.87\, Kg.$$

La Carga Máxima de Diseño = 3094.41 Kgf.

Como se puede observar, que la Carga Admisible es mayor que la Carga de Diseño, se puede dar por Válido el Diseño de la Soldadura.

Puesto que se indicó, que este tipo de cálculo sirve según norma para: $\frac{L}{t} < 25$ se determina que:

$$\frac{L}{t} = \frac{3.93 \text{ in}}{0.236 \text{ in}} = 16.65 < 25$$

Como se ve a continuación que $\frac{L}{t} < 25$, cumple según lo establecido en la Norma, se da por válido el uso de la misma.

Por lo que según la tabla 2-26, el espesor sería de 2.4 mm

2.2.7. Análisis del diseño del tanque de almacenamiento

El primer paso para poder analizar es realizar el modelado en 3D en un software de tipo CAD.

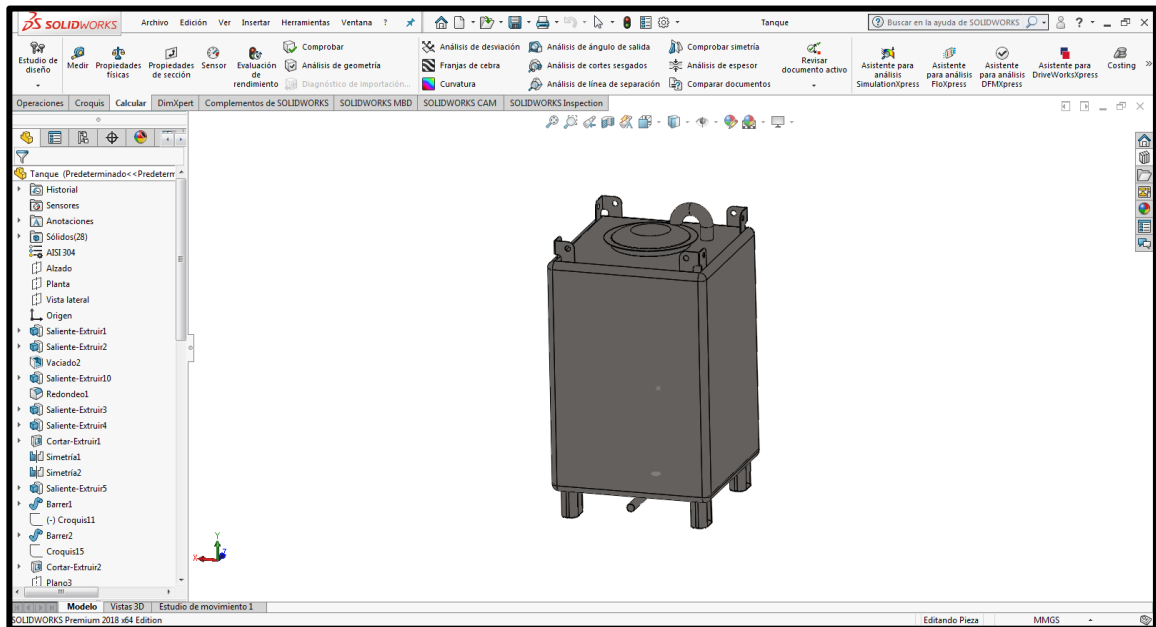


Figura 2-17: Modelado 3D del tanque de almacenamiento

El siguiente paso es guardar en IGES que es una extensión universal para poder ejecutar el análisis en Workbench como se indica en la figura a continuación.

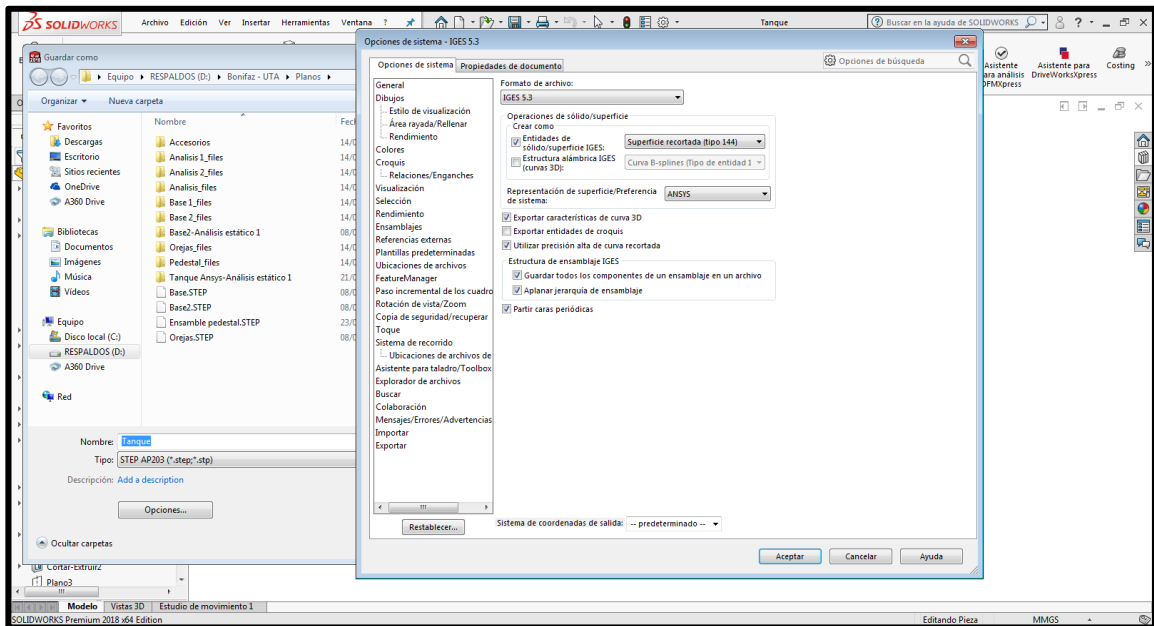


Figura 2-18: Guardado del archivo del modelado

Para poder analizar el tanque de almacenamiento, se inicia seleccionando la opción de Estructura Estática (Static Structural), ubicada en las Herramientas ofrecidas por el Workbench.

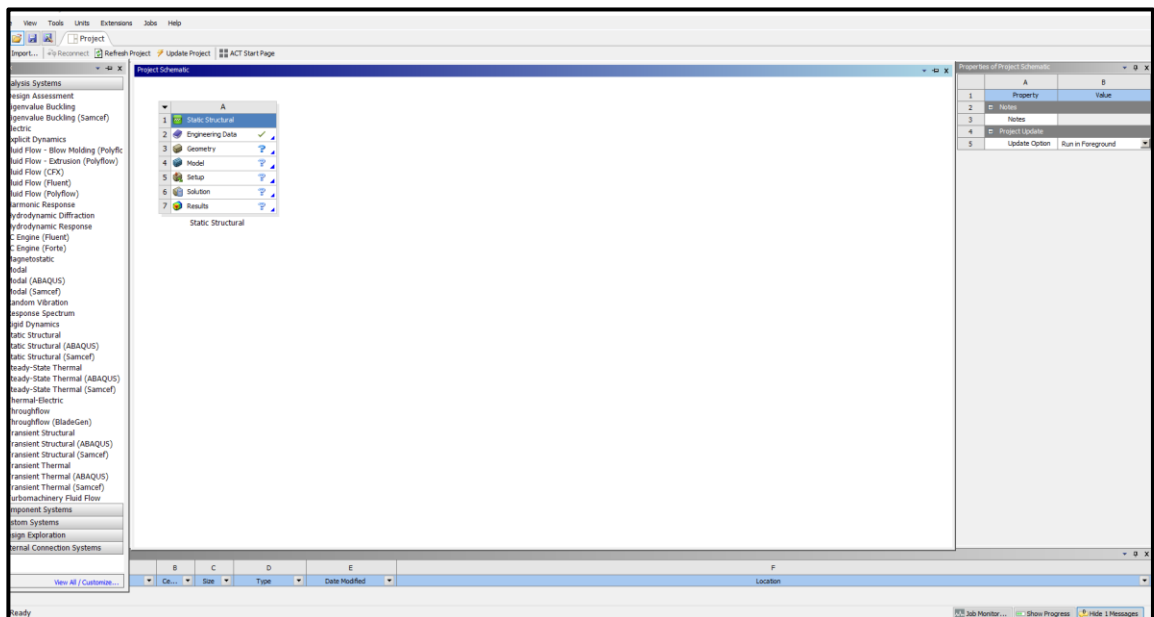


Figura 2-19: Pantalla Workbench

A continuación, se procede con la elección del Material del tanque de almacenamiento el cual es el Acero Inoxidable (Stainless Steel), el mismo que se halla en el Engineering Data.

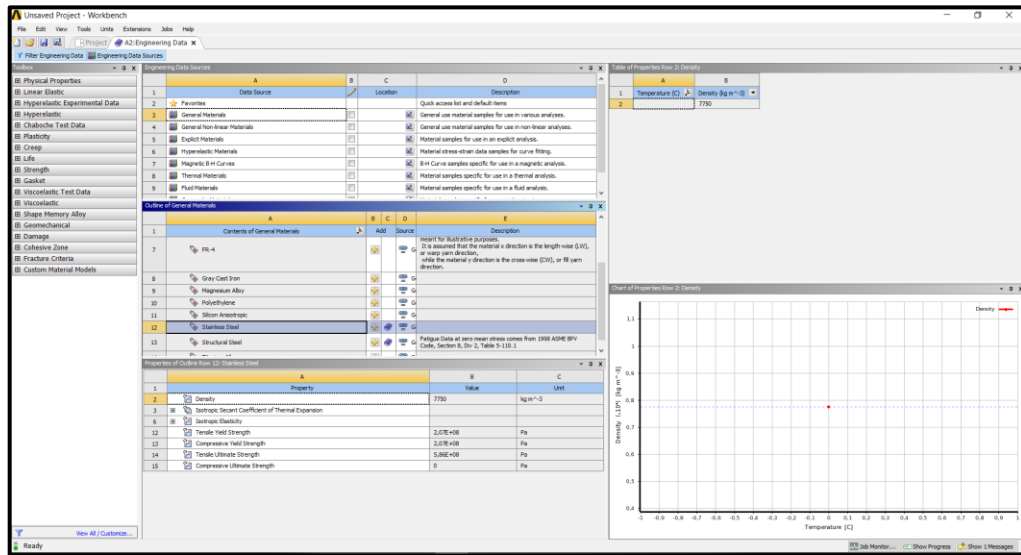


Figura 2-20: Engineering Data.

El siguiente paso es procesar la Geometria adecuada mediante la opción Geometry donde se debe elegir las propiedades del diseño.

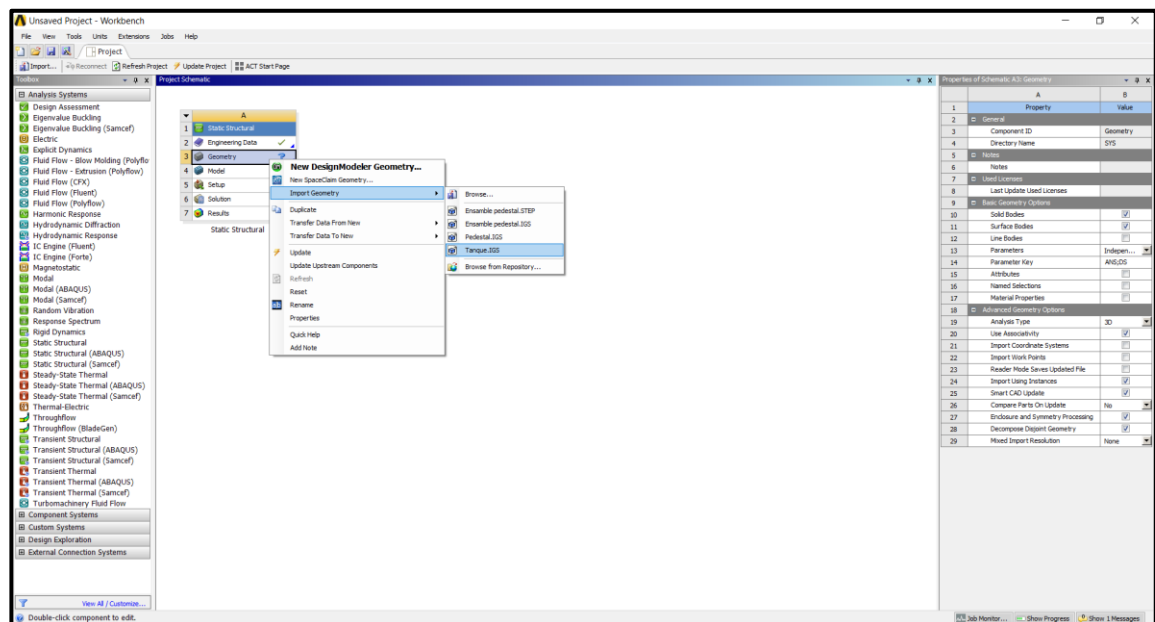


Figura 2-21: Pantalla Workbench - Geometry

Generando resultados como son:

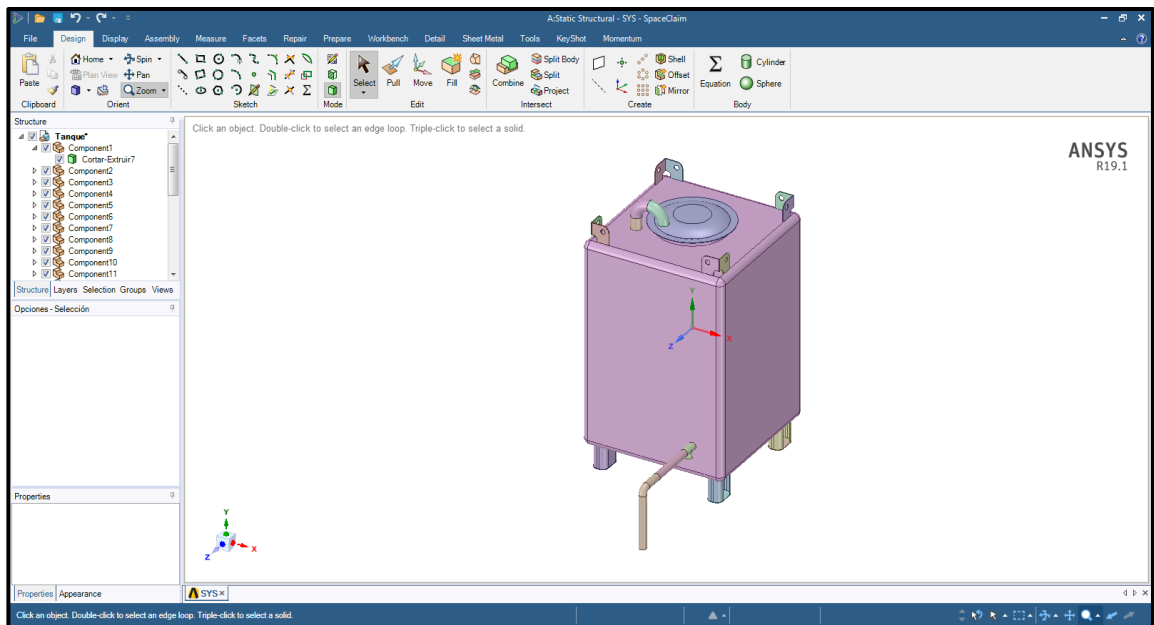


Figura 2-22: Design Modeler

En la opción Model, de la pantalla principal, se procede a ubicar las condiciones de contorno, obteniendo.

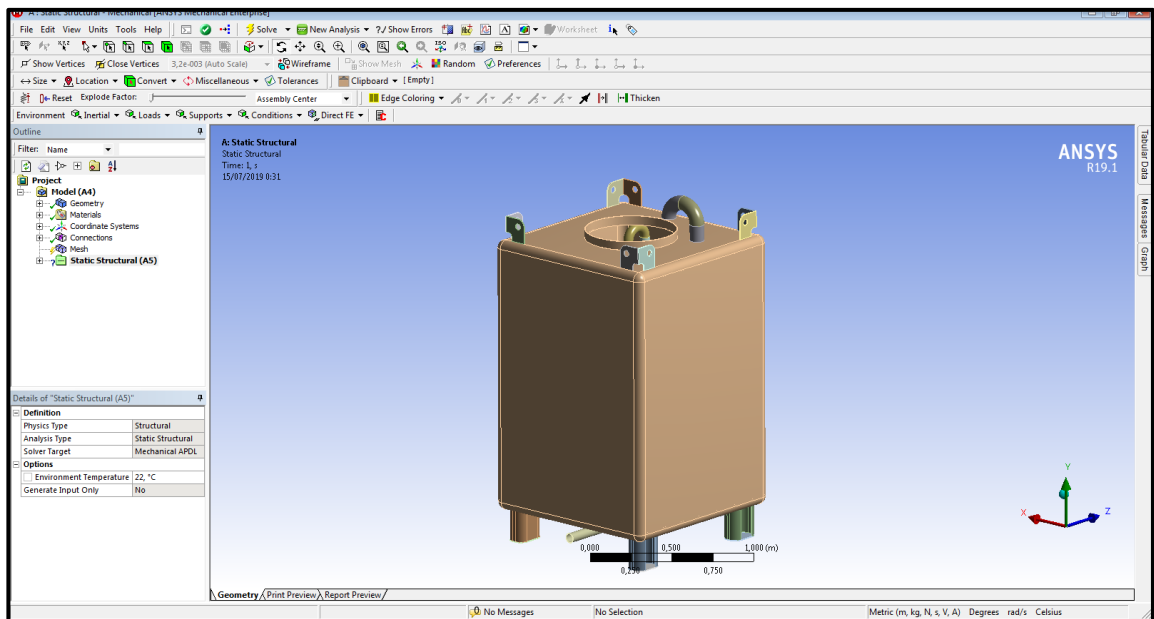


Figura 2-23: Mechanical

El siguiente paso es delimitar el material de la siguiente manera:

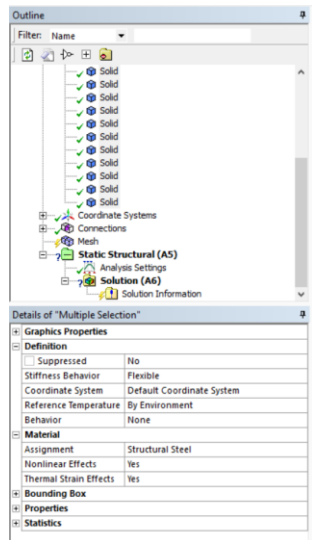


Figura 2-25: Sólidos con Structural Steel

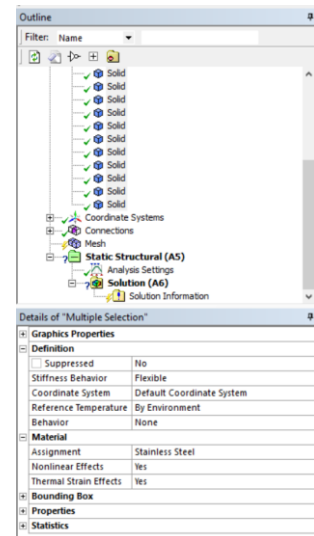


Figura 2-24: Sólidos con Stainless Steel

A continuación, se procede a determinar las Condiciones de Borde, ubicándose inicialmente Soportes Fijos (Fixed Support), seleccionando las zonas detalladas.

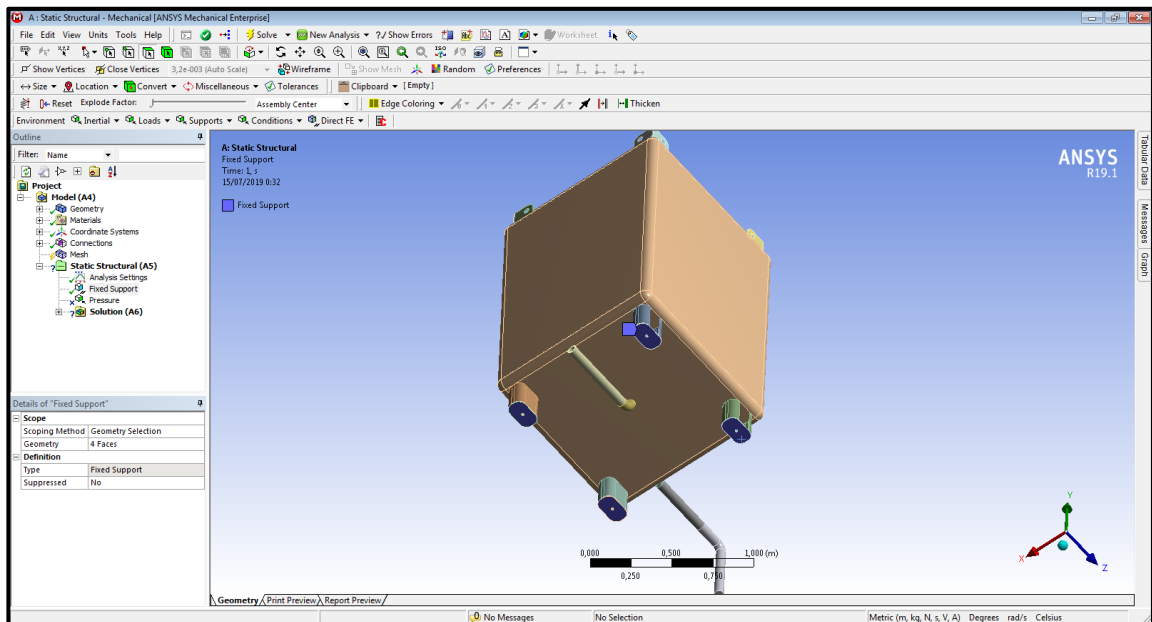


Figura 2-26: Elección del Fixed Support

A continuación, se procede a ubicar los comandos como Presión (Pressure), de 2.55 psi = 17581.63 Pa, seleccionando las zonas detalladas.

El siguiente paso definir el mallado con una calidad Element Quality, generando los siguientes resultados.

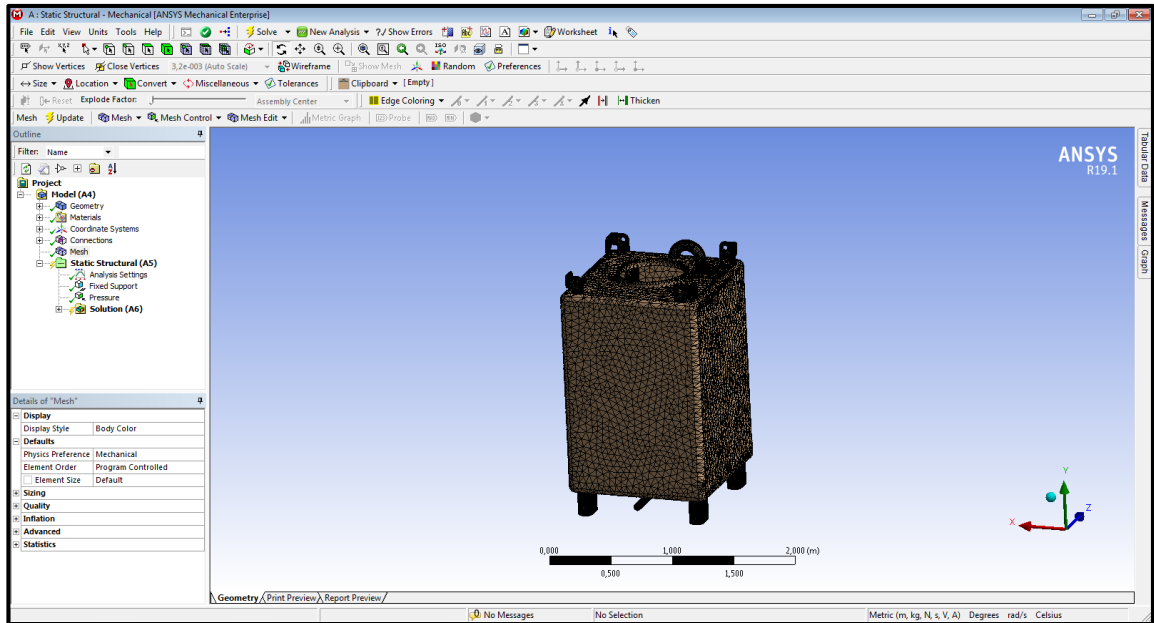


Figura 2-27: Mesh

Finalmente se procede a ejecutar el programa, de la siguiente manera:

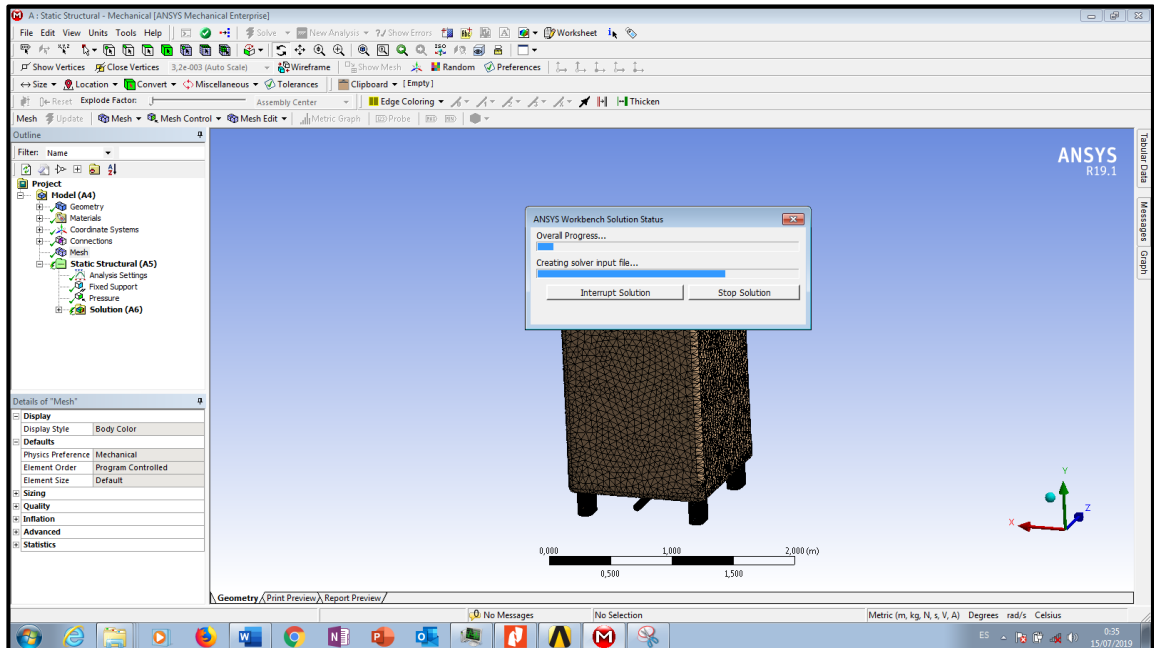


Figura 2-28: Ejecución

2.2.8. Análisis del diseño de la base del tanque de almacenamiento sin soportes transversales

El primer paso para poder analizar es realizar el modelado en 3D en un software de tipo CAD de la base del tanque de almacenamiento

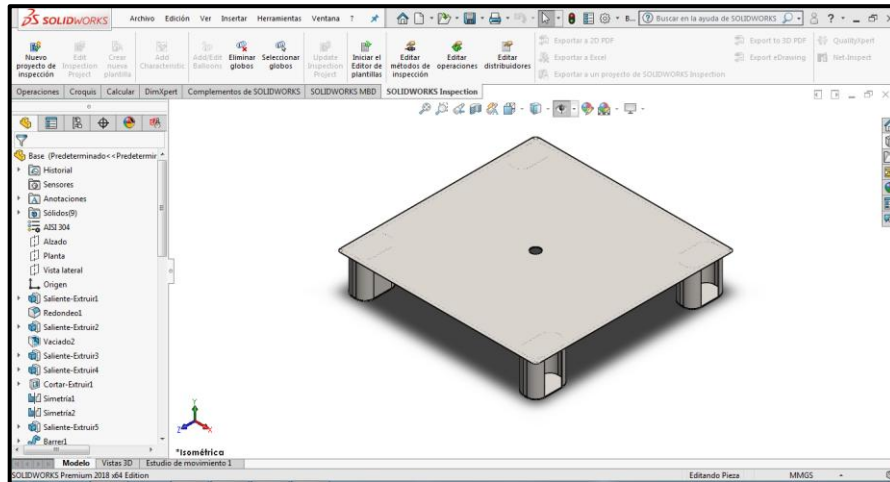


Figura 2-29: Modelado 3D de la base del tanque de almacenamiento

El siguiente paso es guardar en STEP que es una extensión universal para poder ejecutar el análisis en Workbench como se indica en la figura a continuación.

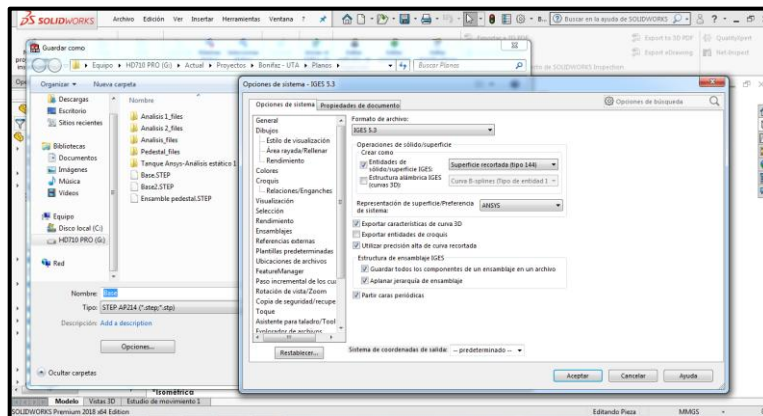


Figura 2-30: Guardado del archivo del modelado de la base del tanque de almacenamiento

Para poder analizar la base del tanque de almacenamiento, siguiendo los mismos parámetros que se utilizó para el análisis del tanque de almacenamiento, iniciándose con la opción de Estructura Estática (Static Structural), ubicada en las Herramientas ofrecidas por el Workbench.

A continuación, se procede con la elección del Material del tanque de almacenamiento el cual es el Acero Inoxidable (Stainless Steel), el mismo que se halla en el Engineering Data.

Se continúa con el procesamiento de la Geometría adecuada mediante la opción Geometry donde se debe elegir las propiedades del diseño.

Generando resultados como son:

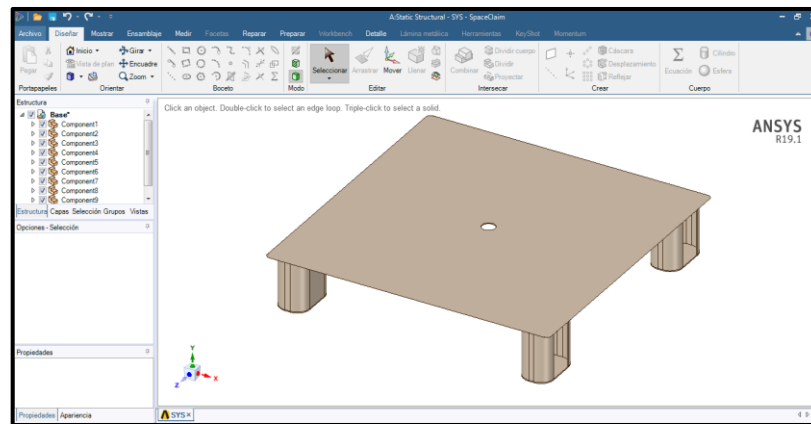


Figura 2-31: Design Modeler de la base del tanque de almacenamiento

En la opción Model, de la pantalla principal, se procede a ubicar las condiciones de contorno, obteniendo.

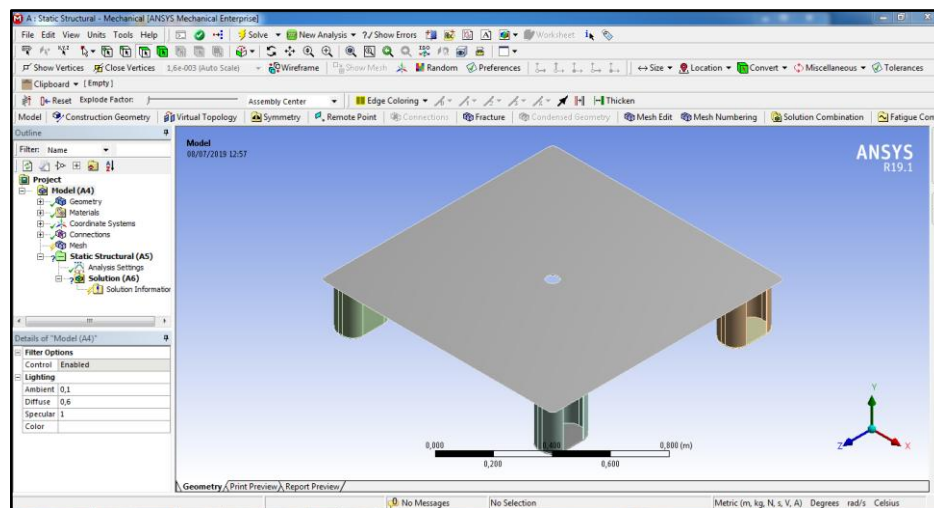


Figura 2-32: Mechanical de la base del tanque de almacenamiento

El siguiente paso es delimitar el material de la siguiente manera:

A continuación, se procede a determinar las Condiciones de Borde, ubicándose inicialmente Soportes Fijos (Fixed Support), seleccionando las zonas detalladas.

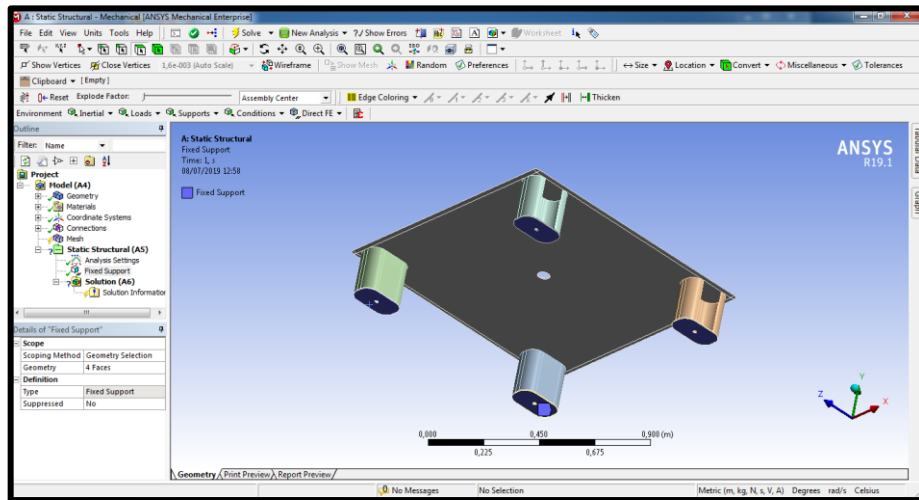


Figura 2-33: Ubicación del Fixed Support de la base del tanque de almacenamiento

A continuación, se procede a ubicar los comandos como Presión (Pressure), seleccionando las zonas detalladas, la cual es de 17581.63 Pa

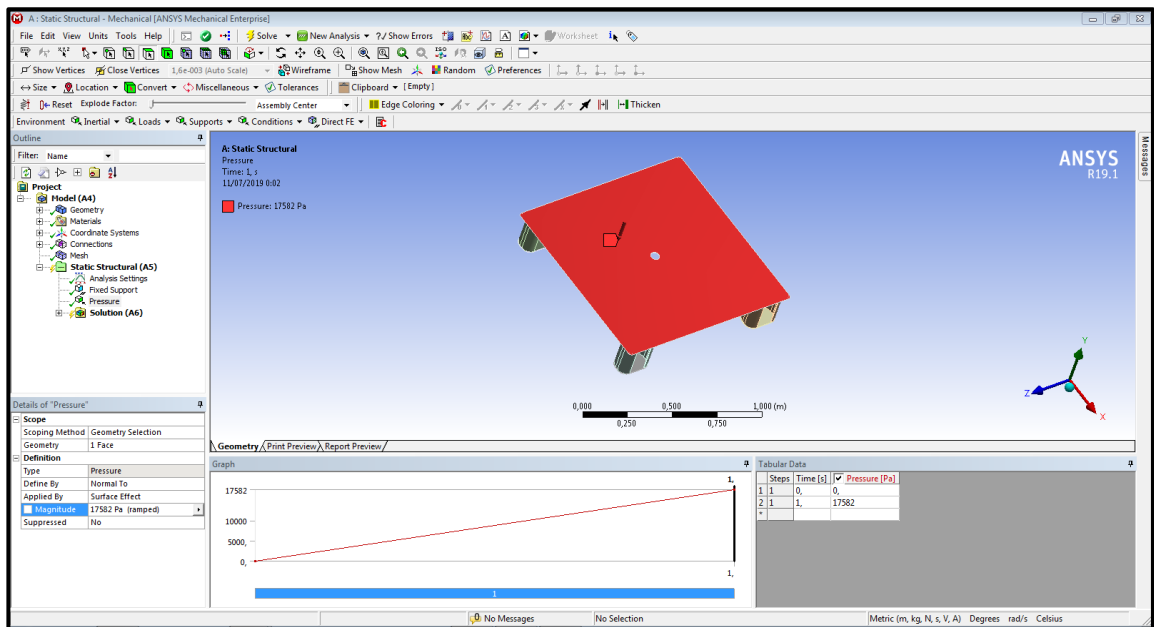


Figura 2-34: Pressure aplicada de la base del tanque de almacenamiento

El siguiente paso a definir es el mallado con una calidad Element Quality, generando los siguientes resultados.

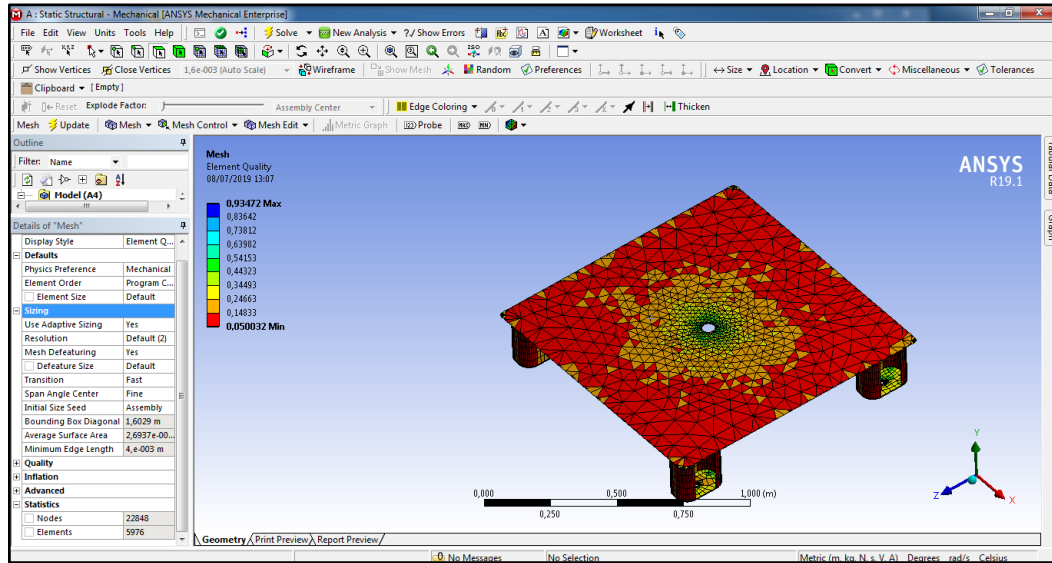


Figura 2-35: Mesh aplicada a la base del tanque de almacenamiento

Finalmente se procede a ejecutar el programa, de la siguiente manera:

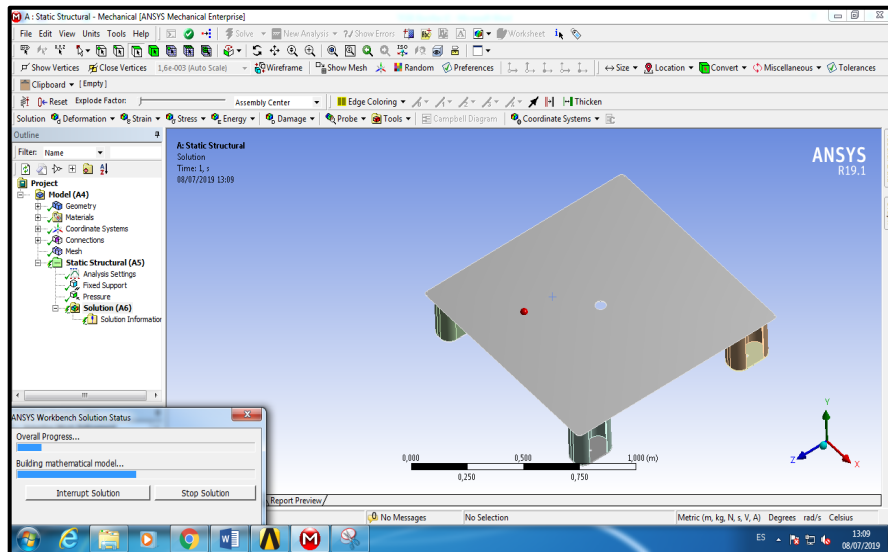


Figura 2-36: Ejecución aplicada a la base del tanque de almacenamiento

2.2.9. Análisis del diseño de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales

El primer paso para poder analizar es realizar el modelado en 3D en un software de tipo CAD de la base del tanque de almacenamiento

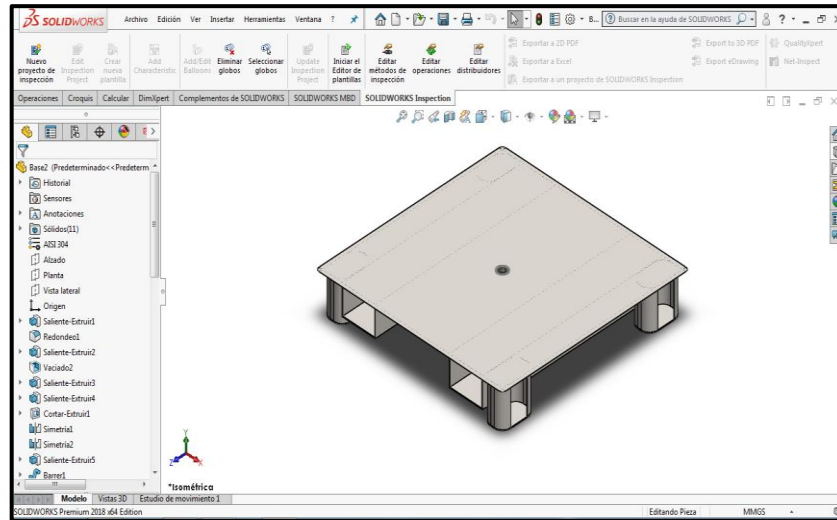


Figura 2-37: Modelado 3D de la base del tanque de almacenamiento con soportes trasversales

El siguiente paso es guardar en STEP que es una extensión universal para poder ejecutar el análisis en Workbench como se indica en la figura a continuación.

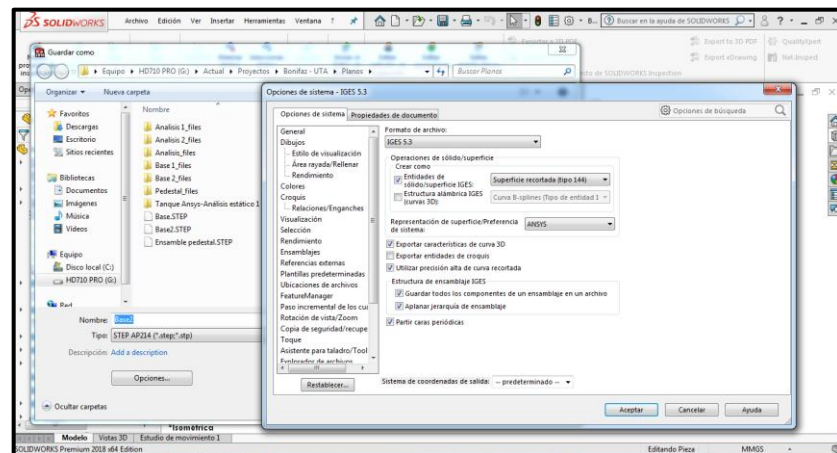


Figura 2-38: Guardado del archivo del modelado de la base del tanque de almacenamiento con soportes trasversales

Para poder analizar la base del tanque de almacenamiento, siguiendo los mismos parámetros que se utilizó para el análisis del tanque de almacenamiento, iniciándose con la opción de Estructura Estática (Static Structural), ubicada en las Herramientas ofrecidas por el Workbench.

A continuación, se procede con la elección del Material del tanque de almacenamiento el cual es el Acero Inoxidable (Stainless Steel), el mismo que se halla en el Engineering Data.

Se continúa con el procesamiento de la Geometría adecuada mediante la opción Geometry donde se debe elegir las propiedades del diseño.

Generando resultados como son:

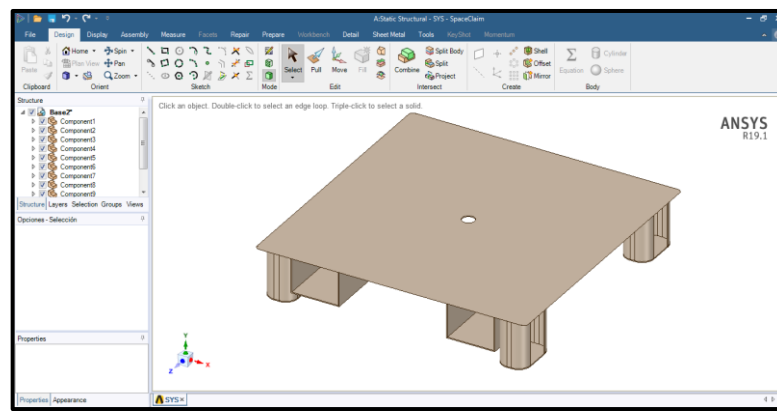


Figura 2-39: Design Modeler de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales

En la opción Model, de la pantalla principal, se procede a ubicar las condiciones de contorno, obteniendo.

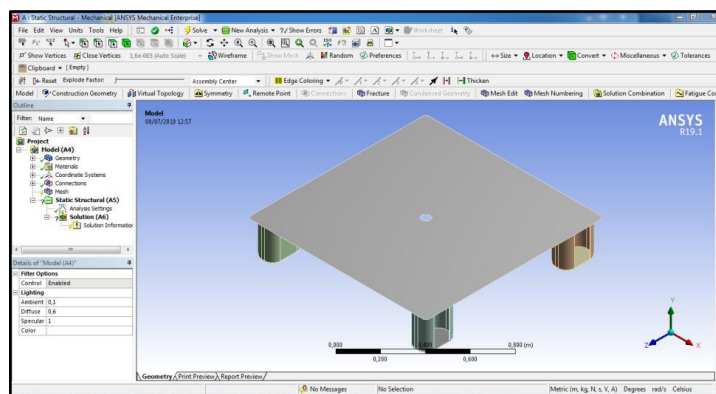


Figura 2-40: Mechanical de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales

El siguiente paso es delimitar el material de la siguiente manera:

A continuación, se procede a determinar las Condiciones de Borde, ubicándose inicialmente Soportes Fijos (Fixed Support), seleccionando las zonas detalladas.

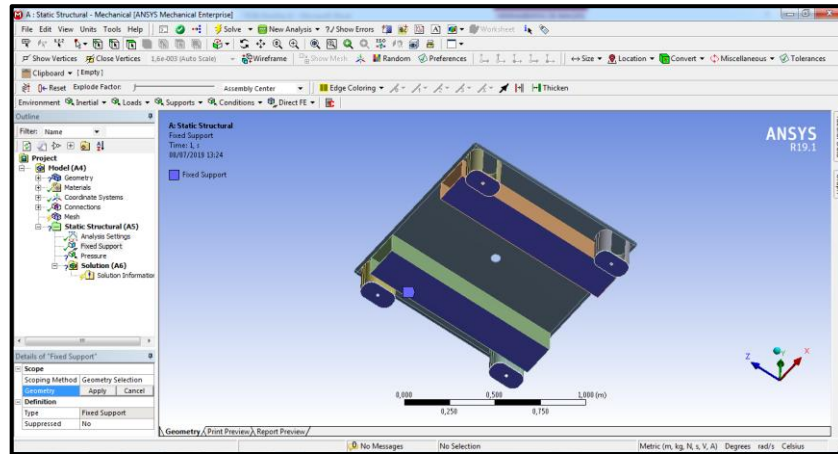


Figura 2-41: Ubicación del Fixed Support de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales

A continuación, se procede a ubicar los comandos como Presión (Pressure), seleccionando las zonas detalladas, la cual es de 17581.63 Pa.

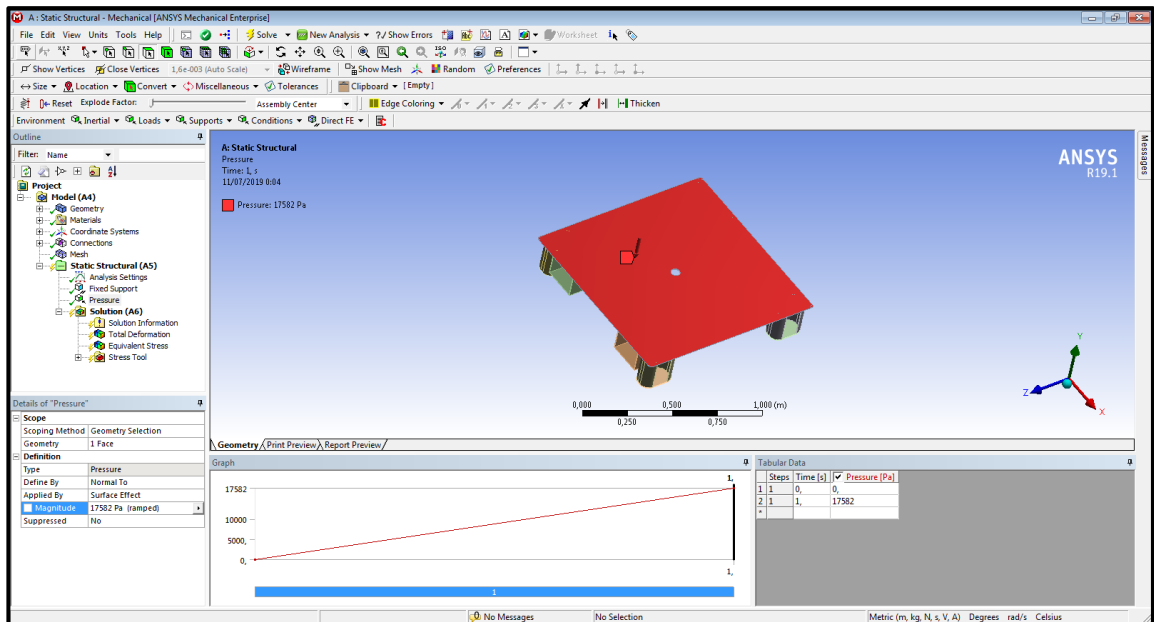


Figura 2-42: Pressure aplicada de la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales

El siguiente paso a definir es el mallado con una calidad Element Quality, generando los siguientes resultados.

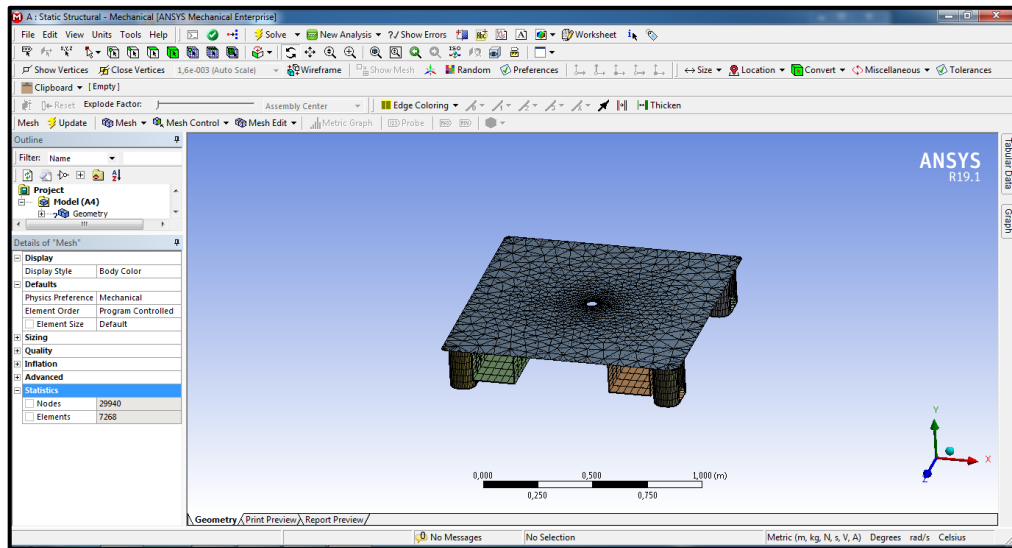


Figura 2-43: Mesh aplicada a la base del tanque de almacenamiento con soportes trasversales

Finalmente se procede a ejecutar el programa, de la siguiente manera:

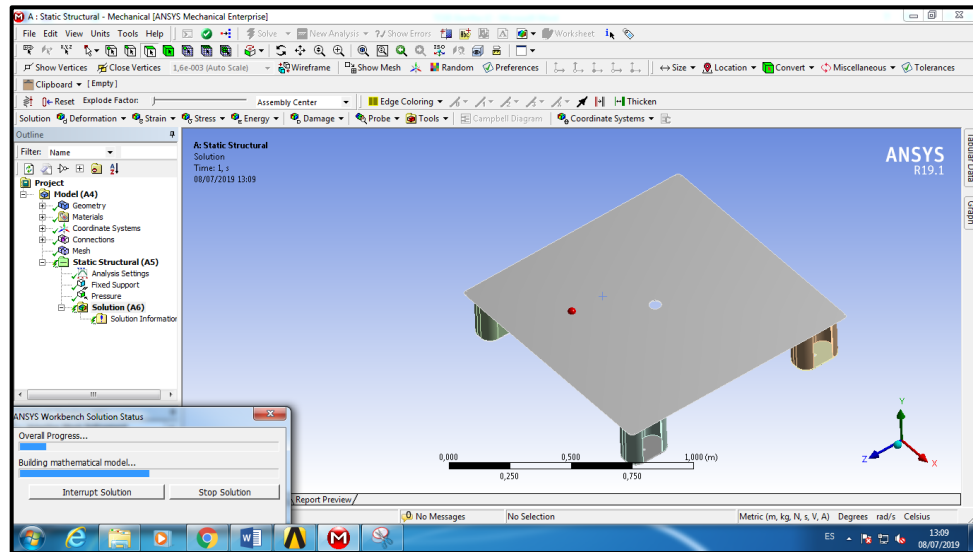


Figura 2-44: Ejecución aplicada a la base del tanque de almacenamiento con soportes trasversales

2.2.10. Análisis de las orejas de izaje

El primer paso para poder analizar es realizar el modelado en 3D en un software de tipo CAD las orejas de izaje

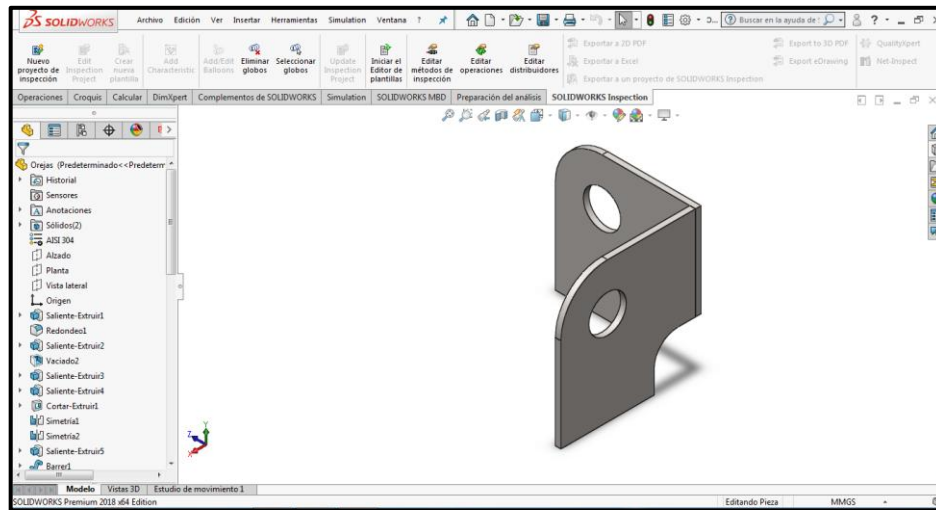


Figura 2-45: Modelado 3D de las orejas de izaje

El siguiente paso es guardar en STEP que es una extensión universal para poder ejecutar el análisis en Workbench como se indica en la figura a continuación.

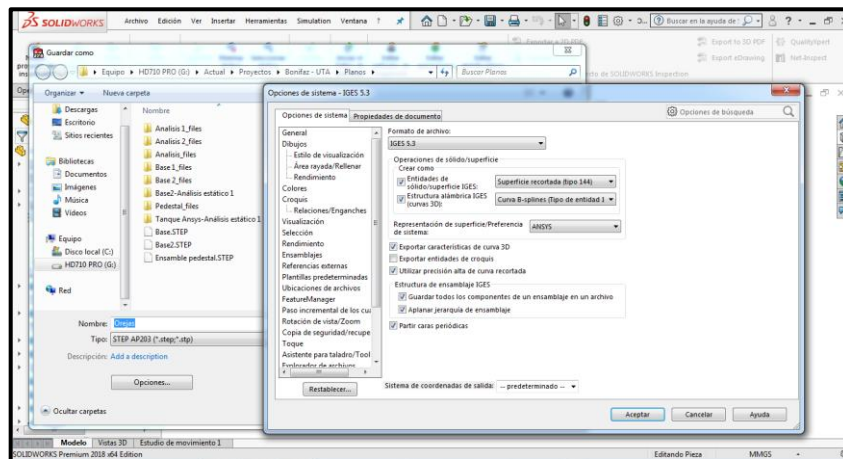


Figura 2-46: Guardado del archivo del modelado de las orejas de izaje

Para poder analizar las orejas de izaje, siguiendo los mismos parámetros que se utilizó para el análisis del tanque de almacenamiento, iniciándose con la opción de Estructura Estática (Static Structural), ubicada en las Herramientas ofrecidas por el Workbench.

A continuación, se procede con la elección del Material del tanque de almacenamiento el cual es el Acero Inoxidable (Stainless Steel), el mismo que se halla en el Engineering Data.

Se continúa con el procesamiento de la Geometría adecuada mediante la opción Geometry donde se debe elegir las propiedades del diseño.

Generando resultados como son:

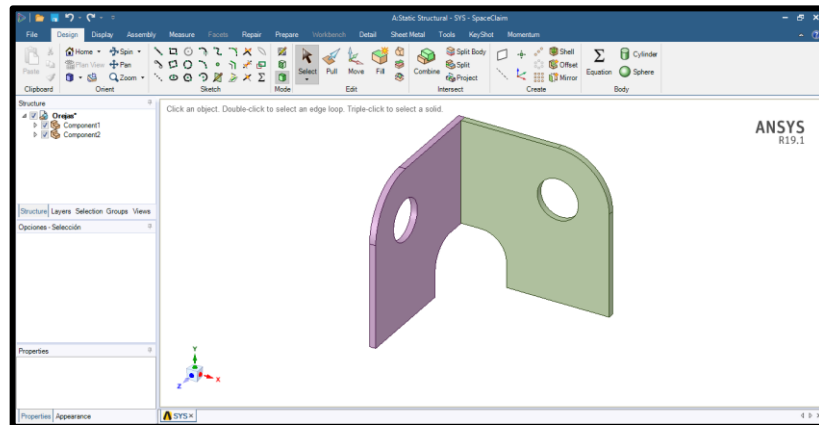


Figura 2-47: Design Modeler del modelado de las orejas de izaje

En la opción Model, de la pantalla principal, se procede a ubicar las condiciones de contorno, obteniendo.

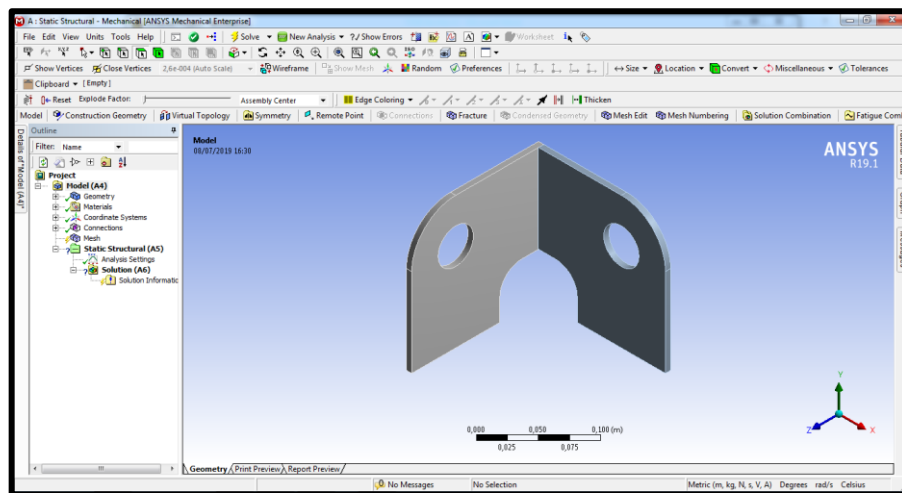


Figura 2-48: Mechanical del modelado de las orejas de izaje

El siguiente paso es delimitar el material de la siguiente manera:

A continuación, se procede a determinar las Condiciones de Borde, ubicándose inicialmente Soportes Fijos (Fixed Support), seleccionando las zonas detalladas.

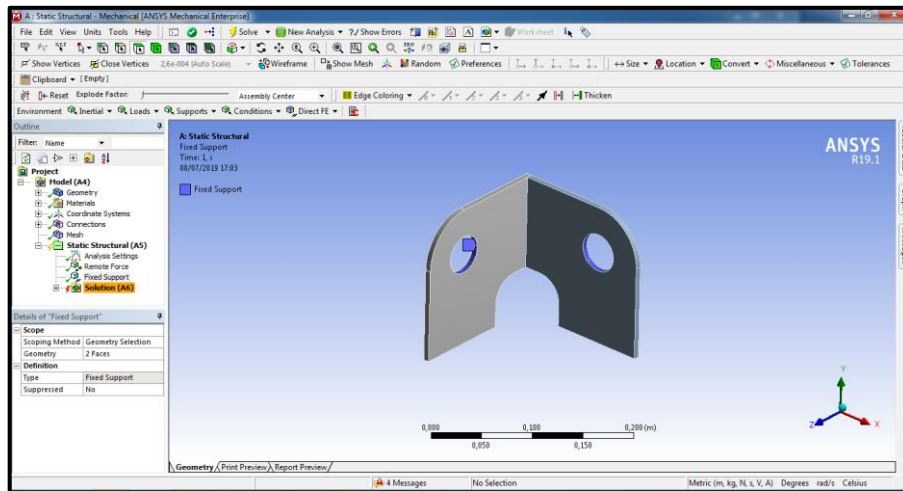


Figura 2-49: Ubicación del Fixed Support del modelado de las orejas de izaje

A continuación, se procede a ubicar los comandos de Fuerza, la cual es de $C_{oreja} = 754.255 \text{ Kg} = 7396.714 \text{ N}$

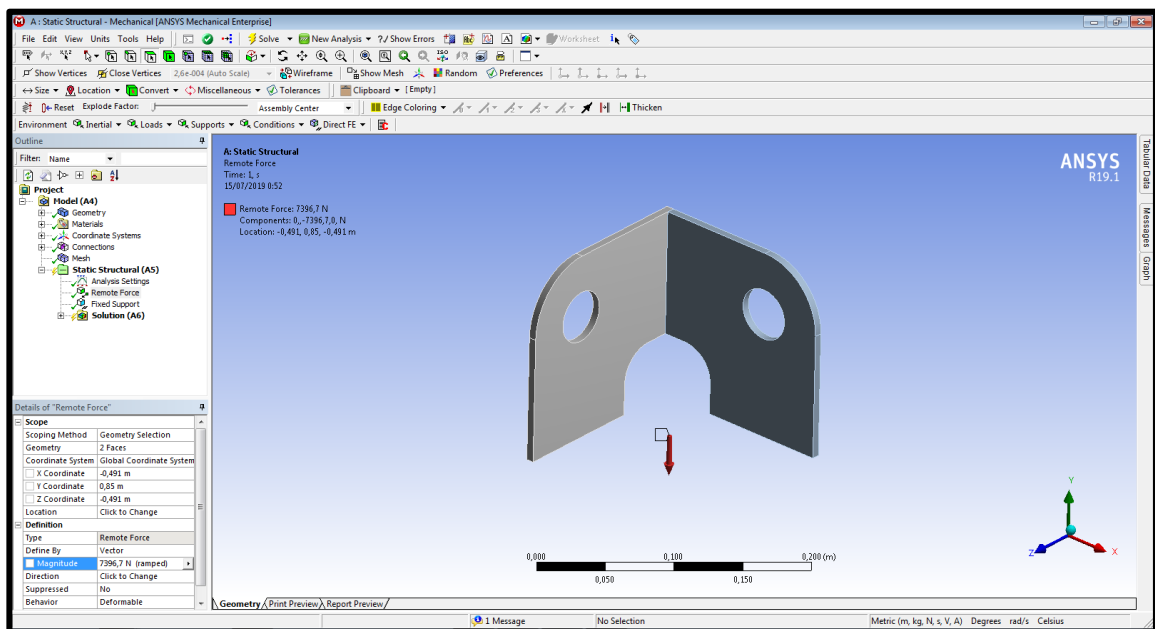


Figura 2-50: Pressure aplicada Al modelado de las orejas de izaje

El siguiente paso a definir es el mallado con una calidad Element Quality, generando los siguientes resultados.

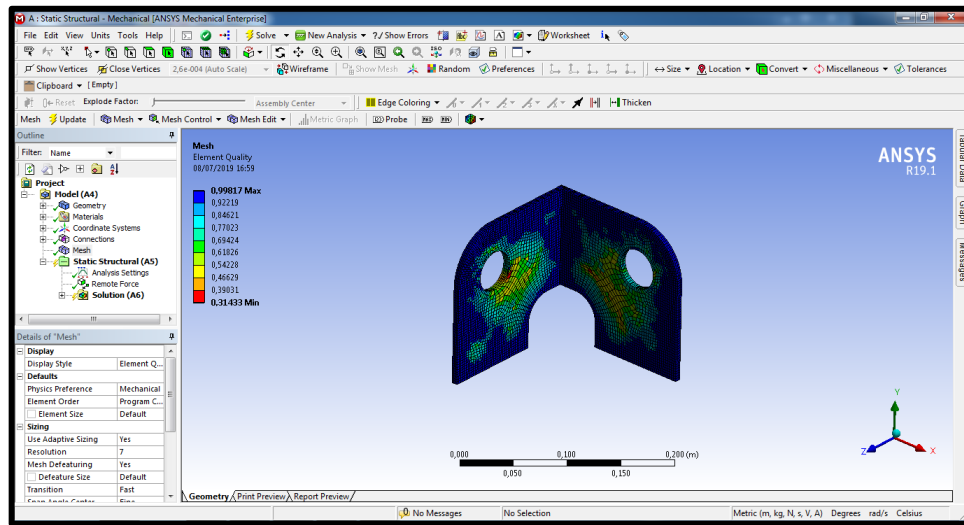


Figura 2-51: Mesh aplicada Al modelado de las orejas de izaje

Finalmente se procede a ejecutar el programa, de la siguiente manera:

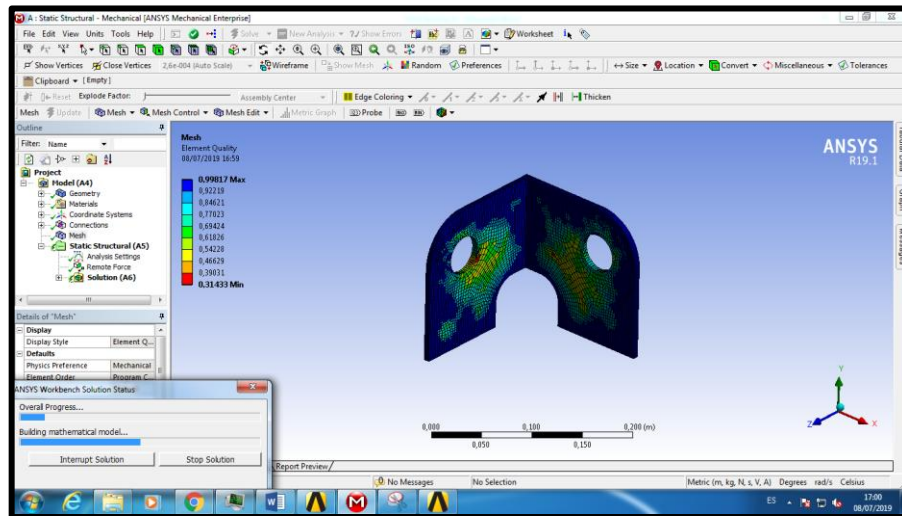


Figura 2-52: Ejecución aplicada del modelado de las orejas de izaje

2.2.11. Análisis del diseño de la estructura del pedestal

El primer paso para poder analizar es realizar el modelado en 3D en un software de tipo CAD.

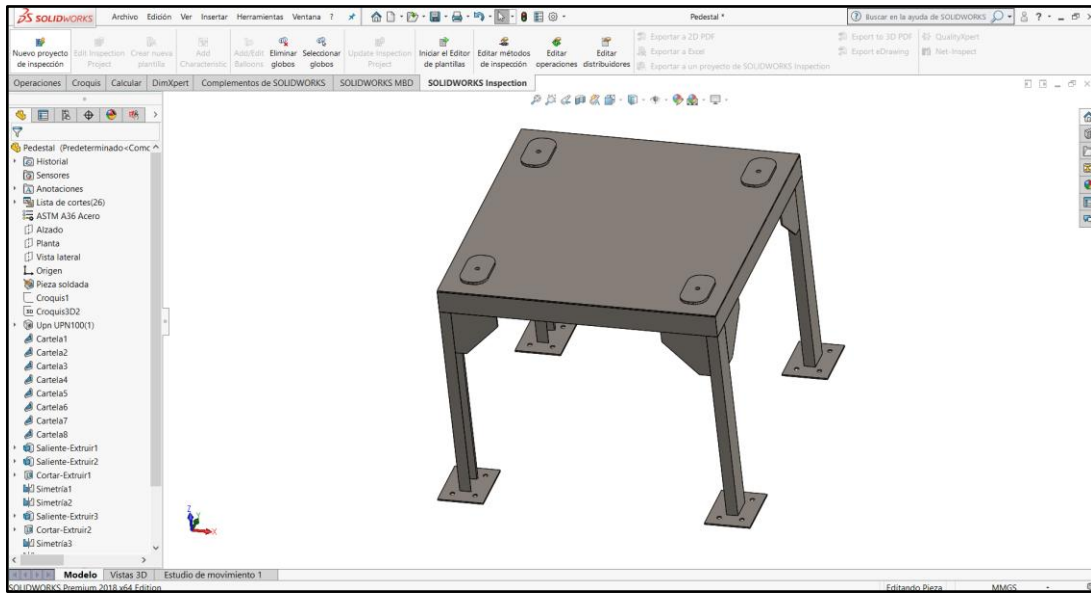


Figura 2-53: Modelado 3D del pedestal

El siguiente paso es guardar en STEP que es una extensión universal para poder ejecutar el análisis en Workbench como se indica en la figura a continuación.

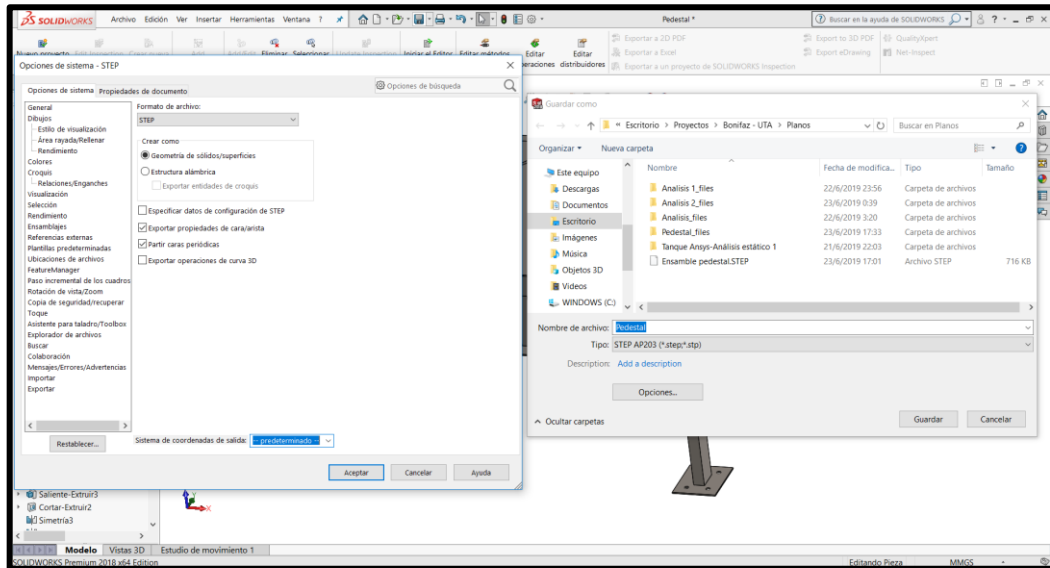


Figura 2-54: Guardado del archivo del modelado del pedestal

Para poder analizar la estructura del pedestal, se inicia seleccionando la opción de Estructura Estática (Static Structural), ubicada en las Herramientas ofrecidas por el Workbench.

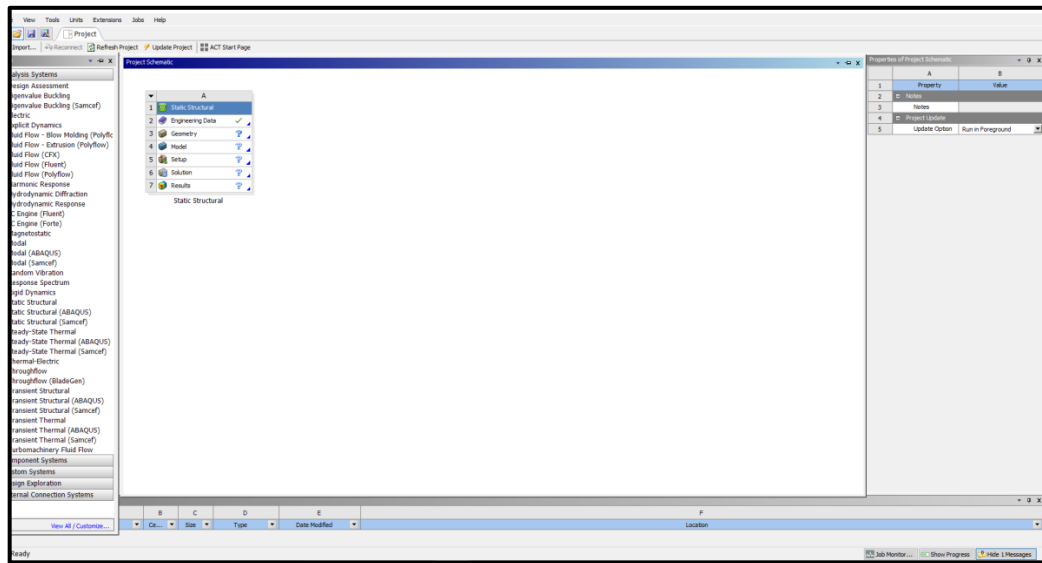


Figura 2-55: Pantalla Workbench del Pedestal

A continuación, se procede con la elección del Material de la Estructura el cual es el Acero Estructura (Structural Steel), el mismo que se halla en el Engineering Data.

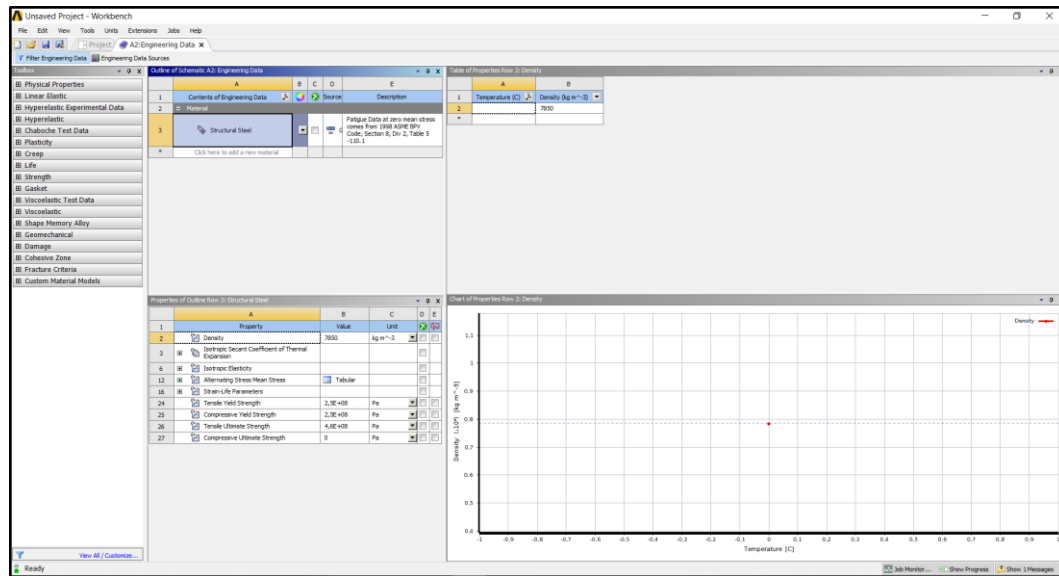


Figura 2-56: Engineering Data del Pedestal

El siguiente paso es procesar la Geometría adecuada mediante la opción Geometry donde se debe elegir las propiedades del diseño.

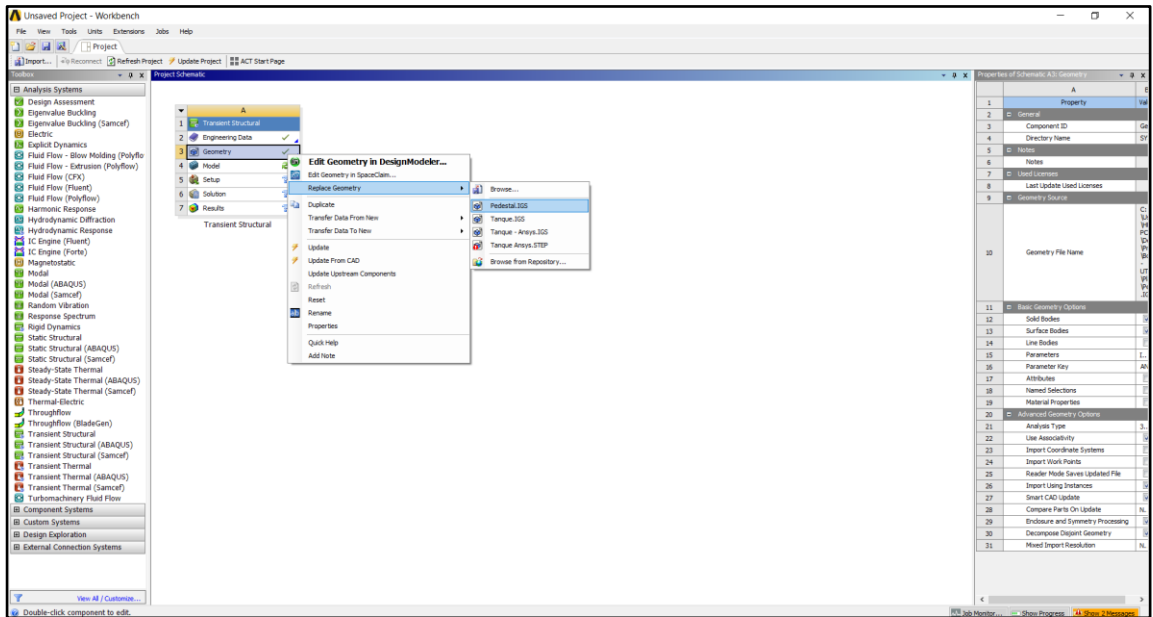


Figura 2-57: Pantalla Workbench – Geometry I. del Pedestal

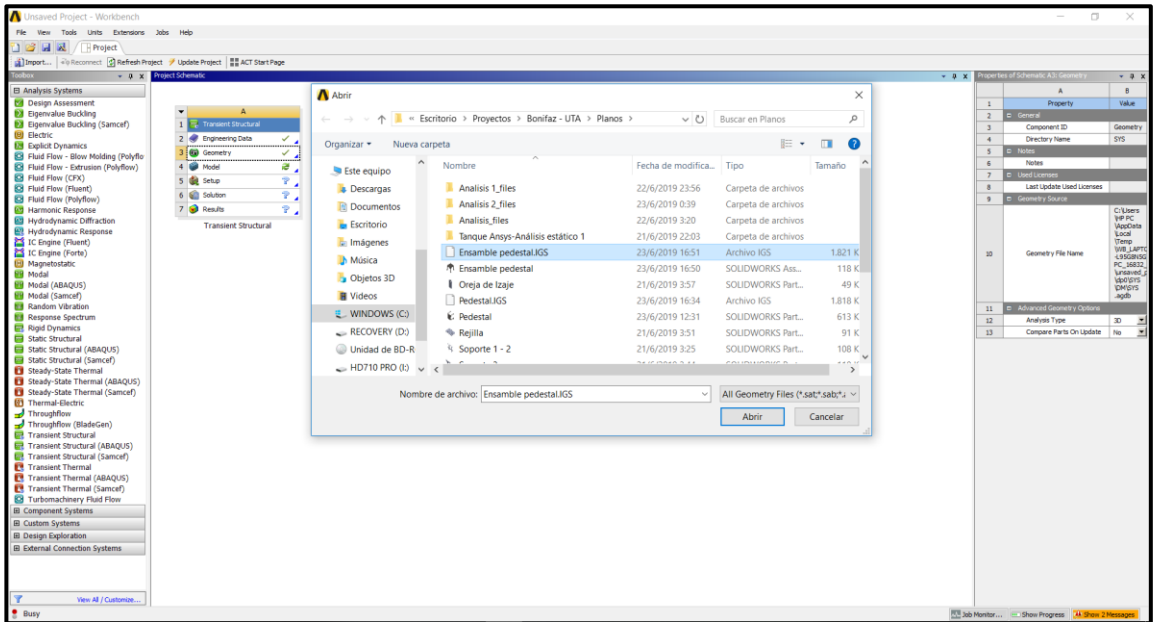


Figura 2-58: Pantalla Workbench – Geometry II. del Pedestal

Generando resultados como son:

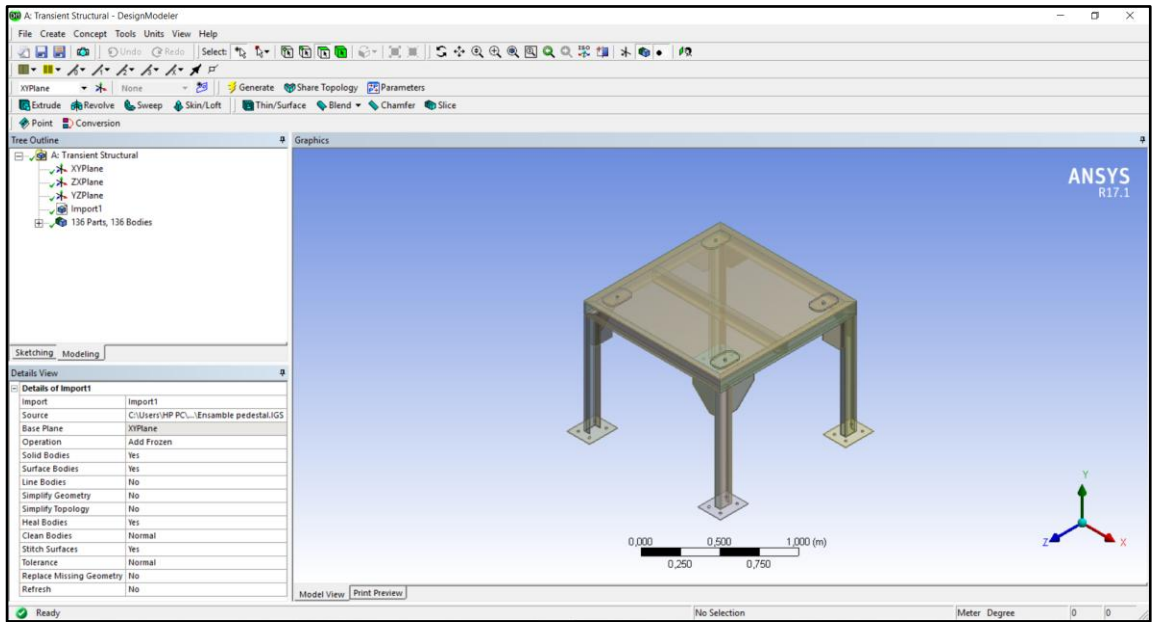


Figura 2-59: Design Modeler del Pedestal

En la opción Model, de la pantalla principal, se procede a ubicar las condiciones de contorno, iniciando con la elección del material.

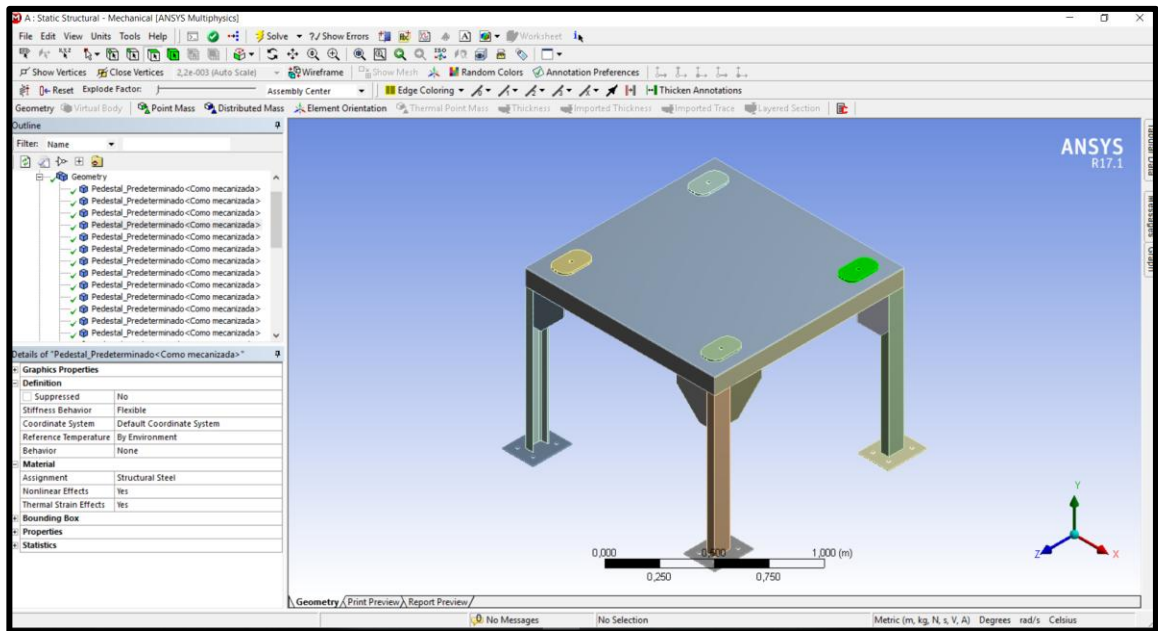


Figura 2-60: Mechanical (Pedestal)

A continuación, se procede a determinar las Condiciones de Borde, ubicándose inicialmente Soportes Fijos (Fixed Support), seleccionando las zonas detalladas.

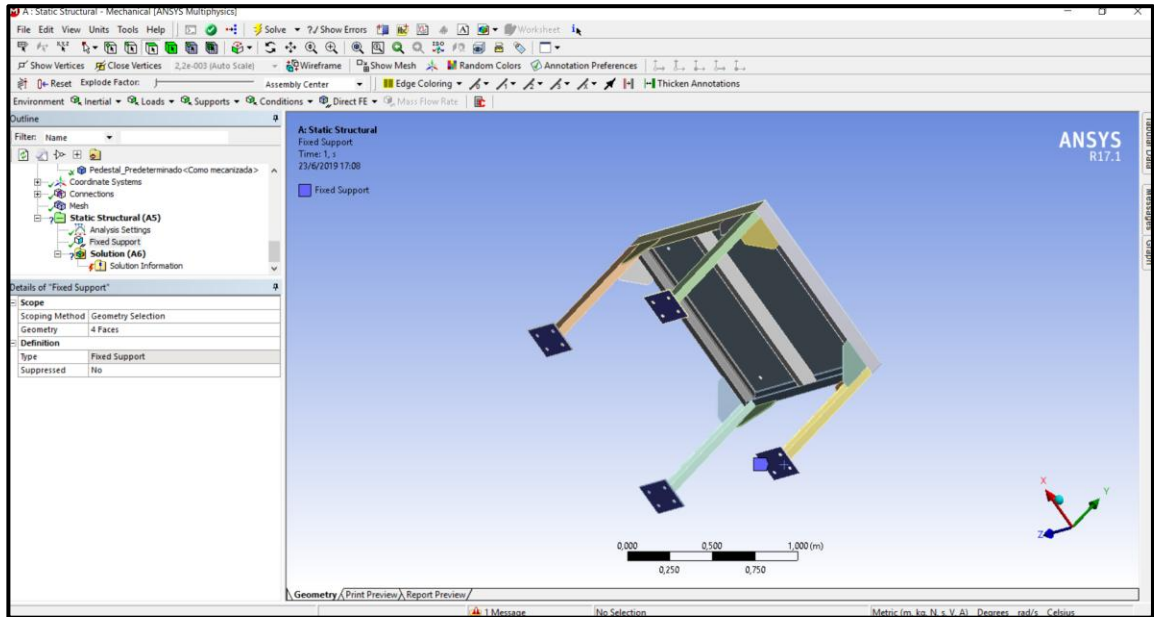


Figura 2-61: Ubicación del Fixed Support (Pedestal)

A continuación, se procede a ubicar los comandos como Fuerza (Force) = 30188.595 N, seleccionando las zonas detalladas.

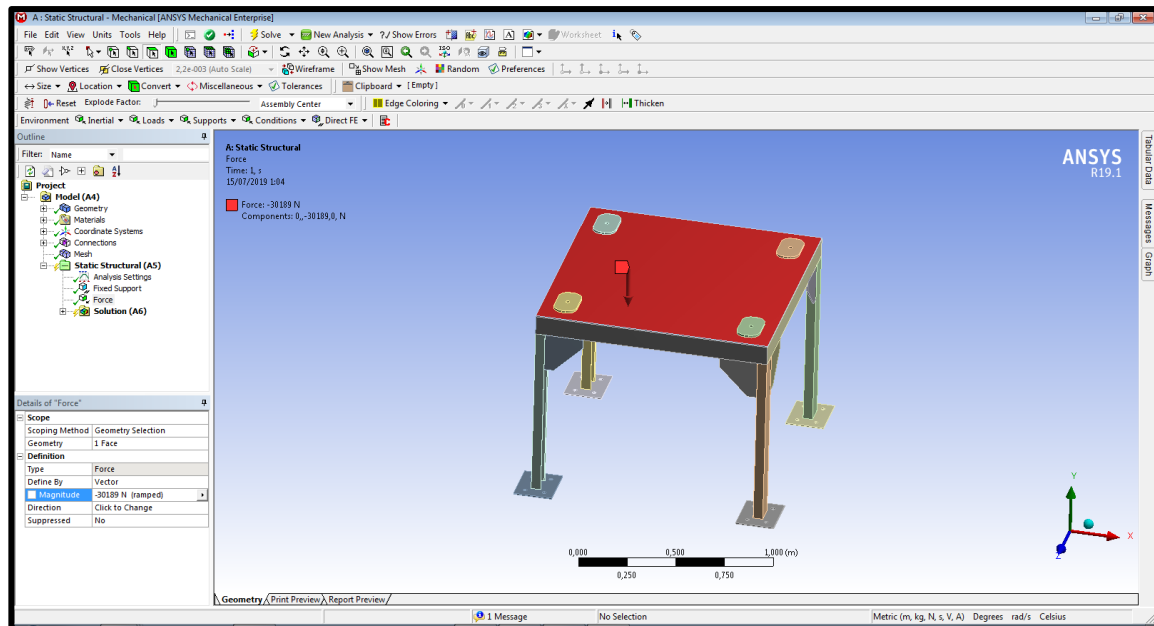


Figura 2-62: Force (Pedestal)

El siguiente paso a definir el mallado con una calidad Element Quality, generando los siguientes resultados.

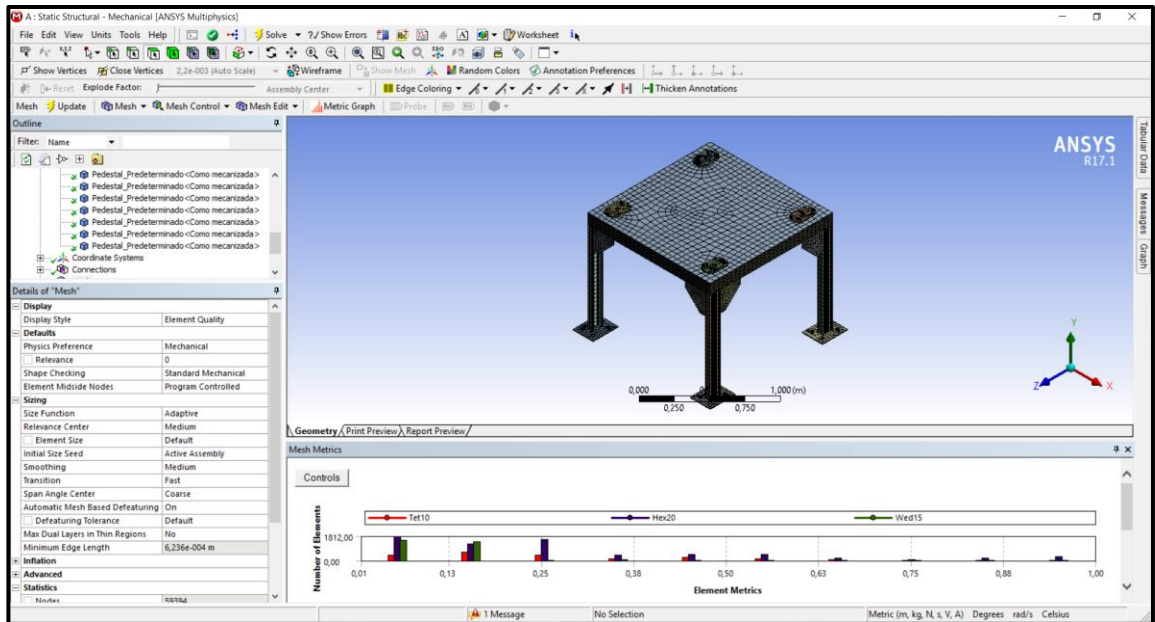


Figura 2-63: Mesh (Pedestal)

Finalmente se procede a ejecutar el programa, de la siguiente manera:

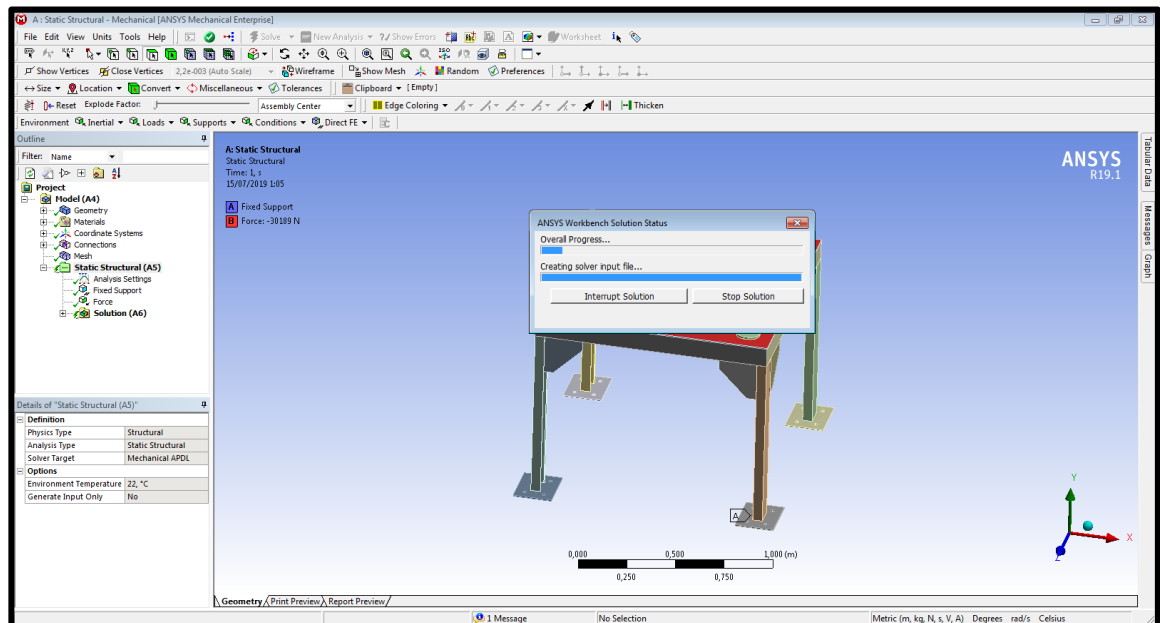


Figura 2-64: Ejecución (Pedestal)

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de los análisis

3.1.1. Tanque de almacenamiento

El Análisis de Esfuerzos generaron los siguientes resultados:

- **Deformación Total**

Una vez ubicados los parámetros requeridos se procede a analizar, dando como referencia la Deformación Total, la cual es aceptable, dando como resultados de hasta 0.291 mm, la cual es aceptable por no presentar una deformación elevada.

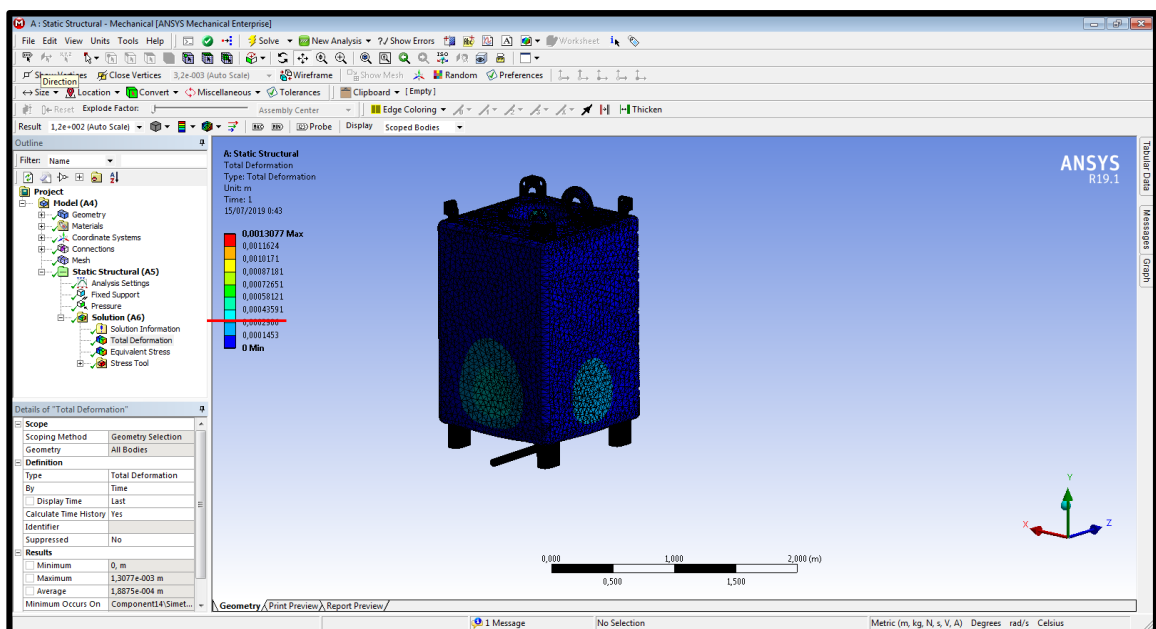


Figura 3-1: Deformación Total (Tanque de almacenamiento)

- **Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises**

El esfuerzo equivalente originado según la Escala de Von Mises, es aceptable, en vista que se puede distinguir que el Esfuerzo Máximo es de 107.19 MPa, observándose que el

tanque en la mayor parte se ubica en celeste con 23.82 MPa, dando como válido el diseño

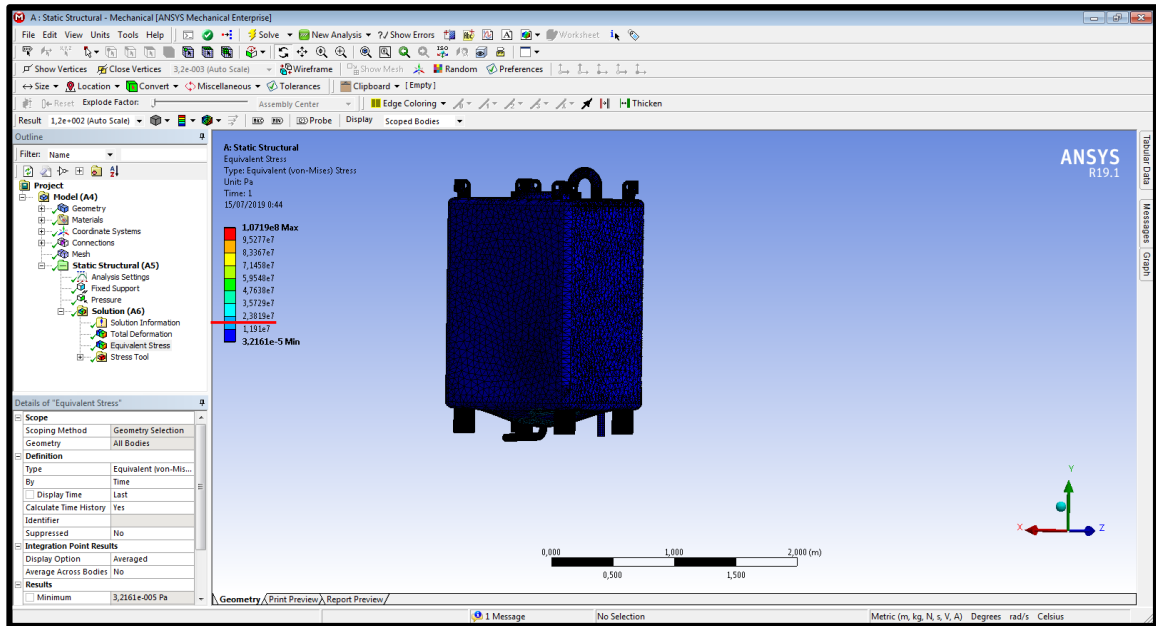


Figura 3-2: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (Tanque de almacenamiento)

- **Factor de Seguridad**

Finalmente, los resultados originados dan un Factor de Seguridad aceptable de 2.604 cumpliendo con el factor recomendado por Rober Mott, que es de 2.5 a 4.0, útil para aplicaciones de diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o al ambiente.

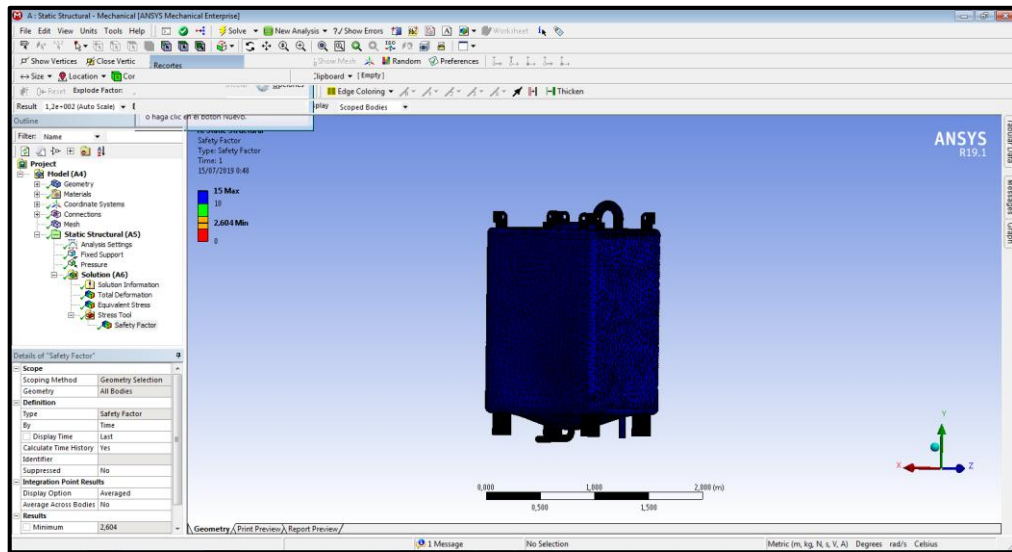


Figura 3-3: Factor de Seguridad (Tanque de almacenamiento)

3.1.2. Base del tanque de almacenamiento sin soportes transversales

El Análisis de Esfuerzos generaron los siguientes resultados:

- **Deformación Total**

Una vez ubicados los parámetros requeridos se procede a analizar, dando como referencia la Deformación Total máxima de 14.39 mm

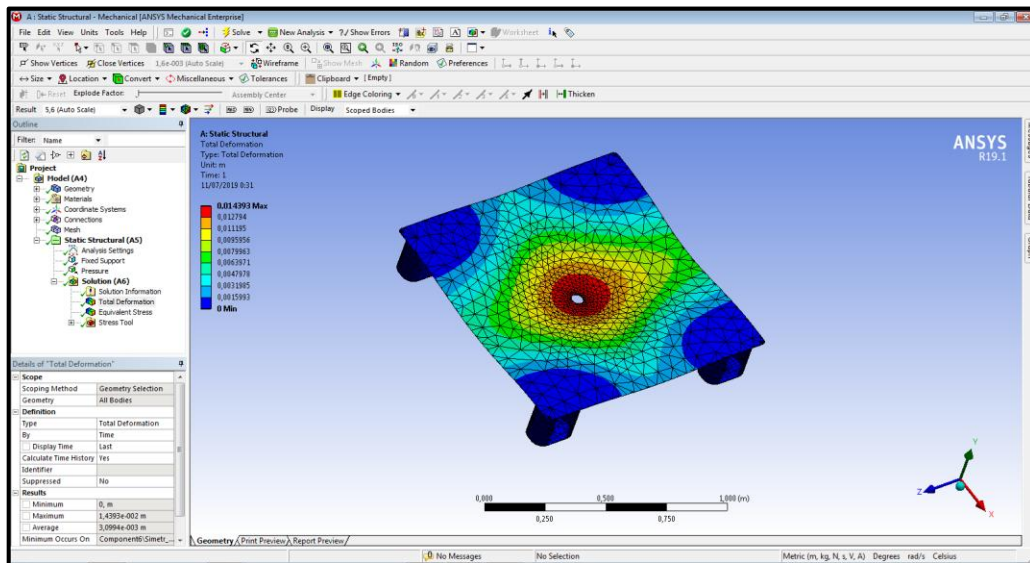


Figura 3-4: Deformación Total (Base de tanque de almacenamiento sin soportes transversales)

- **Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises**

El esfuerzo equivalente originado según la Escala de Von Mises, es celeste con 121.6 MPa.

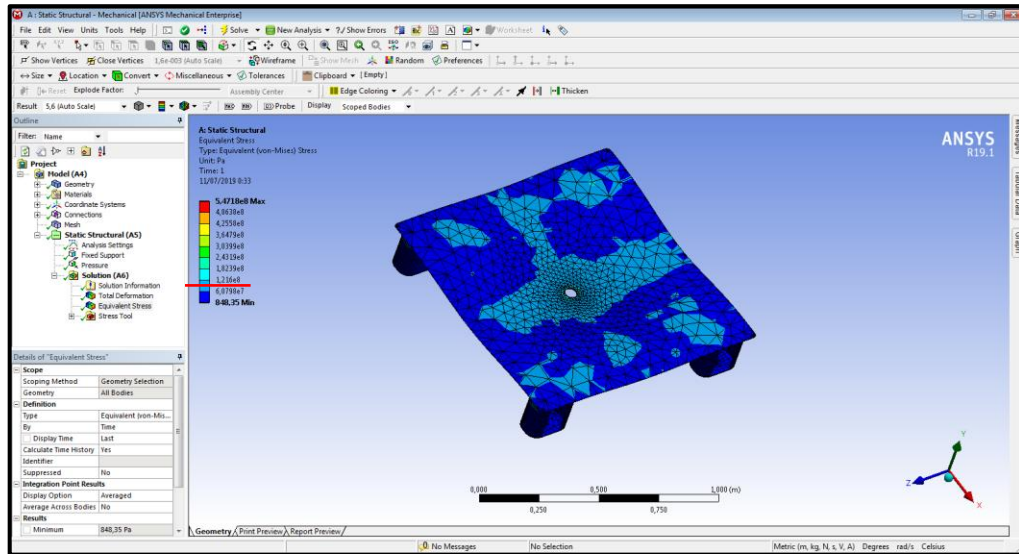


Figura 3-5: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (Base de tanque de almacenamiento sin soportes transversales)

- Factor de Seguridad

Finalmente, los resultados originados dan un Factor de Seguridad mínimo de 0.388.

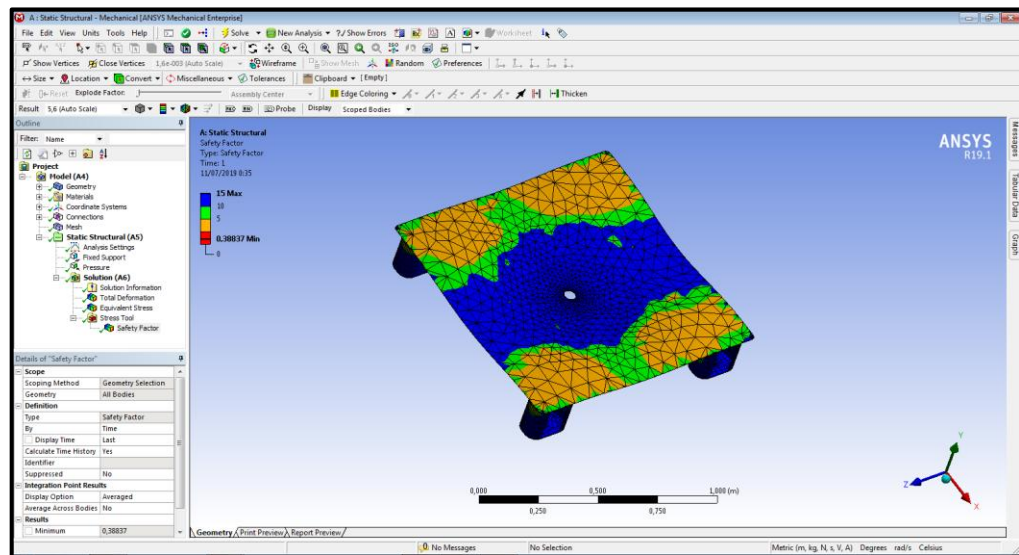


Figura 3-6: Factor de Seguridad (Base de tanque de almacenamiento sin soportes transversales)

3.1.3. Base del tanque de almacenamiento con soportes transversales

El Análisis de Esfuerzos generaron los siguientes resultados:

- **Deformación Total**

Una vez ubicados los parámetros requeridos se procede a analizar, dando como referencia la Deformación Total máxima de 0.858 mm

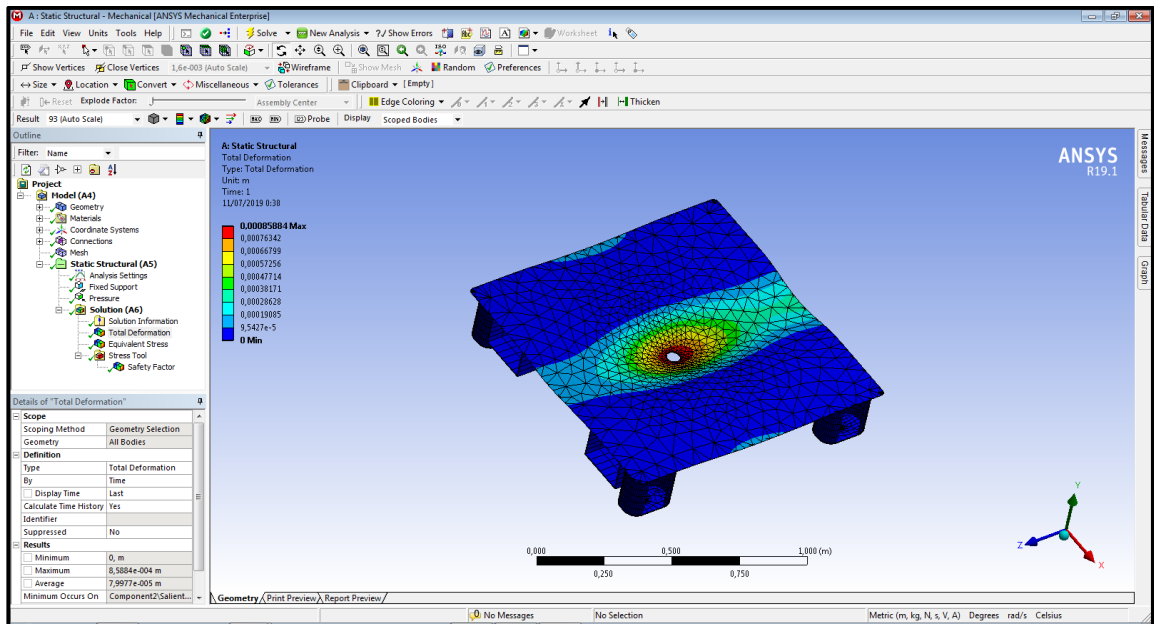


Figura 3-7: Deformación Total (Base de tanque de almacenamiento con soportes transversales)

- **Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises**

El esfuerzo equivalente originado según la Escala de Von Mises, es celeste con 11.9 MPa.

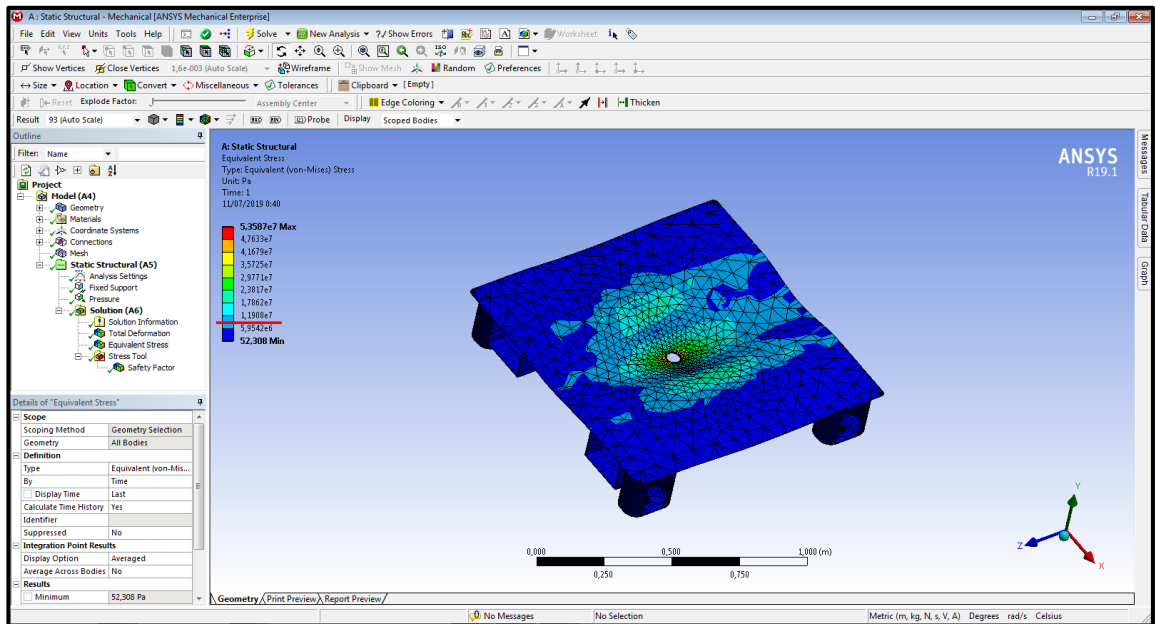


Figura 3-8: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (Base de tanque de almacenamiento con soportes transversales)

- **Factor de Seguridad**

Finalmente, los resultados originados dan un Factor de Seguridad mínimo de 3.86

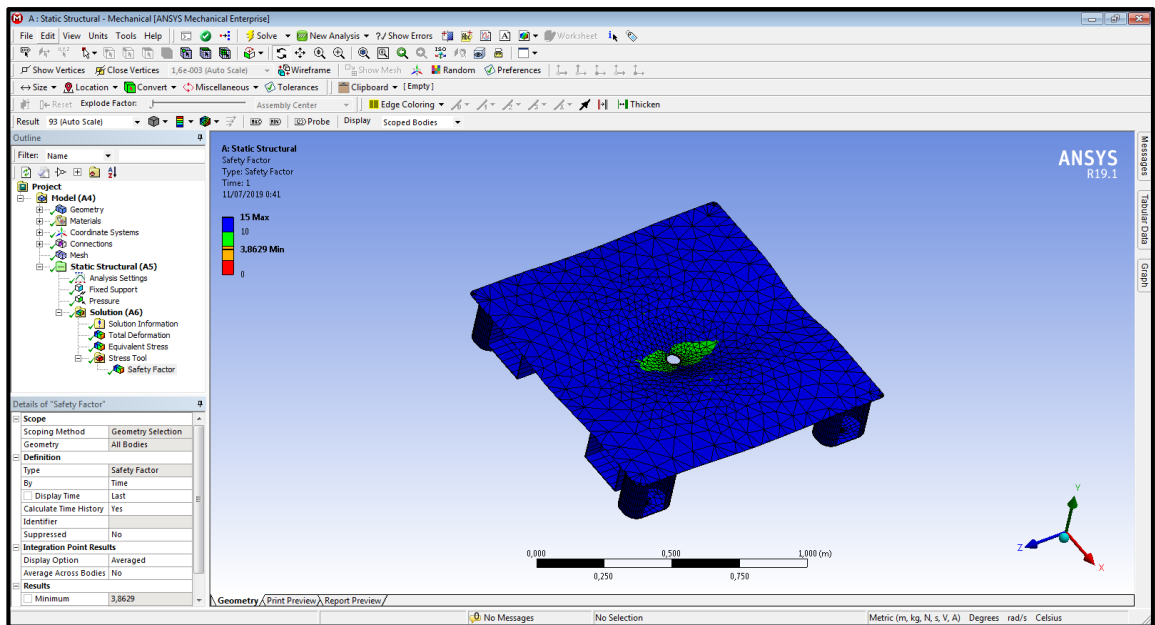


Figura 3-9: Factor de Seguridad (Base de tanque de almacenamiento con soportes transversales)

3.1.4. Comparación

La comparación se origina de la siguiente manera:

Tabla 3-1: Tabla de comparación

Base del tanque de almacenamiento			
Variables	Deformación Total (mm)	Esfuerzo Equivalente (MPa)	Factor de seguridad
Sin soportes transversales	14.39	121.6	0.388
Con soportes transversales	0.858	11.9	3.86

Según estos parámetros se puede identificar que mejores propiedades presenta la base del tanque de almacenamiento con soportes transversales, el cual cumple con el factor recomendado por Rober Mott, que es de 2.5 a 4.0, útil para aplicaciones de diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o al ambiente.

3.1.5. Análisis del modelado de las orejas de izaje

El Análisis de Esfuerzos generaron los siguientes resultados:

- **Deformación Total**

Una vez ubicados los parámetros requeridos se procede a analizar, dando como referencia la Deformación Total máxima de 0.00376 mm, al cual no representa un valor mayor dando por aceptado el modelado.

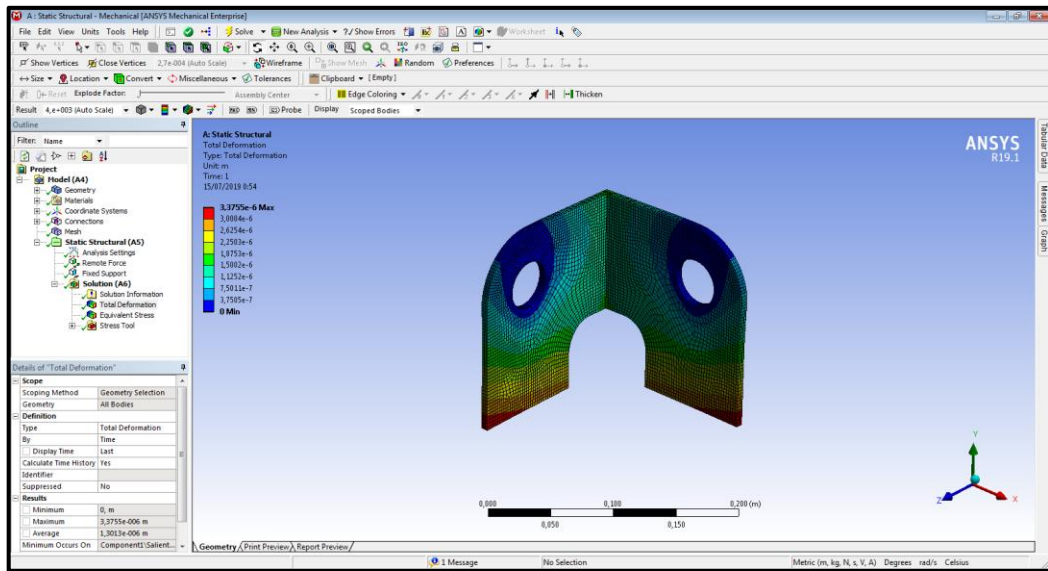


Figura 3-10: Deformación Total (de las orejas de izaje)

- **Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises**

El esfuerzo equivalente originado según la Escala de Von Mises, es amarillo con 8.282 MPa, la cual se ubica en el rango recomendado según el código de colores

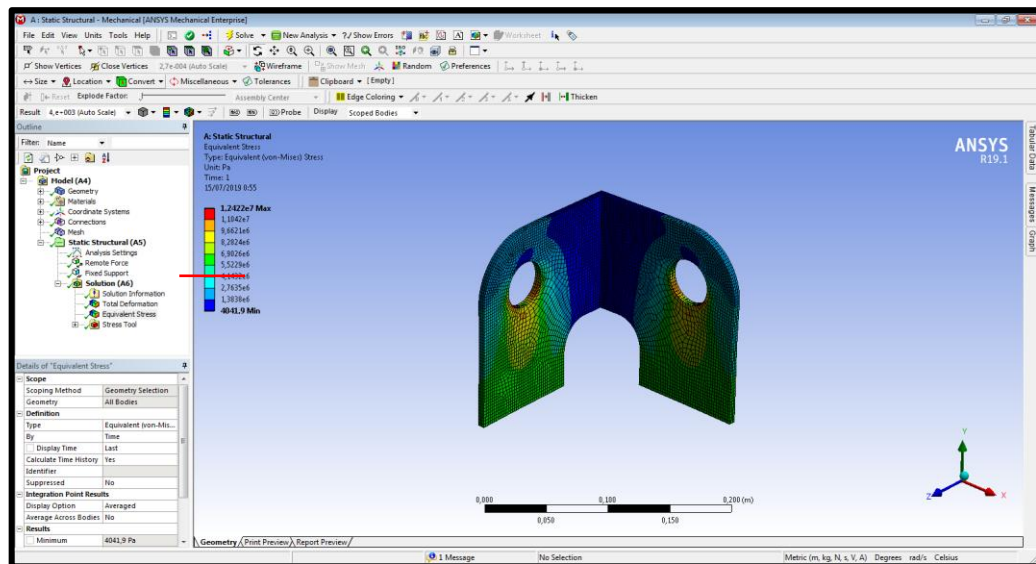


Figura 3-11: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (de las orejas de izaje)

- **Factor de Seguridad**

Finalmente, los resultados originados dan un Factor de Seguridad mínimo de 15, el cual es válido dando por aceptado el diseño de la oreja de izaje.

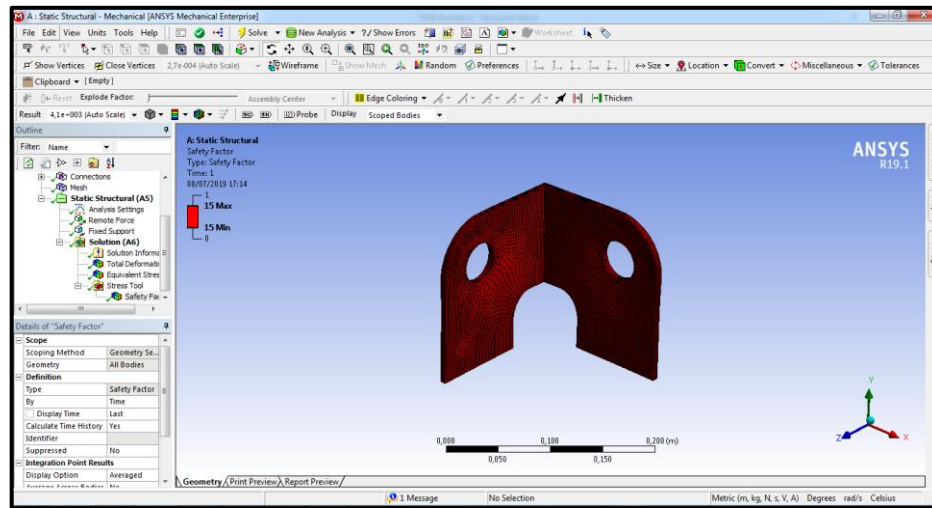


Figura 3-12: Factor de Seguridad (de las orejas de izaje)

3.1.6. Estructura del Pedestal

El Análisis de Esfuerzos generaron los siguientes resultados:

- **Deformación Total**

Una vez ubicados los parámetros requeridos se procede a analizar, dando como referencia la Deformación Total, dando como resultados de hasta 2.26 mm, la cual es aceptable.

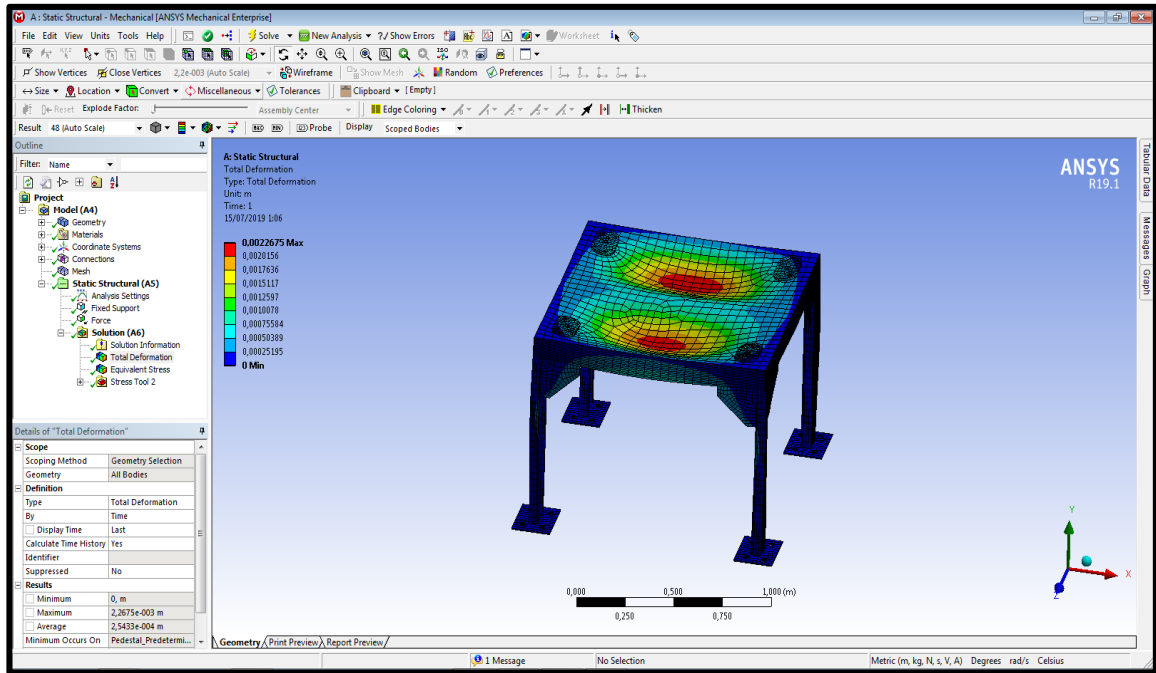


Figura 3-13: Deformación Total (Pedestal)

- **Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises**

El esfuerzo equivalente originado según la Escala de Von Mises, es aceptable, en vista que se puede distinguir que el Esfuerzo Máximo es de 200.85 MPa, observándose que el mayor esfuerzo que se genera en la estructura es de 44.63 MPa de color celeste, dando como válido el diseño

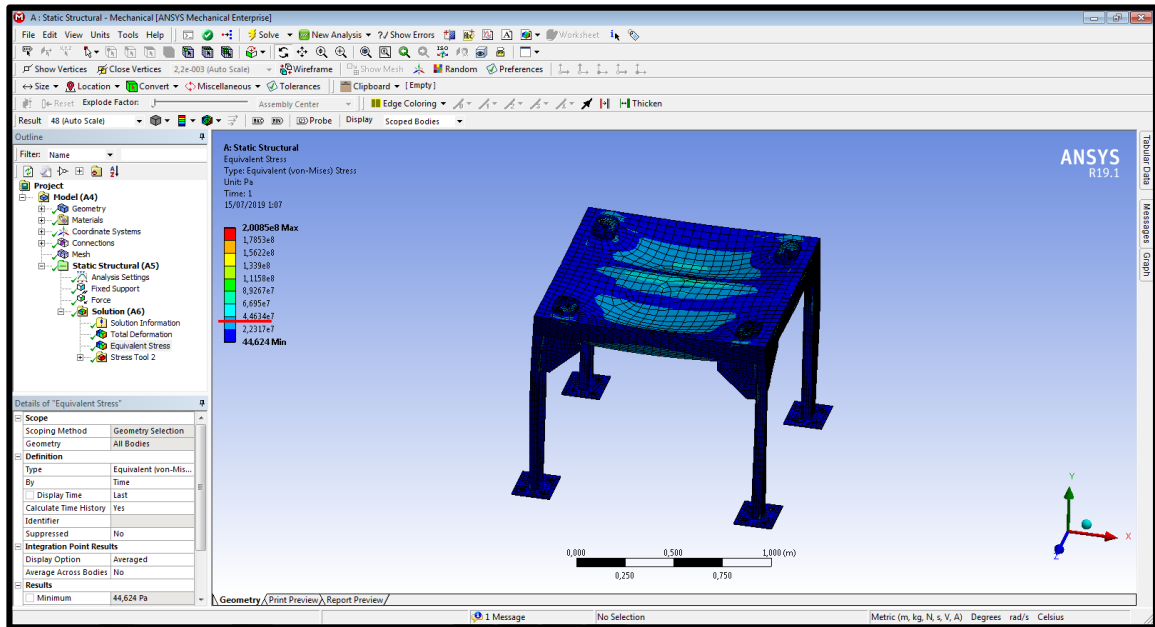


Figura 3-14: Esfuerzos Equivalentes en la escala de Von Mises (Pedestal)

- **Factor de Seguridad**

Finalmente, los resultados originados dan un Factor de Seguridad aceptable de 3.00 variando en un rango de 0 a 15, cumpliendo con el factor recomendado por Rober Mott, que es de 2.5 a 4, útil para aplicaciones de diseños estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos a al ambiente.

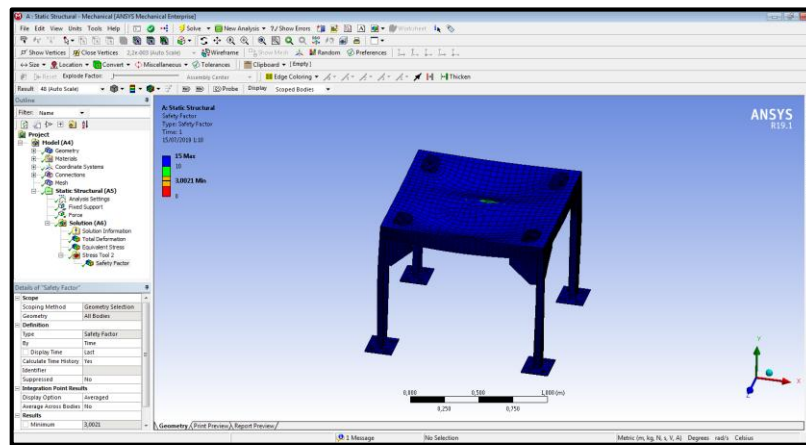


Figura 3-15: Factor de Seguridad (Pedestal)

3.1.7. Procedimiento de construcción

El procedimiento de construcción se inicia:

- Preparación del material
- Corte de perfiles estructurales
- Corte de planchas metálicas
- Doblado de planchas metálicas
- Preparación superficial
- Recubrimiento
- Manufacturación de SKID de tanques
- Manufacturación del cuerpo del tanque
- Soldadura de base y tapa

3.1.8. Análisis económico

3.1.8.1. Costos

El análisis de costos se debe dividir en:

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 1 DE 2

RUBRO : 1

UNIDAD: U

DETALLE : SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>		<i>CANTIDAD (Dólares)</i>	<i>Horas B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>	<i>Referencia</i>
Soldadora Eléctrica		10,00	8	80,00	1,00	80,00	Mecánica San Juan
Soldadora Oxiacetilénica		15,00	2	30,00	1,00	30,00	Mecánica San Juan
Dobladora		5,00	4	20,00	1,00	20,00	Mecánica San Juan
Fresado		20,00	6	120,00	1,00	120,00	Mecánica San Juan
Limadora		15,00	2	30,00	1,00	30,00	Mecánica San Juan
Pulidora		10,00	2	20,00	1,00	20,00	Mecánica San Juan
SUBTOTAL M						300,00	

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>		<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>Cantidad de Personas</i>	<i>COSTO D=CxR</i>	<i>Referencia</i>
Ayudante del sector de metalmecánica	D2	2,54	120	304,53	3,000	913,59	Tabla de salarios mínimo sectoriales - 2019
Jefe / coordinador del sector metalmecánica	B1	2,56	120	306,92	1,000	306,92	Tabla de salarios mínimo sectoriales - 2019
SUBTOTAL N						1.220,51	

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	<i>Referencia</i>
Planchas de Acero Inoxidable 2440 x 1220 x 4	mm	2,75	348,32	957,88	DIPAC
Tubo inoxidable de 2" x 1,2	mm	1	56,56	56,56	DIPAC
Válvula de bola de 2" de diámetro nominal Inoxidable	u	1,00	80,00	80,00	Ferretería L&L
Tee de 2"	u	1	15,00	15,00	Ferretería L&L
Codo 90° de 2"	u	2	15,00	30,00	Ferretería L&L
Pernos de Anclaje	u	16	0,90	14,40	Ferretería L&L
Electrodos 308 L	Libras	5	15,25	76,25	INDURA
Acoples de 1/2" inoxidable	u	2	15,00	30,00	La llave
Acoples de 2" inoxidable	u	3	15,00	45,00	La llave
SUBTOTAL O				1.305,09	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		2.825,60
INDIRECTOS (%)	20,00%	565,12
UTILIDAD (%)	0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO		3.390,72

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 2 DE 2

RUBRO : 2

DETALLE : PEDESTAL

UNIDAD: U

EQUIPO DESCRIPCIÓN		CANTIDAD (Dólares)	Horas B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR	Referencia
Soldadora Eléctrica		10,00	2	20,00	1,00	20,00	Mecánica San Juan
Soldadora Oxiacetilénica		15,00	1	15,00	1,00	15,00	Mecánica San Juan
Pulidora		10,00	1	10,00	1,00	10,00	Mecánica San Juan
SUBTOTAL M						45,00	

MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	Cantidad de Personas	COSTO D=CxR	Referencia
Ayudante del sector de metalmecánica	D2	2,54	24	60,91	1,000	60,91	Tabla de salarios mínimo sectoriales - 2019
Jefe / coordinador del sector metalmecánica	B1	2,56	24	61,38	1,000	61,38	Tabla de salarios mínimo sectoriales - 2019
SUBTOTAL N						122,29	

MATERIALES DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB	Referencia
Planchas de Acero 2440 x 1220 x 4	mm	1	138,99	138,99	DIPAC
Perfil UPN	mm	1	56,56	56,56	DIPAC
Electrodo E6011	Lb	2	20,00	40,00	AGA
SUBTOTAL O				235,55	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		402,84
INDIRECTOS (%)	20,00%	80,57
UTILIDAD (%)	0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO		483,41

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 3 DE 3

RUBRO : 3

UNIDAD: U

DETALLE : Sistema de alimentación

EQUIPO DESCRIPCIÓN		CANTIDAD (Dólares)	Horas B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR	Referencia
Herramienta Menor 5% de M.O.						4,19	
SUBTOTAL M						4,19	

MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	Cantidad de Personas	COSTO D=CxR	Referencia
Instrumentista	C2	2,62	32	83,87	1,000	83,87	Tabla de salarios mínimo sectoriales - 2019
SUBTOTAL N						83,87	

MATERIALES DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB	Referencia
Bomba NPE 2ST 1 1/4 x 1 1/2 -6: 1 HP 220v 3F 60 Hz Explosion proof	u	1	2.835,90	2.835,90	La Llave
Kit de sensor de nivel de fluidos eléctrico	u	1	73,00	73,00	Elesa
Columna de calibración Kenco 1/2"	u	1	320,00	320,00	Jarval
Valvula check 2" inoxidable	u	1	56,56	56,56	La Llave
Válvula de bola de 2" de diámetro nominal Inoxidable	u	1	20,00	20,00	La Llave
Accesorios eléctricos e hidráulicos	u	1	200,00	200,00	
SUBTOTAL O				3.505,46	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3.593,52
INDIRECTOS (%)	20,00% 718,70
UTILIDAD (%)	0,00% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	4.312,23

Active Windows

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se seleccionaron materiales adecuados como es el AISI 304 para el proyecto De investigación planteado con una ponderación del 0.578
- El nivel seleccionado más apropiado para este proyecto es el Medidor de Nivel de cristal, dando una ponderación resultante del 0.6333
- Se diseñó el tanque de almacenamiento bajo norma API650 y AWS D1.6
- El factor de seguridad del análisis originado en el tanque de almacenamiento y orejas del izaje es de 15.
- El factor de seguridad que da en el diseño del pedestal es de 4.37, cumpliendo con el factor recomendado por Robert Mott, que es de 2.5 a 4, útil para aplicaciones de diseños estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos a al ambiente.
- Seleccionamos componentes y materiales adecuados según lo solicitado.
- Se originó un análisis de costos de 3390,72 dólares del sistema de almacenamiento, 483.41 dólares del pedestal y 4312,23 dólares del sistema de alimentación.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda ejecutar proyectos de investigación, que pongan en práctica lo aprendido.
- Realizar el análisis de los químicos obtenido, estableciéndose en futuras investigaciones, para el área de energías alternativas.
- Se recomienda usar equipos de protección para manipular los químicos como es el antiescala, antiespumante y jp1.

Bibliografía

- [1] G. Jiménez, Diseño y Construcción de un Tanque Para Almacenar 2000 Toneladas de Aceite de Palma Basado en la Norma API-650-2007, Guayaquil: Autor - Editor (Escuela Superior Politécnica Del Litoral), 2009.
- [2] I. Revelo, DISEÑO DE TANQUES, USADOS EN LA SEPARACIÓN DEL AGUA DE FORMACIÓN PARA EL PROCESO DE REINYECCIÓN, ESTACIÓN SECOYA, Quito: Autor - Editor (Universidad Central del Ecuador), 2015.
- [3] R. Cabezas y W. Núñez, Diseño y simulación de un tanque de techo fijo para almacenar petróleo de 3000 BLS de capacidad en la plataforma del Pozo Sacha 192, ubicada en la provincia de Orellana, Quito: Autor - Editor (Universidad Politécnica Salesiana), 2011.
- [4] Del Castillo, Recipientes a presión, Cautitlán Izcalli: Autor - Editor (Universidad Nacional Autónoma de México), 2018.
- [5] P. Aranda, DISEÑO DE TANQUES DE ACERO SOLDADO APOYADOS SOBRE EL SUELO PARA ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS, Lima: Autor - Editor (Universidad Ricardo Palma), 2011.
- [6] Á. Guainilla, ANÁLISIS DE PÉRDIDAS POR EVAPORIZACIÓN EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DE TECHO FIJO PARA JUSTIFICAR EL CAMBIO A TECHO FLOTANTE EN LA ESTACIÓN AGIP OIL (BAEZA).PERÍODO 2010, Quito: Autor - Editor (Universidad Tecnológica), 2010, pp. 1-15.
- [7] D. Gonzáles, Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura, Madrid: Autor - Editor (Universidad Politécnica de Madrid), 2018.
- [8] P. Gudiño y S. Rubio, Diseño y construcción de un tanque en acero inoxidable para un sistema de tratamiento de aguas residuales del Hospital Monte SINAI, Quito: Autor - Editor (Escuela Politécnica Nacional), 2017.
- [9] L. Nuricumbo, Caracterización de grado de sensibilidad de acero inoxidable austenítico AISI 316 a deformaciones previas, México D.F.: Autor - Editor (Universidad Nacional Autónoma de México), 2013.
- [10] M. Bombón, ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD DE AVANCE EN LA SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO AISI 304 MEDIANTE EL PROCESO GMAW Y SU INCIDENCIA EN LA DEFECTOLOGÍA, Ambato: Autor - Editor (Universidad Técnica de Ambato), 2014.

- [11] B. Cristhian, MEDICIÓN DE NIVEL, Concepción: Colegio Salesiano de Concepción.
- [12] QuimiNet, «Los antiespumantes, agentes tensoactivos desestabilizadores de espuma,» quiminet.com, 12 Julio 2011. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/los-antiespumantes-agentes-tensoactivos-desestabilizadores-de-espuma-63146.htm>. [Último acceso: 05 Junio 2019].
- [13] Unknown , «aceromaterialestructural,» blogspot, 27 Marzo 2015. [En línea]. Available: <http://aceromaterialestructural.blogspot.com/>. [Último acceso: 04 Junio 2019].
- [14] DIPAC, «PERFILES ESTRUCTURALES ÁNGULOS “L” DOBLADO,» *DIPAC*, pp. 1-2, 2016.
- [15] IPAC, «Productos Laminados Vigas UPN,» *IPAC*, p. 1, 2014.
- [16] DIPAC, «PLANCHAS GALVANIZADAS,» *DIPAC*, p. 1, 2016.
- [17] M. Ibarra, E. Núñez y J. Huerta, «Manual ACEROS INOXIDABLES,» *INDURA*, pp. 2-72, 2010.
- [18] DIPAC, «PLANCHAS ACERO INOXIDABLE,» *DIPAC*, pp. 1-2, 2016.
- [19] DIPAC, «Tubo Redondo en Acero Inoxidable,» *DIPAC*, p. 40, 2016.
- [20] C. Riba y A. Molina, Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora, Barranquilla, 2006.
- [21] Cia. General de Aceros S.A., Aceros Inoxidables Austeníticos, Bogotá: Autor - Editor, 2018.
- [22] López, Camurri, Osorio y Ignat, Caracterización Mecánica y Microestructural mediante Ensayo IN SITU de Acero 3Cr-1Mo con soldadura AISI 347, Gandia: VIII Congreso Nacional de Propiedades Mecánicas de Sólidos, 2002.
- [23] S. Katherine, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DOSIFICADORA AUTOMÁTICA DE GRANOS SECOS, Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, 2017.
- [24] R. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Naucalpan de Juárez: PEARSON, 2006.
- [25] URVAKUIM S.L., FICHA TÉCNICA, Barcelona, 2018.
- [26] J. Jines, USO DEL TUBO DE DIALISIS EN EL DISEÑO DE TRATAMIENTO ANTIESCALA EN EL POZO SA 110 DEL CAMPO SACHA EN DISTRITO AMAZONICO ECUATORIANO, Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 2010.
- [27] R. Mott, Mecanica de fluidos, México D.F.: PEARSON, 2006.
- [28] Eugene F. Megyesy, Manual de RECIPIENTE a PRESIÓN DISEÑO Y CÁLCULO, México D.F.: Limusa, 1992.

- [29] Mott, Robert, Resistencia de Materiales, México D.F.: PEARSON, 2009.
- [30] INDURA, SOLDADURA INDURA, Autor - Editor, 2018.
- [31] AWS D1.6/D1.6M, Structural Welding Code Stainless Steel, Miami: Autor-Editor, 2007.
- [32] Instituto Americano del Petróleo, API 650, Washington DC, 1998.
- [33] eduardo cortina, Tubos y accesorios de Acero Inoxidable, 2015.
- [34] GIACOMINI, VÁLVULAS DE ESFERA, Barcelona: Autor - Editor, 2009.
- [35] Shigley, Diseño en Ingenieria Mecanica, Mexico D.F.: McGraw-Hill, 2015.
- [36] J. McCormac y F. Csernak, Diseño de estructuras de acero, México: Alfaomega S.A., 2012.
- [37] DIPAC Productos de acero, «DIPAC,» 2016. [En línea]. Available:
http://www.dipacmanta.com/index.php?route=product/product&product_id=79.
- [38] McCormac, Diseño de Estructuras de Acero, Mexico D.F.: Alfaomega, 2012.
- [39] AISC, ESPECIFICACIÓN ANSI/AISC 360 -1 0 para Construcciones de Acero, 2010.
- [40] AWS D1.3, Structural Welding Code - Sheet Steel, Miami, 1999.
- [41] G. Joaquín, Alternativas de captación y tratamiento del biogás en el vertedero de Piedras Blancas, Córdoba, Argentina, Córdoba, 2014.
- [42] Y. A. Cengel, Transferencia de calor y masa, México D.F., 2011.
- [43] INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Quito: Autor - Editor, 2016.
- [44] M. Yurico, Perdida de Carga en Tuberías y Accesorios, Trujillo, 2011.
- [45] API , API STANDARD 650, 2012.
- [46] Ingersoll Rand, Soplantes y Compresores de baja presión para aire y gases, Wsequehal, 2007.
- [47] ecuaorencifras, INEC, Quito, 2017.
- [48] ASME, Boiler y Pressure Vesel Code. Rules for Construction of Pressure Vessels. ASME, VIII D1., Autor - Editor, 2005.
- [49] S. Pullaguari, Diseño y construccion de un tanque rectangular de 400(m3/dia) para un sistema de tratamiento de aguas residuales modalidad electrocoagulacion para la empresa YAKUPRO CIA. LTDA., Quito: Escuela Politecnica Nacional, 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Planos

Anexo 2. Medidor de nivel



APPLICATIONS:

The Safeguard liquid level gauge replaces unprotected tubular glass that is installed between tubular gauge glass valves. The packing nut on the tubular valve tightens around the metal nozzles of the Safeguard gauge, not glass! Nozzles match the O.D. of 5/8" glass or 3/4" glass. Gauge is suitable for low to medium pressure applications to 500 psig.

SAFETY:

Sight tube is totally enclosed on three sides by a metal frame and on the front with a shield.

ONE-PIECE ASSEMBLY:

One continuous gauge provides total visibility of the liquid level of a tank. Maximum length is 20 feet. No stacking of gauges is needed.

ECONOMICAL:

One Liquid Level Gauge per tank with a set of KENCO tubular valves gives the full view of the liquid level in the tank.

EASY TO INSTALL:

Insert the 5/8" or 3/4" metal nozzles into the existing valves. The stuffing box seals around the metal nozzle, not the glass.

VOLUME AND HEIGHT SHIELDS:

The shield can be supplied with various scales indicating height, calibration rate, or tank volume. Refer to page 12 to see the assortment of standard shield options.

Anexo 3. Tanques Hoover Ferguson

550 GALLON IBC (2,082 LITERS)

Practical Solutions, Perfectly Contained



HOOVER FERGUSON

Anexo 4. Resistencia química de los metales (Megyesy)

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES														
Precaución: No utilice la tabla sin leer las notas de pie de página y el texto.					Clasificación por resistencia: A = Bueno; F = Regular; C = Precaución, depende de las condiciones; X = No se recomienda.									
Sustancia	Hierro y acero	Latón rojo	Bronce comercial	Plomo	Cobre	Aluminio	Níquel	Inconel	Metal Monel	Ac. Inox. Tipo 304	Ac. Inox. Tipo 316	Ac. Inox. Tipo 347	Ac. Inox. Carpenter "20"	Hastelloy "B" o "C"
Acido acético, crudo	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Puro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vapores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
150 lb/pulg ² a 400°F	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anhidrido acético	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Acetona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acetileno	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cloruro de aluminio	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sulfato de aluminio	X	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Alumbres	X	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Gas amoníaco, seco	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
húmedo	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Cloruro de amonio	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Hidróxido de amonio	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Nitrato de amonio	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Fosfato de amonio	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Sulfato de amonio	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Anilina, aceite de anilina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Colorantes de anilina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de bario	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidróxido de bario	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfuro de bario	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cerveza	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Licores de azúcar de remolacha	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benceno, benzol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bencina, éter de petróleo, nafta	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Licor negro de sulfato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido bórico	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bromo	X	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Butano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Alcohol butílico, butanol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de calcio	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Hipoclorito de calcio	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Acido carbólico, fenol	A ₁₀	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Bióxido de carbono, seco	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Húmedo	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Tetracloruro de carbono	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloro, seco	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Húmedo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acido crómico	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acido cítrico	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Éteres	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Etilenglicol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro férrico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sulfato férrico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Formaldehído	F ₁₁	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido fórmico	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Freón, seco	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Furfural	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Gasolina, agria	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Refinada	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glicerina, glicerol	A ₁₇	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido clorhídrico, < 150°F	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido fluorhídrico, frío, < 65%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
> 65%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Caliente < 65%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
> 65%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hidrógeno gaseoso, frío	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES														
Precaución: No utilice la tabla sin leer las notas de pie de página y el texto.					Clasificación por resistencia: A = Bueno; F = Regular; C = Precaución, depende de las condiciones; X = No se recomienda.									
Sustancia	Hierro y acero	Latón rojo	Bronce comercial	Plomo	Cobre	Aluminio	Níquel	Inconel	Metal Monel	Ac. Inox. Tipo 304	Ac. Inox. Tipo 316	Ac. Inox. Tipo 347	Ac. Inox. Carpenter "20"	Hastelloy "B" o "C"
Peróxido de hidrógeno	C	C	F	C	C	C	C	C	C	A	A	C	A	A
Sulfuro de hidrógeno, seco (20)	A	X	X	-	X	A	C	C	C	A	A	A	A	A
Húmedo	C	X	X	-	X	A	C	C	C	A	A	A	A	A
Lacas (solventes)	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido láctico	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aceites lubricantes, refinados	A	F	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de magnesio	F	A	C	A	F	X	C	X	X	A	A	A	A	A
Hidróxido de magnesio	A	C	A	F	C	-	-	-	-	A	A	A	A	A
Sulfato de magnesio	C	A	X	C	-	-	-	-	-	A	A	A	A	A
Mercurio	A	A	X	C	X	X	X	X	X	A	A	A	A	A
Gas natural	A	C	X	X	X	X	X	X	X	A	A	A	A	A
Acido nítrico, crudo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	A	A	A
diluido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	A	A	A
concentrado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	A	A	A
Acido oleico	C	C	C	A ₁₀	A ₁₀	A ₁₀	A ₁₀	A ₁₀	A ₁₀	A	A	A	A	A
Acido oxálico	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido palmítico	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aceites de petróleo, < 500°F- crudo	A	C	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A
Acido fosfórico	A	C	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A
Hidróxido de potasio	C	A	C	X	X	X	X	X	X	A	A	A	A	A
Sulfato de potasio	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Propano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Gas de cisternas	C	A	X	F	F	X	C	C	C	A	A	A	A	A
Ceniza de sosa (carbonato de sodio)	A	F	F	F	F	X	C	C	C	A	A	A	A	A
Bisulfato de sodio	X	F	F	F	F	X	C	C	C	A	A	A	A	A
Cloruro de sodio	A	F	F	F	F	X	C	C	C	A	A	A	A	A
Cianuro de sodio	A	F	F	F	F	X	C	C	C	A	A	A	A	A
Hidróxido de sodio	A	F	F	F	F	X	C	C	C	A	A	A	A	A
Hipoclorito de sodio	X	C	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A

Anexo 5. Comparación de los materiales a los químicos que están expuestos

Componentes Químicos del antiespumante, antiescala, JP1	Resistencia a la corrosión	
	Material	
	AISI 304	AISI 347
Carbono	A	A
Hidrógeno	A	A
Oxígeno	A	A
Silicio	A	A
Calcio	A	A
Agua	A	A
Nitrógeno	A	A
Queroseno	A	A
Cloruro de calcio	A	A

Anexo 6. Identificación de la bomba Goulds

A Full Range of Product Features

Una Gama Total de Características del Producto

Superior Materials of Construction

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 ST 2 C T 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 (1/4" seal), Sello Mecánico John Crane Tipo 21 (sello de 1/4")					
Seal Code, Código del Sello	Rotary, Rotativo	Stationary, Estacionario	Elastomers, Elastómeros	Metal Parts, Partes Metálicas	Part No., Pieza Número
2	Carbon	Silicon Carbide	Viton	316 SS	10K18
4	Carbon	Silicon Carbide	Viton		10K25
5	Silicon Carbide	Carbon	Viton		10K31
6	Carbon	Silicon Carbide	Viton		10K32

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 impulsores 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 - 6 Diameter	1 1/2 x 1 1/2 - 6 Diameter	1 1/2 x 2 - 6 Diameter
E	—	6 1/4	—
G	—	3 1/2	5 1/2
H	—	5 1/2	5
A	6 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
F	4 1/2	4 1/2	3 1/2
T	4 1/2	3 1/2	—

Driver, Conductor

1 = 1 PH, ODP 7 = 3 PH, XP
2 = 3 PH, ODP 8 = 575 V, XP
3 = 575 V, ODP 9 = 3 PH, TEFC
4 = 1 PH, TEFC Premium ER
5 = 3 PH, TEFC 0 = 1 PH, XP
6 = 575 V, TEFC

HP Rating, HP Potencia

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

Driver: Hertz/Pole/RPM, Conductor: Hercios/Polo/RPM

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

Material

ST = Stainless steel, Acero inoxidable

Pump Size, Tamaño de la Bomba

1 = 1 x 1 1/2 - 6 2 = 1 1/2 x 1 1/2 - 6 3 = 1 1/2 x 2 - 6

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

Anexo 7. Norma AWS D1.6

AWS D1.6/D1.6M:2007
An American National Standard

**Structural
Welding Code—
Stainless Steel**

Activar
Ve a Conf