

CAPÍTULO III:

**ANÁLISIS GENERAL DE UN
VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO
FABRICADO CON MATERIALES NO
METÁLICOS. POLIÉSTER.**

ÍNDICE

III.1. DISEÑO ACTUAL VEHÍCULO RIEGO Y BALDEO CON MATERIALES METALICOS

II.1.1. INTRODUCCION

II.1.2. POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDIRO

II.1.3. DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO

III.2. MODELO UML DE VEHICULO DE RIGO Y BALDEPO CON TANQUE DE POLIÉSTER

III.2.1. INTRODUCCIÓN

III.2.2. MODELO UML DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO CON TANQUE DE POLIÉSTER.

III.3 MODELO DE CAD 3D, DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO CON MATERIALES METÁLICOS EMPLEANDO SOLIDEDGE

II.3.1. INTRODUCCIÓN

II.3.2. NOMENCLARTURA

II.3.3. MODELO 3D EN SOLID EDGE PIEZA Y CONJUNTO

II.3.4. PLANOS 2D MEDIANTE SOLID EDGE PLANO

III.4 ANÁLISIS MECÁNICO DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO CON MATERIALES METÁLICOS, MEDIANTE F.E.M

II.4.1 MODELO DE ANÁLISIS.

II.4.2 HIPÓTESIS DE CARGA

II.4.3. ANÁLISIS REALIZADOS

II.4.4. CONCLUSIONES

III.5 MODELO DE CONOCIMIENTOS EN XML, BASADO EN METOLOGÍA MOKA DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO CON MATERIALES NO METÁLICOS

II.5.1. INTRODUCCIÓN

II.5.2. MODELO INFORMAL MOKA

II.5.3. MODELO BASE DE CONOCIMIENTOS DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO CON MATERIALES METÁLICOS

III.1 NUEVO DISEÑO: VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO FABRICADO CON MATERIALES NO METÁLICOS: POLIÉSTER.

III.1.1 INTRODUCCION.

Hasta el momento se ha presentado un vehículo de riego y baldeo con tanque fabricado en acero. Una mejora sustancial en el diseño de los vehículos consiste en fabricar las cisternas de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

ALBATROS fabrica en la actualidad una serie de vehículos cisterna para el riego y baldeo de vías urbanas, de distintas capacidades, fabricados en chapa de acero.

Recientemente se ha comenzado a carrozar vehículos con cisternas fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio, que presentan muchas diferencias con sus equivalentes de acero, no solo en el material, sino en el proceso constructivo, forma, y sistema de acoplamiento con el falso bastidor,

En el presente documento se presenta análisis completo de un vehículo con cisterna de poliéster con capacidad de 20000 litros de volumen de agua almacenada.

Dadas las características del sistema a estudiar, los cálculos estructurales se realizarán mediante software de elementos finitos, y cumpliendo la normativa vigente.

III.1.2 POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO

El Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V) es un material compuesto, constituido por una estructura resistente de fibra de vidrio y un material plástico que actúa como aglomerante de las mismas.

Mientras que el refuerzo de fibra de vidrio, provee al compuesto de resistencia mecánica, estabilidad dimensional y resistencia al calor, la resina plástica le aporta resistencia química dieléctrica y mejor comportamiento a la intemperie.

III.1.2.1 Fibras de Vidrio

En la construcción de equipos resistentes a la corrosión se emplean dos composiciones de vidrio diferentes.

El Vidrio C (Chemical Glass) que se define como un borosilicato que cumple con el Grado Hidrolítico III medida según la Norma IRAM 91305, posee elevada resistencia química y se lo emplea en la fabricación de un Velo de Vidrio con el cual se refuerzan solamente las superficies internas y externas de los laminados.

Como los productos a contener en los equipos de PRFV atacan al vidrio (ej. Ácido fluorhídrico) deberá sustituirse éste velo por uno de las fibras sintéticas.

El Vidrio E (Electrical Glass) se define como borosilicato de bajo contenido de óxidos alcalinos (menos del 1% en peso expresado como óxido de sodio). Con esta composición de vidrio se producen filamentos de vidrio de aproximadamente 10 mm de diámetro, los cuales poseen una elevada resistencia a la tracción. Con estas fibras básicas se elaboran diferentes productos con los cuales se refuerza la resina constituyendo la pared resistente del equipo. a continuación describiremos los refuerzos de Vidrio E que se usan en estas aplicaciones:

Fieltros o mats, constituyen un conjunto de fibras cortadas al azar, generalmente de 50mm de largo, aglomeradas con resinas adecuadas, que le confieren al laminado una resistencia multidireccional en el plano. Se emplean en moldeo manual.

Mechas continuas o roving, son un conjunto de miles de fibras básicas y se presentan en bobinas. Se utilizan en los equipos de enrollamiento y en las máquinas cortadoras.

Tejido de vidrio, se elaboran a partir de los rovings, de ahí su común denominador "Tejidos Rovings". Poseen alta resistencia mecánica bidireccional o unidireccional. Se los emplean en moldeo manual y en el ensamble de partes.

III.1.2.2 Composición del Laminado

El laminado está compuesto por una superficie interna, una capa interna, una parte estructural y una capa externa, las dos primeras componen la denominada Barrera Anticorrosiva la cual provee la resistencia química necesaria. La parte estructural asegura la resistencia mecánica.

La capa externa protege de las condiciones del medio ambiente exterior.

III.1.2.2.1 Superficie Interna

Está formada por uno o dos velos de fibras tipo "C" o fibras sintéticas impregnadas en resina, con un espesor mínimo de 0,5 mm.

III.1.2.2.2 Capa Interna

Está constituida por fibra de vidrio "E" en forma de hilos cortados distribuidos multidireccionalmente, con un contenido en peso de vidrio del 25 al 30% y un espesor mínimo de 2 mm.

Esto se logra con fieltros en moldeo manual o con mecha cortadas con máquinas aspersoras.

III.1.2.2.3 Parte Estructural.

Esta puede constituirse en forma manual o por enrollamiento y su espesor dependerá del cálculo estructural del equipo.

- En todos los moldeos manuales existen dos casos, el laminado Tipo I, constituido por sucesivas capas de fieltros de fibras de vidrio, y el laminado Tipo II, formado por capas alternadas de fieltros y tejidos "roving" de fibras de vidrio.
- En el moldeo por enrollamiento, el laminado está constituido por mechas continuas de fibras de vidrio.

III.1.2.2.4 Capa Externa

Está constituida por un velo de fibras de vidrio tipo "C" con un espesor de 0,25 mm. En el caso que el equipo esté expuesto a la radiación solar se agrega inhibidores de rayos U.V. o bien se pigmenta ésta última capa.

En los laminados manuales es muy común que se presente la necesidad de relacionar el espesor con la cantidad de vidrio (peso por unidad de área), para un determinado contenido de vidrio.

Cuando el vidrio se convierte en finas fibras, su tensión de rotura a la tracción aumenta considerablemente.

Para la fabricación de fibra en plástico reforzado (el cual es nuestro caso), se emplea el vidrio tipo "E", el cual es un vidrio borosílico, con escaso contenido de álcalis, (menor a 1%).

Se fabrican diferentes tipos de refuerzo de fibra de vidrio, según las necesidades, en cuanto al diseño y al proceso de transformación a emplear.

III.1.2.3 Resinas

Las más comúnmente usadas son las Poliéster. Las mismas resultan de combinar ácido polibásico (saturados o insaturados) con glicoles.

De los distintos compuestos usados y de las diferentes proporciones entre ellas, surgen diversos tipos de resinas.

En la primera etapa, son sólidas y para conferirle sus propiedades de polimerización, se deben disolver en un monómero (generalmente estireno), obteniéndose un líquido espeso.

Las resinas pasan del estado líquido al sólido, por copolimerización del poliéster, con el aporte de un iniciador activo (catalizador) en combinación con otro producto químico (acelerador) o aporte de calor.

Las resinas más comúnmente usadas son tres:

- Resinas poliéster ortoftálica.
- Resinas poliéster isoftálica.
- Resinas poliéster bisfenólica.

III.1.2.4 Características y Propiedades Mecánicas

III.1.2.4.1 Físicas

Los plásticos reforzados son un material flexible, pero a su vez, muy resistente mecánicamente. Sometido a un esfuerzo de tracción, se deforma proporcionalmente, o sea, que cumple con la ley de Hook según una ley lineal, con la particularidad de que la rotura se produce sin la fluencia previa.

Su peso específico (alrededor de 1800 Kg/m^3) es mucho menor que el de los materiales tradicionales, lo que hace que el PRFV posea una alta resistencia específica.

III.1.2.4.2 Hidráulicas

Los tanques accesorios y muy principalmente los caños en PRFV llevan como acabado superficial interno con terminación de espejo, gracias a que la matriz del molde se realiza de una única pieza.

III.1.2.4.3 Químicas

El PRFV es inerte a una gran cantidad de compuestos. La inercia química, está influenciada por la temperatura, el tipo de resina usada y la concentración del producto agresivo. La elección de la resina correcta, surgirá de un estudio de las condiciones y tipo de fluido y de las tablas de resistencia química que proveen los fabricantes.

El PRFV resiste perfectamente la corrosión de los suelos más agresivos y al ser un material dieléctrico está excluido de los casos de corrosión electroquímica.

III.1.2.5 Características Técnicas de un PRFV genérico

Propiedades Físicas	Valor	Unidades	Norma
Peso específico	1.65 – 1.75	Kg/cm ³	UNE 53020 - 73
Contenido de vidrio	55 - 70	%	----
Absorción de agua	0.4 -1-0	% peso	UNE 53028 - 55
Coeficiente de dilatación lineal			

Tabla 15. Propiedades Físicas

Propiedades Mecánicas	Valor	Unidades	Norma
Dureza Barcol	50 - 55	---	---
Resistencia al Impacto	150	daN cm/cm ²	UNE 53021 - 81
Resistencia a la Flexión Longitudinal	300 - 500	MPa	UNE 53066 - 76
Resistencia a la Tracción	400 – 650	MPa	UNE 53023 - 86
Resistencia a la Compresión	150 – 300	MPa	UNE 53022 - 76
Módulo de Elasticidad	15000 - 320000	MPa	UNE 53022 - 76

Tabla 16. Propiedades Mecánicas

Propiedades Eléctricas	Valor	Unidades	Norma
Constante dieléctrica a 50 Hz	4 – 6	-----	UNE 53189 – 75
Rigidez dieléctrica	3 – 7	KV/mm	UNE 53030 - 55
Factor de Pérdida a 50 Hz	0.03 – 0.04	Tg delta	UNE 53189 – 75
Resistencia al aislamiento superior	10 ¹⁰ /10 ¹³	Ω	UNE 53031 – 74
Tipo aislamiento	F / H	-----	-----

Tabla 17. Propiedades Eléctricas

Propiedades Térmicas	Valor	Unidades	Norma
Conductividad térmica	0.2 – 0.3	Kcal/mH°C	UNE 53037 – 76
Resistencia a la temperatura	-65 / + 180	°C	-----

Tabla 18. Propiedades Mecánicas Térmicas

III.1.2.6 Propiedades Según el Proceso de Moldeo

Uno de los elementos que influye de manera más decisiva en la resistencia del poliéster es el proceso de moldeo (automático o manual). Para el caso de nuestro contenedor, al carecer de simetría de revolución, necesariamente tendremos que optar por el moldeo manual, que generalmente es más caro y menos resistente. A continuación se repasan las diferencias resistentes de composites realizados según estos procedimientos

III.1.2.6.1 Propiedades Mecánicas de laminados moldeados manualmente

En la tabla 19 se muestran los valores de las propiedades mecánicas de laminados moldeados manualmente.

El tipo II correspondería a la siguiente estructura:

Estructura Tipo II: 2V, 2M, n (MR), M, V

Siendo

V: velo de superficie.

M: material de 450 g/m².

R: tejido roving 760 g/m².

N: n° de pares MR.

		TIPO I	TIPO II		
PROPIEDADES	UNIDAD		N=1	N=2	N>2
Resistencia a la tracción	Kg/cm ²	600	800	900	1.000
Módulo a la tracción	Kg/cm ²	70.000	87.000	93.000	100.000
Resistencia a la flexión	Kg/cm ²	1.100	1.250	1.350	1.500
Módulo a la flexión	Kg/cm ²	50.000	55.000	60.000	70.000
Contenido de Vidrio	% peso	25-30	28-33	30-35	33-41

Tabla 19. Propiedades mecánicas de laminados

III.1.2.6.2 Propiedades mecánicas de moldeo por enrollamiento de filamentos

Este procedimiento consiste en la aplicación de fibras continuas que se enrollan en un mandril y emergen en un patrón geométrico constante. Enrollando filamentos continuos de carbón, de fibras de vidrio o de otro material en patrones muy exactos, las estructuras que se pueden construir poseen características de resistencia mucho más fuertes que el acero en pesos mucho más bajos.

III.1.3 DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO

El vehículo se carroza sobre un chasis IVECO AD260S31 de 4 ejes, y está formado por los siguientes elementos:

- Chasis
- Armario insonorizado
- Tanque de poliéster
- Emparrillado
- Falso bastidor
- Armario trasero

Además de estos elementos, se encuentran los sistemas hidráulicos, neumático, así como todos los elementos necesarios para el riego y baldeo de las vías urbanas.

De todos ellos, únicamente difieren de las cisternas de acero el emparrillado, el falso bastidor, el tanque y así como las cogidas entre los elementos mencionados.

III.1.3.1 Tanque

Como bien se ha comentado anteriormente, se fabrica en Poliéster reforzado con fibra de vidrio.

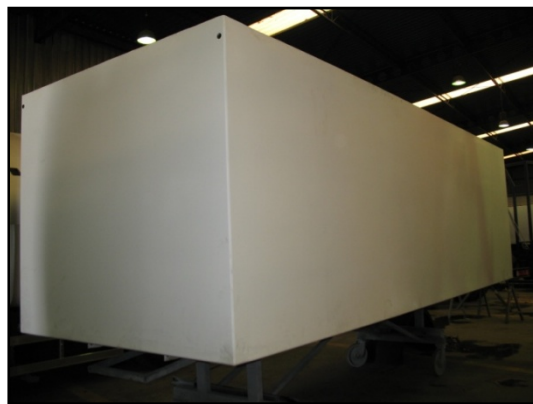


Figura 69. Tanque

Se realiza mediante moldeado manual, colocando paulatinamente trozos de fibra y resina de poliéster hasta alcanzar el espesor deseado, que en el caso concreto de la cisterna en estudio está en torno a 12 mm.

Una vez tenemos las paredes del tanque que constituyen la envolvente, se colocan los rompeolas. El tanque está dividido por 2 rompeolas longitudinales y otros 6 transversales que sectorizan el interior en 21 compartimentos idénticos de 700 x 817 x 1650 mm.

Dimensiones Generales	
Largo	5800 mm
Ancho	2100 mm
Alto	1800 mm
Espesor	12 mm

Tabla 20. Dimensiones tanque

En el interior del tanque se encuentran los rompeolas, que sirven de refuerzo estructural a la vez que compartimentan la carga, limitando las acciones dinámicas que produce el agua sobre las paredes, tanto en el caso de la frenada como en el paso por curva.

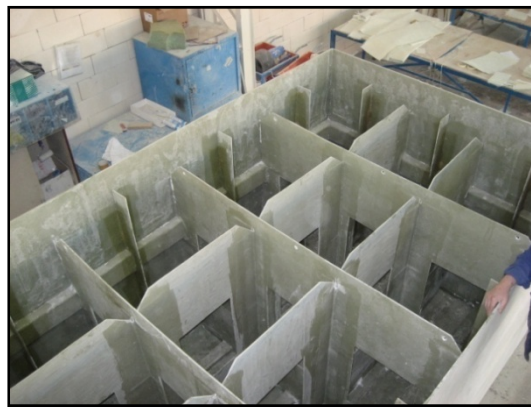


Figura 70. Rompeolas del tanque

Los 6 rompeolas transversales junto con los 2 transversales, sectorizan el volumen interior de la cisterna en 21 compartimentos de 817 x 700 x 1650 mm.

III.1.3.2 Emparrillado

Estructura fabricada mediante tubos de acero 80x40x4 y chapas de 10 mm de espesor en las zonas donde es necesario salvar los pasa-ruedas del chasis del vehículo. Tiene como finalidad asentar el tanque y servir como nexo de unión entre tanque y falso bastidor.

Las medidas de largo y ancho son iguales a las de la cisterna (2100 mm x 5800 mm). Los paños en los que divide el fondo de la cisterna tienen unas dimensiones máximas de 774,5 x 536 mm.



Figura 71. Emparrillado

III.1.3.3 Falso bastidor.

El falso bastidor está formado por dos perfiles UPN 140 conjuntamente con UPN 120 que hacen las veces de travesaños. Es el conjunto de unión entre el tanque y el chasis del vehículo.



Figura 72. Falso bastidor y cogidas tipo T

Se aprecian las cogidas al chasis en forma de U invertida, así como las pletinas que sirven de unión entre tanque, emparrillado y falso bastidor.

III.2 MODELO UML DE VEHICULO DE RIEGO Y BALDEO CON TANQUE DE POLIÉSTER.

III.2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta un modelo del vehículo de riego y baldeo fabricado con materiales no metálicos, desarrollado mediante el lenguaje de modelado, de orientación a objetos, conocido como UML. Los conceptos y definiciones empleados son similares a los recogidos en el apartado II.2 del capítulo II.

III.2.2 MODELO UML DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO

El modelo desarrollado para el CRB 20.000 litros con cisterna fabricada en poliéster se presenta a continuación.

En primer lugar se realiza una división en paquetes que recogen cada uno de los conjuntos en los que se divide el vehículo. Estos son:

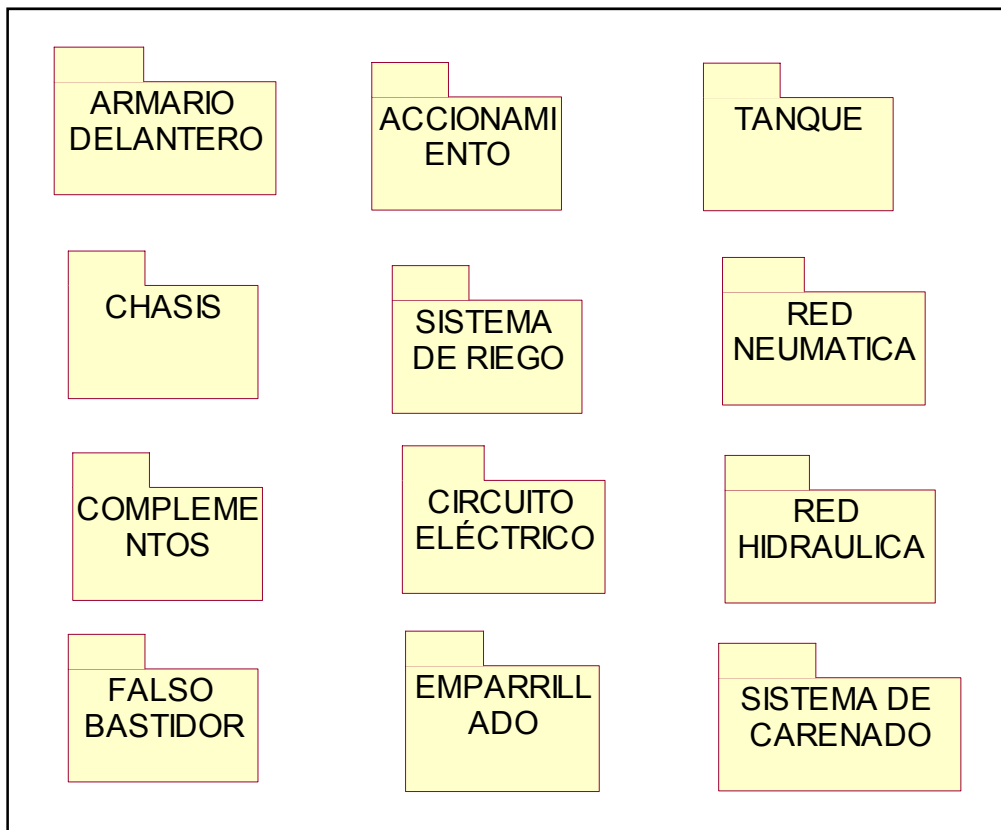


Figura 73. Packpages vehículo materiales no metálicos

Dentro de cada paquete se crea un diagrama de clases, y las correspondientes clases que lo forman. Mediante sus correspondientes relaciones se crean los diagramas. Se muestran a continuación los diferentes diagramas de clases.

III.2.2.1 Diagrama clases armario delantero.

Constituido por las siguientes clases:

- Estructura armario
- Bancada
- Soporte bancada
- Cuadro electroválvulas
- Planchas de insonorizado
- Resorte de gas
- Chapa exterior

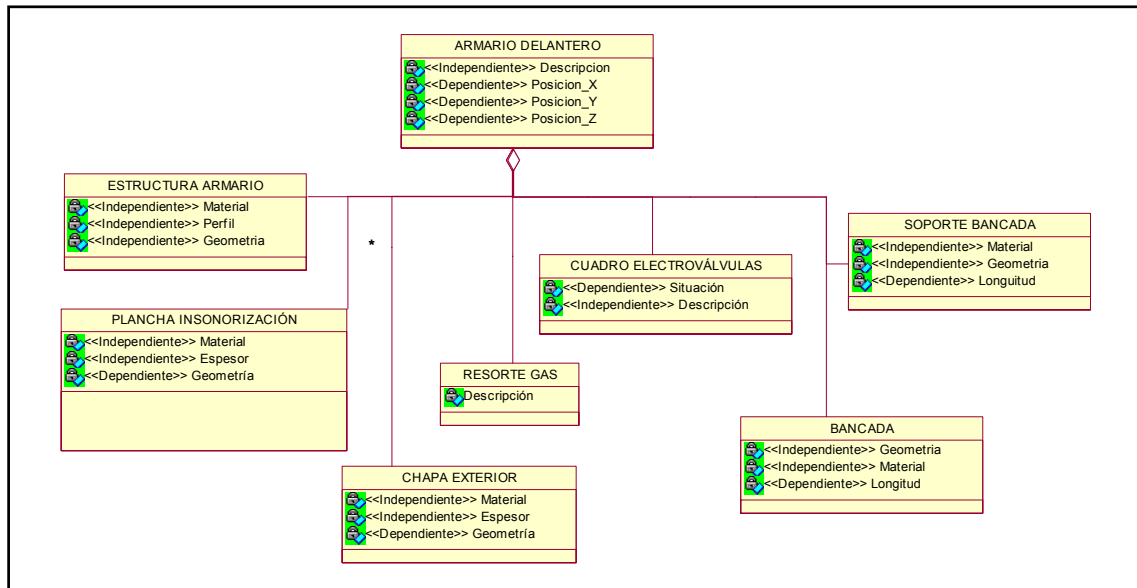


Figura 74. Diagrama clases armario delantero

III.2.2.2 Diagrama clases accionamiento

Constituido por las siguientes clases:

- Intercambiador
- Motor
- Acoplamiento
- Escape
- Cuerpo escape
- Cogida escape
- Bomba multietapa
- Bomba alta presión
- Silenciador

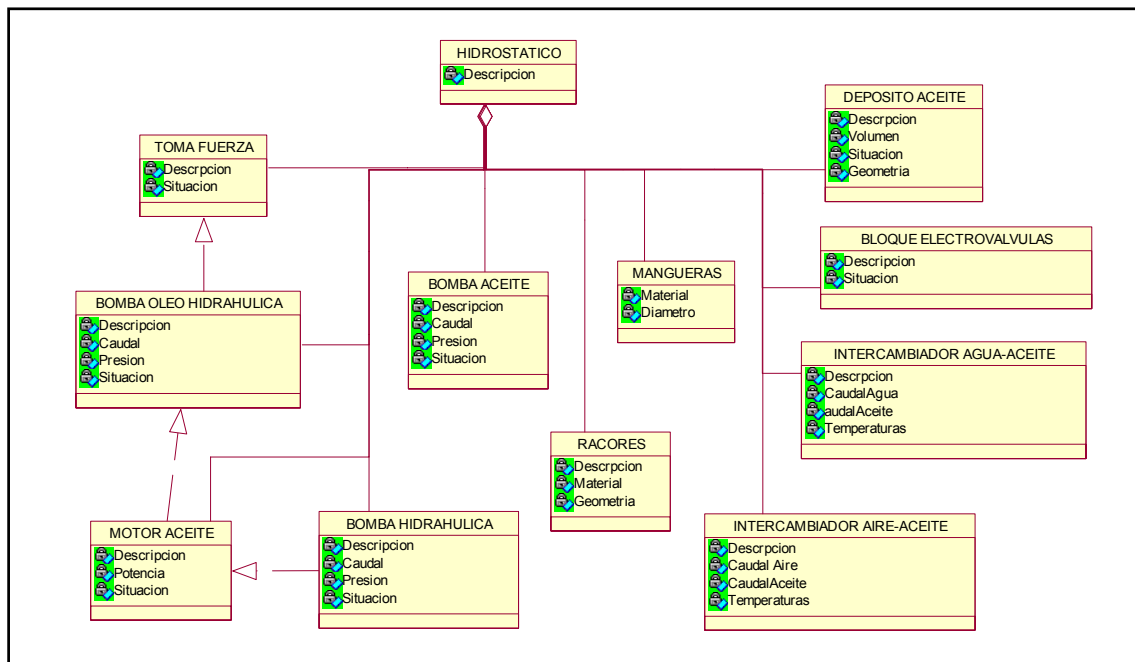


Figura 75. Diagrama clases accionamiento

III.2.2.3 Diagrama clases tanque

Constituido por las siguientes clases:

- Envolverte
- Superficie frontal
- Superficie lateral
- Superficie superior
- Boca de hombres
- Boca fija
- Superficie lateral boca fija
- Tapa fija
- Junta goma tapa fija
- Boca móvil
- Superficie lateral boca móvil
- Tapa móvil
- Junta goma tapa móvil
- Rompeolas
- Rompeolas Transversal
- Rompeolas Longitudinal
- Rigidizador perimetral
- Frontal
- Longitudinal

- Refuerzo
- Escalera
- Tubo de nivel
- Tubo de drenaje
- Tubo de llenado

Se muestra en la figura 78.

III.2.2.4 Diagrama de clases chasis

Constituido únicamente por una clase, chasis, con lo cual su diagrama de clases es básico.

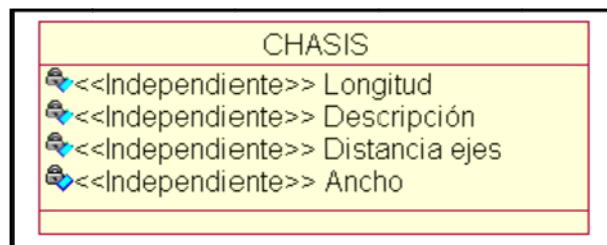


Figura 76. Diagrama de clases del chasis

III.2.2.5 Diagrama de clases red neumática

Constituido por las siguientes clases:

- Lubricador
- Filtro de aire

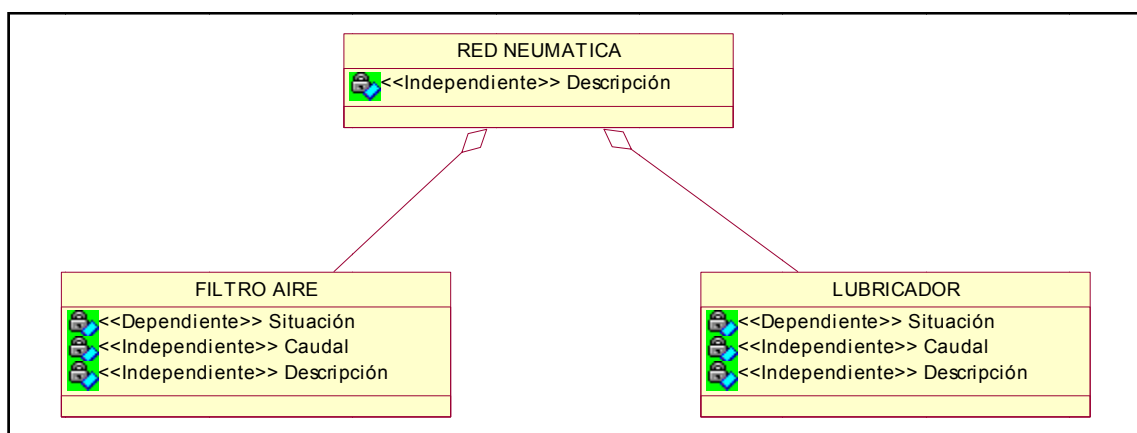


Figura 77. Diagrama de clases red neumática.

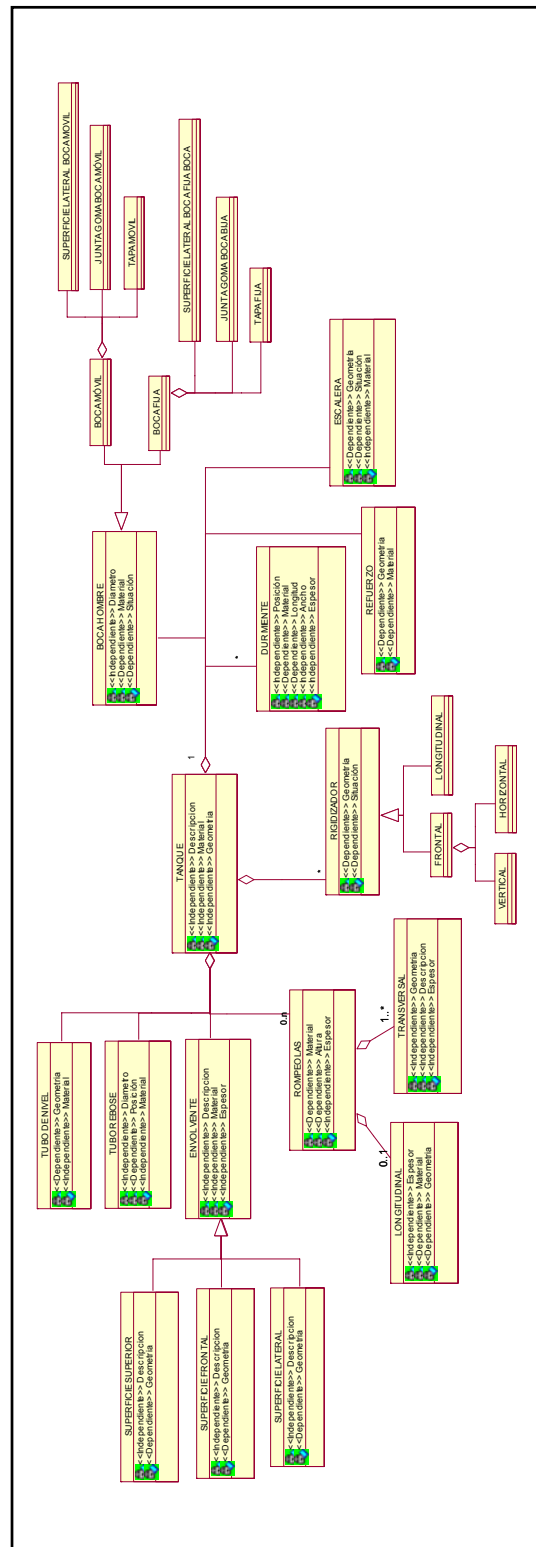


Figura 78. Diagrama de clases del taque.

III.2.2.6 Diagrama de clases de Sistema de Riego

Constituido por las siguientes clases:

- Barra delantera
- Boquillas baldeadoras
- Piña de riego
- Distribuidor de riego delantero
- Barra trasera
- Devanadera
- Tambor
- Manguera
- Lanza
- Pértiga
- Pistola

Se muestra en la figura 80.

III.2.2.7 Diagrama de clases complementos

Constituido por las siguientes clases:

- Escalera antideslizante
- Escalera abatible
- Caja herramientas lateral
- Dispositivos anti empotramiento
- Faro giratorio
- Vector de cinco puntos
- Panel luminoso

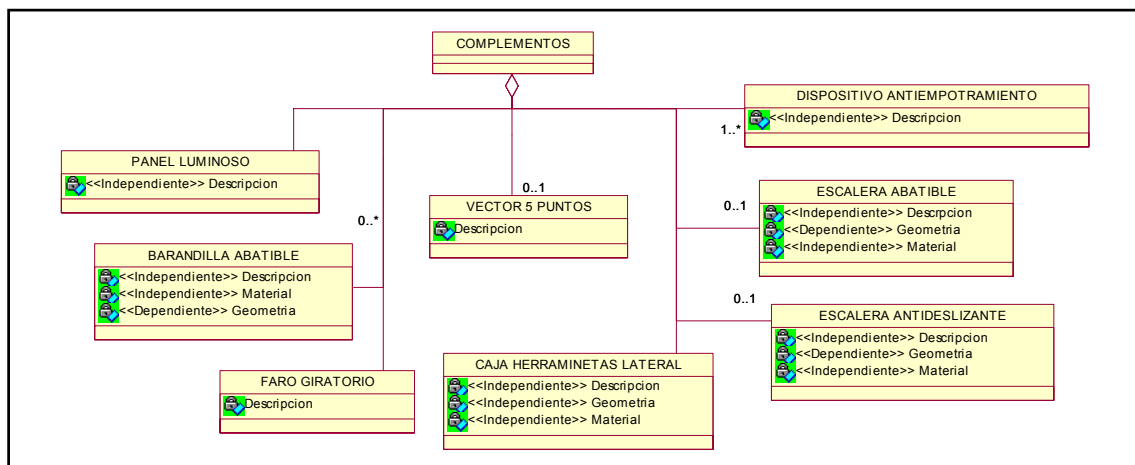


Figura 79. Diagrama de clases de complementos

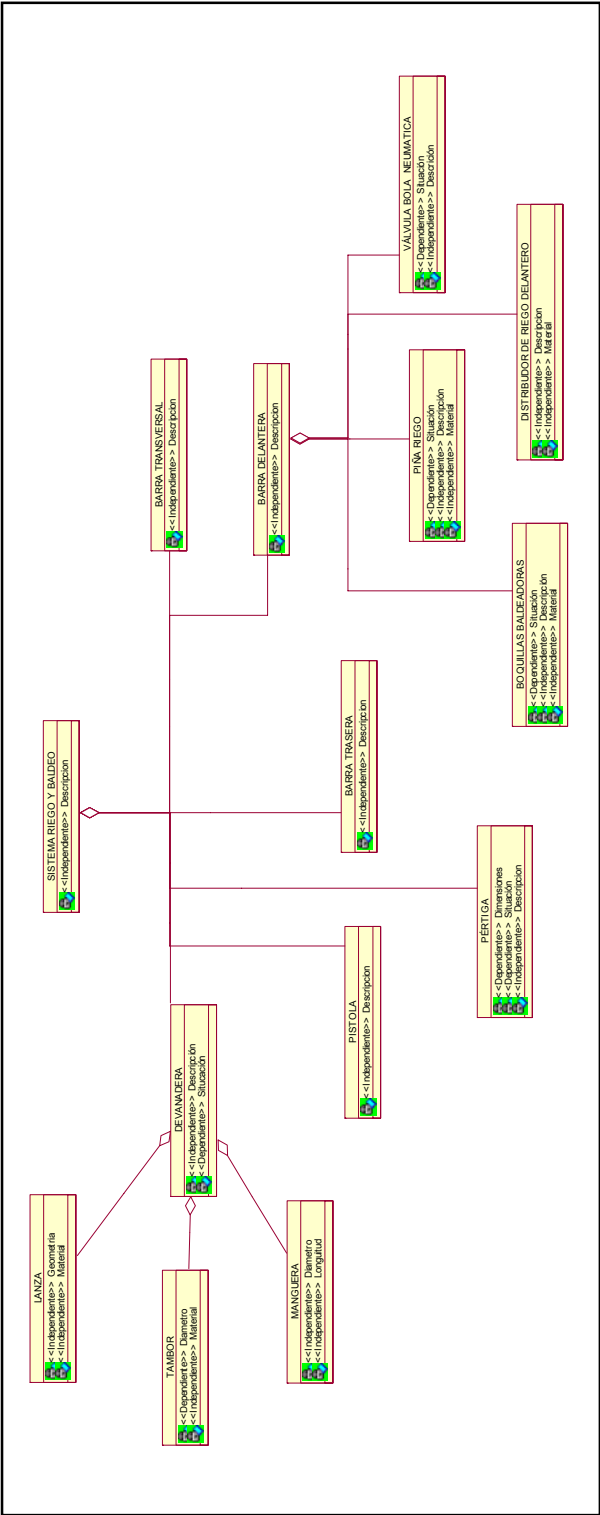


Figura 80. Diagrama de clases del sistema de riego y baldeo

III.2.2.8 Diagrama de clases circuito eléctrico

Constituido por las siguientes clases:

- Panel de control de grupo
- Panel de control de riego
- Joystick

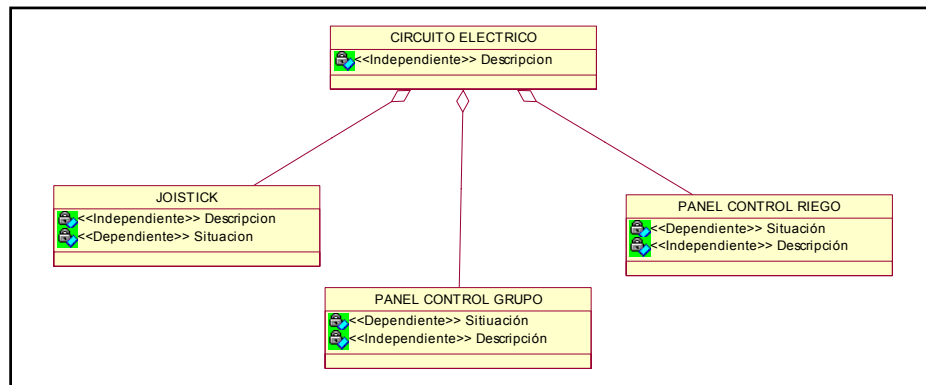


Figura 81. Diagrama de clases Circuito eléctrico

III.2.2.9 Diagrama de clases Red hidráulica

Constituido por las siguientes clases:

- Válvula de bola neumática
- Válvula de bola manual
- Filtro
- Racord Tor
- Racord Barcelona

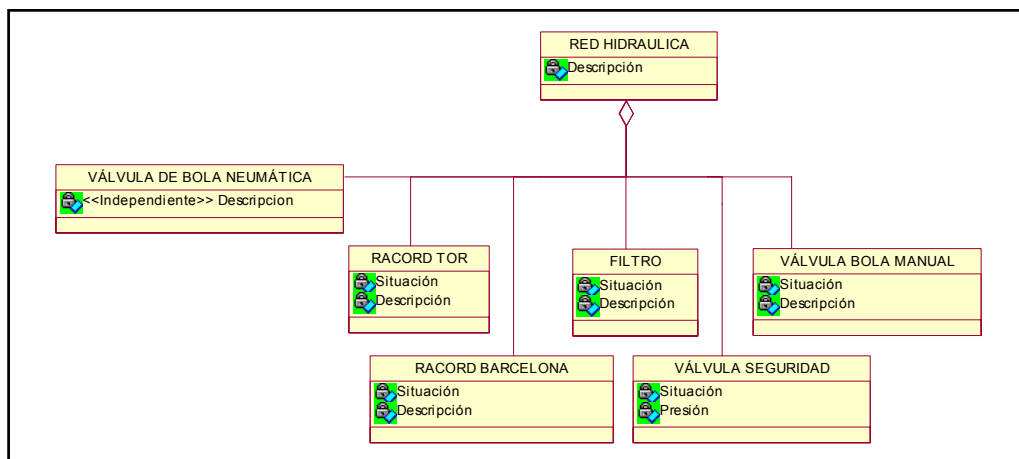


Figura 82. Diagrama de clases Red hidráulica.

III.2.2.10 Diagrama de clases falso bastidor

Constituido por las siguientes clases:

- Largueros
- Cogidas chasis

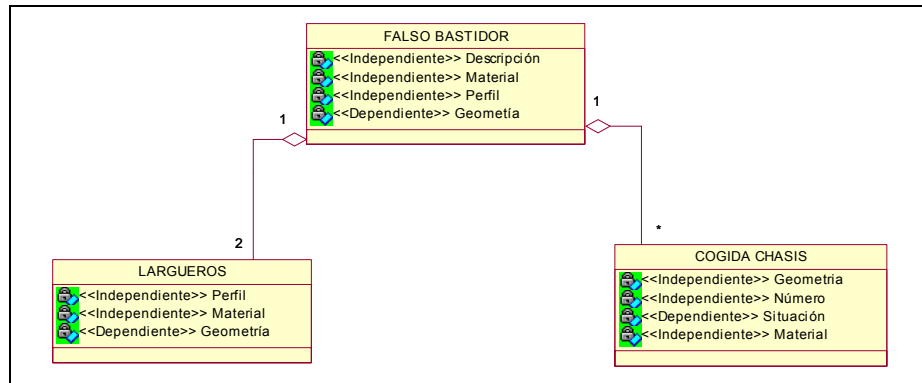


Figura 83. Diagrama de clases del Falso bastidor

III.2.2.11 Diagrama de clases emparrillado

Constituido únicamente por una clase, emparrillado, con lo cual su diagrama de clases es básico.

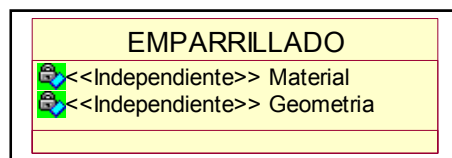


Figura 84. Diagrama de clases del emparrillado

III.2.2.12 Diagrama de clases sistema de carenado

Constituido por las siguientes clases:

- Planchas de carenado
- Fibra de vidrio
- Perfiles de refuerzo
- Sistema de cogida
- Perfiles de cogida
- Pestañas

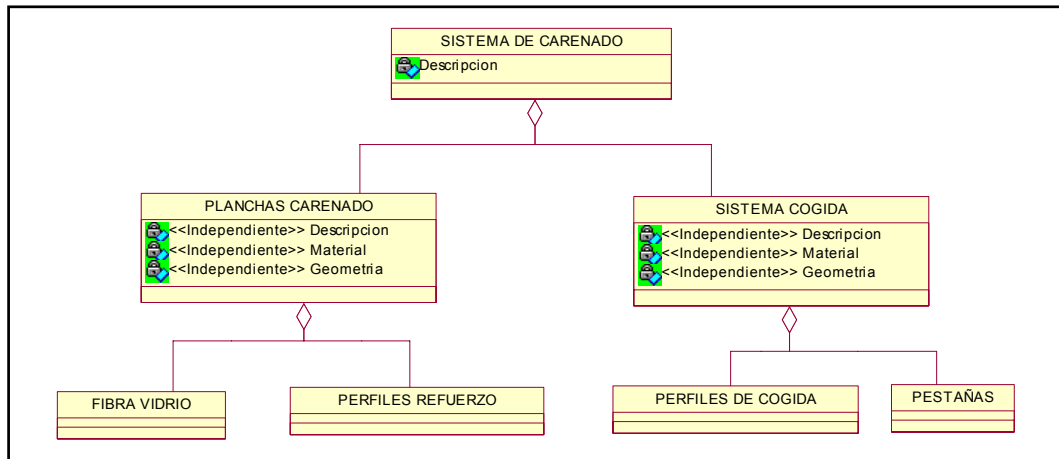


Figura 85. Diagrama de clases del emparrillado

III.3 MODELO DE CAD 3D, DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO CON MATERIALES NO METÁLICOS

III.3.1 INTRODUCCIÓN

SE desarrolla en este apartado el segundo de los modelos del vehículo de riego y baldeo fabricado con materiales no metálicos, correspondiente a un modelo de CAD 3D, al igual que el desarrollado en el apartado II.3.

Se parte de los planos de fabricación de los CRB de 20.000 litros de capacidad, proporcionados por Albatros.

III.3.2 MODELO 3D EN SOLID EDGE PIEZA Y CONJUNTO DEL CRB

El modelo 3D dl vehículo, es idéntico al de UML presentado en el capítulo anterior, estando formado por los mismo conjuntos y elementos.

Se realiza por tanto una similitud entre ambos modelos, representado en este caso cada uno de los packpage anteriores por conjuntos, y las clases se corresponden con elementos piezas.

El modelo completo, formado por armario delantero, tanque, y falso bastidor,



Figura 86. Conjunto

A su vez cada uno de los conjuntos:

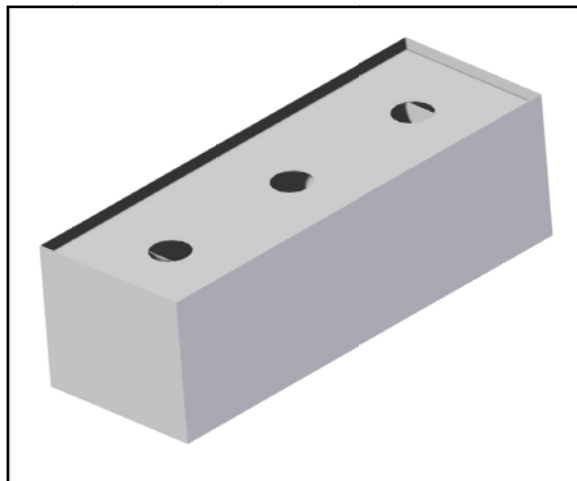


Figura 87. Tanque, vista exterior

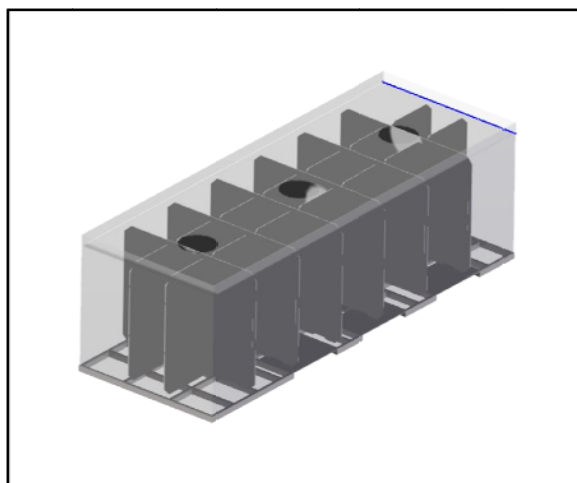


Figura 88. Tanque, vista interior

En la imagen del armario insonorizado se observa la disposición de las barras que conforma la estructura, así como la bancada en la cual se acopla la bomba y el motor; y los dos soportes para la bancada.



Figura 89. Armario insonorizado

El tanque descansa sobre el emparrillado, estructura tubular de perfiles rectangulares.

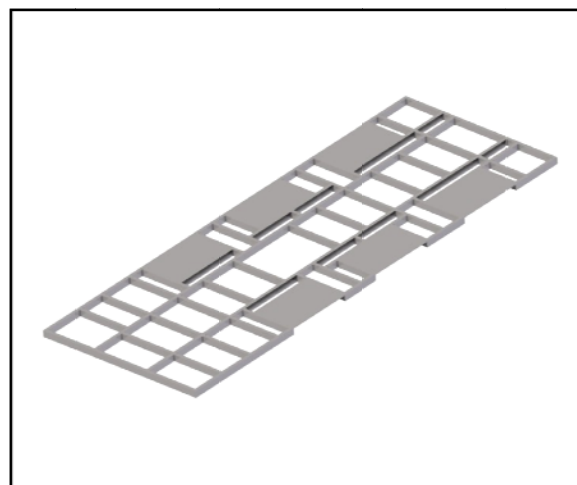


Figura 90. Emparrillado

El falso bastidor está formado por dos perfiles UPN a los cuales se les suelda 5 cogidas a cada lado que servirán de unión con el bastidor del vehículo.

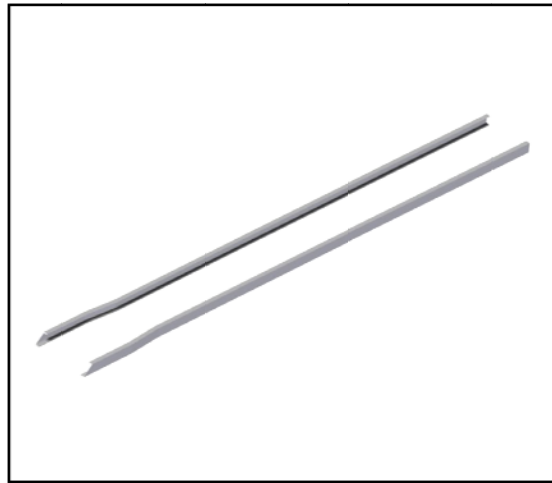


Figura 91. Falso bastidor

Cada una de las piezas se ensamblan usando el modulo “conjunto” imponiendo relaciones de tipo coincidencia o alineación de caras, distancia entre planos, alineación de ejes, etc., con lo que el modelo queda completamente desarrollado, con todas y cada una de las piezas perfectamente situadas.

Se muestra en la tabla 5 un informe de la jerarquía en un conjunto de SolidEdge formado por estos tres subconjuntos, con todos los elementos que lo forman.

Nombre de archivo			Cantidad	Nivel
Armario delantero.asm			1	1
	bancada.par		1	2
	chapa exterior.par		1	2
	estructura armario.par		1	2
	soporte bancada.par		2	2
	bancada_kubota.asm		1	2
		Pieza1.par	1	3
		Pieza2.par	2	3
		Pieza3.par	5	3
		Pieza4.par	4	3
		Pieza5.par	1	3
Tanque.asm			1	1
	Superficie lateral.par			
	boca hombre_fija.asm		2	2
		boca_tapa_fija.par	1	3
		boca_junta_goma_fija.par	1	3
		boca_superficie_lateral_fija.par	1	3
	boca_hombre_movil.asm		1	2
		boca_tapa_movil.par	1	3
		boca_junta_goma_movil.par	1	3
		boca_superficie_lateral_movil.par	1	3
	Rompeolas transversal.par		2	2
	Superficie frontal.par		1	2
	Conj_durmiente.asm		3	2
		tubo durmiente 200x100x4.par	3	3
		Conj_lateral.par	6	3
		Tubo durmiente	3	3
	quitamiedos.par		1	2
	Tubo_rebose_tanque.par		1	2
	tubo_goma.par		2	2
	tapa_rebozadero.par		1	2
	Superficie trasera.par		1	2
	tubo_llenado.par			
	Rigidizador Longitudinal.par		6	2
	rigidizador transversal		2	2
	Refuerzo transversal.par		3	2
	chapa_tubo_llenado.par		1	2
Emarrillado.par			1	1
falsobastidor.asm			1	1
	largueros.par		1	2
	cogida_chasis.par		10	2
Placas.par			15	1

Tabla 21. Jerarquía del modelo de CAD 3D

III.3.3 PLANOS 2D MEDIANTE SOLID EDGE PLANO DEL CRB 8000L

Una vez realizado el ensamblaje de cada conjunto se extraen los planos mediante el modulo plano.

Los planos, que se recogen en los anexos, son:

- Vista estallada del conjunto completo, con tabla en la que se recoge un listado de las piezas, propiedades, materiales, denominación... etc.
- Falso bastidor
- Armario delantero, estructura metálica y bancada
- Bancada para motor Kubota
- Escape
- Tanque, superficies laterales, rompeolas, bocas de hombre y durmientes

III.4 ANALISIS MECÁNICO DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO FABRICADO MEDIANTE MATERIALES METÁLICOS

III.4.1 MODELO DE ANÁLISIS

El análisis mecánico del vehículo de riego y baldeo con tanque de poliéster, de 20000 litros de capacidad se realiza mediante el software Ansys Workbench. Se desarrollan diferentes modelos, para estudiar con exhaustividad todos y cada uno de los elementos que componen dicho vehículo.

Los modelos estudiados son:

- Modelo del Tanque, emparrillado y placas T
- Modelo de la Placa T, emparrillado y falso bastidor

III.4.1.1 Tanque + Emparrillado + Placas

El primer modelo desarrollado corresponde a la cisterna de poliéster conjuntamente con el emparrillado sobre el que descansa. Se modela haciendo de un sistema de CAD 3D, en concreto SolidEdge V.19 y se exporta a Ansys Workbench donde se realizan los posteriores análisis.

El modelo de elementos finitos es el siguiente:

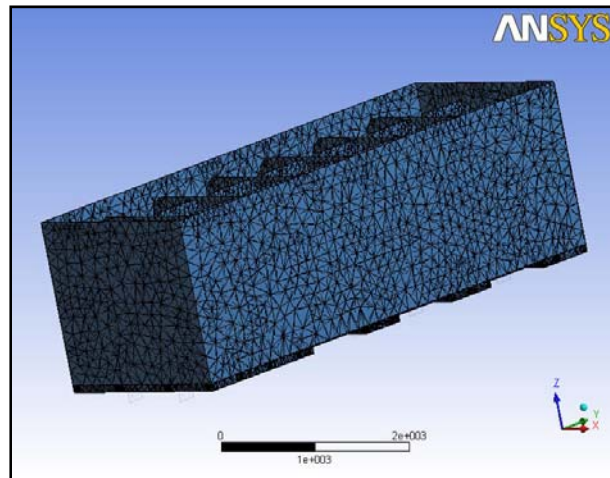


Figura 92. Modelo de elementos finitos tanque y emparrillado

III.4.1.1.1 Tipo de elementos finitos

Los elementos desarrollados en este modelo son, la cisterna de poliéster, formada a su vez por la envolvente y rompeolas, el emparrillado y las placas tipo T, que sirven de unión entre cisterna y falso bastidor.

Para este análisis se decide usar elementos tridimensionales para el conjunto, además de los pertinentes para los contactos entre elementos.

III.4.1.1.1.1. Elementos sólidos

- Emparrillado y cisterna: SOLID187

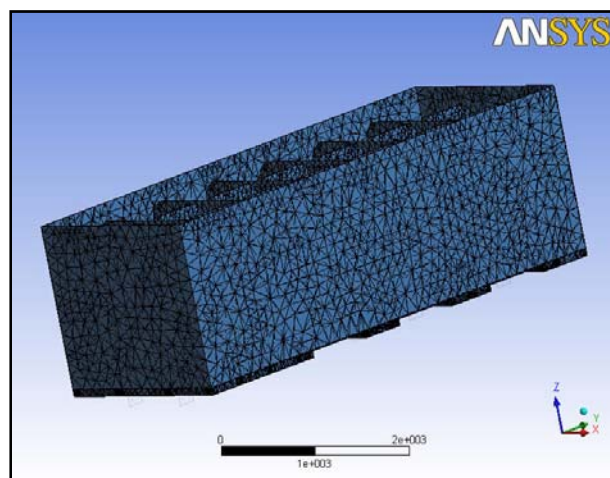


Figura 93. Elementos Solid187

Las características de estos elementos se muestran en el Anexo I.

- Placas tipo T: SOLID186

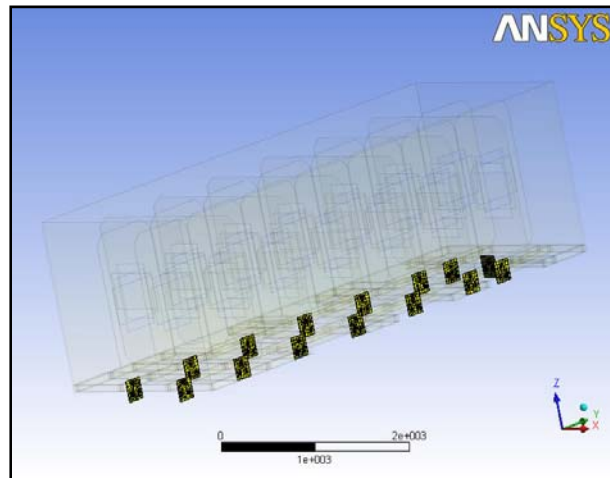


Figura 94. Elementos Solid186

Las características de estos elementos se muestran en el Anexo I.

III.4.1.1.1.2. Elementos de contacto: CONTA174 y TARGET170

Existen diferentes contactos entre las piezas del modelo, que se modelan mediante los elementos finitos CONTA174 y target170. Se describen a continuación.

- Contacto entre rompeolas y envoltente de la cisterna

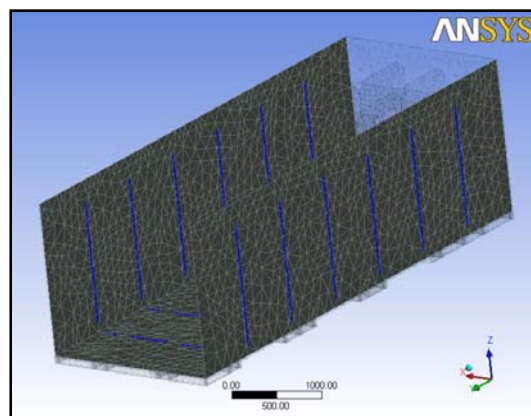


Figura 95. Uniones de los rompeolas transversales con la envoltente

El volumen de la cisterna esta compartimentado en su interior mediante 6 rompeolas transversales y dos longitudinales. Estos son solidarios a la envolvente, por ello se modelan mediante unión tipo “bonded”.

➤ Contacto entre cisterna y emparrillado

La cisterna descansa sobre un emparrillado de tubos huecos rectangulares, que tiene la finalidad de transmitir las cargas de forma uniforme al falso bastidor. Existe unión entre ambos elementos mediante las placas T y unos tornillos que los unen. Para este análisis no se considera fijación debida a la unión de los tornillos, así pues el tipo de contacto entre cisterna y emparrillado es de tipo “Frictionless”.

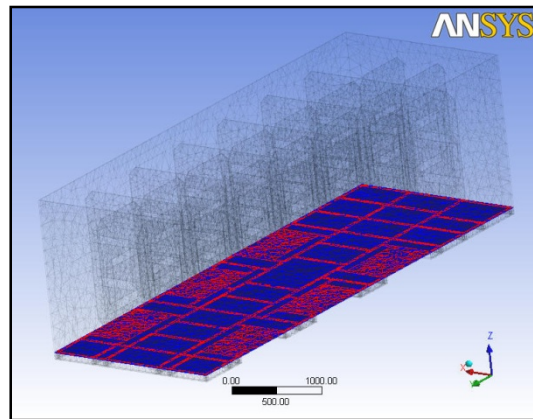


Fig. 96. Unión sin fricción entre emparrillado y fondo del tanque

➤ Contacto entre placas T y emparrillado

Como se ha mencionado anteriormente, la unión mediante tornillo de las placas T y el emparrillado se considera únicamente de fijación para montaje, desestimándose su función estructural, con lo cual contacto será sin fricción.

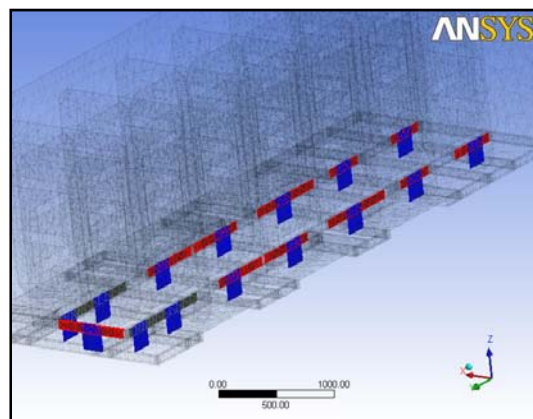


Figura 97. Unión entre emparrillado y placa

III.4.1.1.2 Condiciones de contorno

La misión del emparrillado metálico es la de uniformizar las cargas transmitidas por el poliéster y servir eficazmente para la transmisión de cargas al falso bastidor.

Como se aprecia en la imagen, el emparrillado está dividido longitudinalmente por 4 grupos de barras. De ellas, las dos centrales son continuas y apoyarán directamente sobre los perfiles UPN del falso bastidor, mientras que restantes exteriores estarán en voladizo.

Existen aquí dos posibilidades de análisis:

- Emparrillado simplemente apoyado sobre falso bastidor, en tal caso, la condición de contorno corresponde a un apoyo de bolas, en el cual solo se transmiten las cargas verticales.
- Emparrillado soldado al falso bastidor, en tal caso la condición de contorno es de apoyo fijo, transmitiéndose todas las reacciones entre ellos

Otra condición de contorno aparece en las placas T pues son las encargadas de transmitir las reacciones horizontales desde hasta el falso bastidor (totalmente en el caso de apoyo de bolas, y parcialmente en el caso de apoyo fijo). Se modela mediante un apoyo fijo de las caras internas de los agujeros donde se alojan los tornillos

III.4.1.2 Emparrillado + falso bastidor + placa T

El segundo modelo desarrollado corresponde a una placa T y su interacción son el emparrillado y el falso bastidor. Se modela haciendo de un sistema de CAD 3D, en concreto SolidEdge V.19 y se exporta a Ansys Workbench donde se realizan los posteriores análisis.

El modelo de elementos finitos es el siguiente:

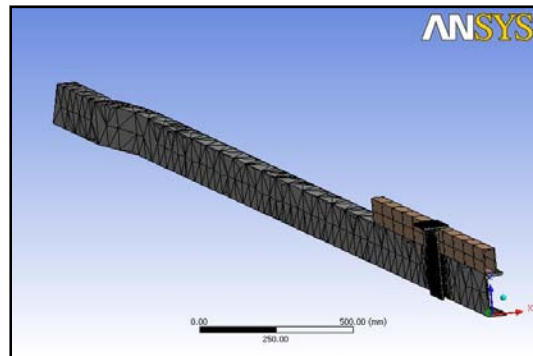


Figura 98. Modelo de elementos finitos emparrillado, falso bastidor y placa T

III.4.1.2.1 Tipo de elementos finitos

Los elementos desarrollados en este modelo son, el emparrillado, del que únicamente se muestra una parte del tubo 80x40, el falso bastidor, representado por uno de sus largueros, y una placa T, en la que aparecen los agujeros por medio de los cuales se una con tornillos al falso bastidor.

Para este análisis se decide usar elementos tridimensionales para el conjunto, además de los pertinentes para los contactos entre elementos.

III.4.1.2.1.1. Elementos sólidos

- Falso bastidor y placa T: SOLID187

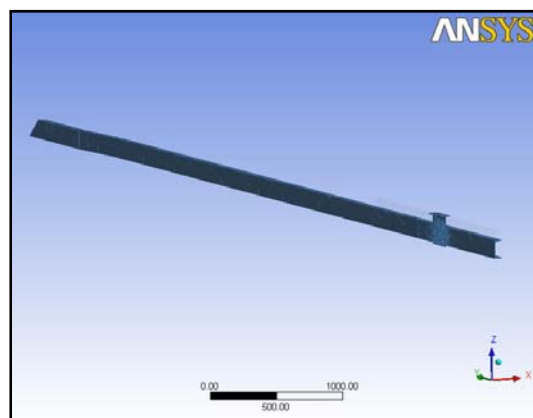


Figura 99. FEM solid 187

Las características de estos elementos se muestran en el Anexo I.

- Emparrillado: SOLID186

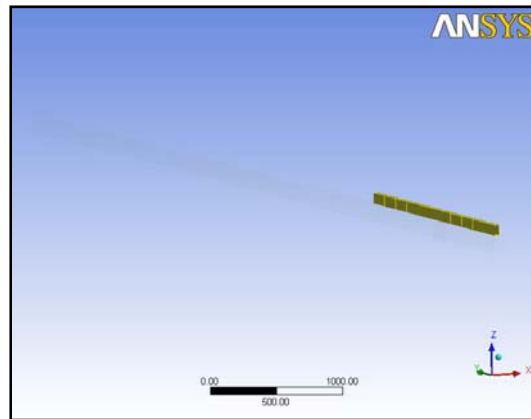


Figura 100. FEM SOLID186

Las características de estos elementos se muestran en el Anexo I.

III.4.1.2.1.2. Elementos de contacto: CONTA174 y TARGET170

Existen diferentes contactos entre las piezas del conjunto, que se modelan mediante los elementos finitos CONTA174 y target170. Se describen a continuación.

➤ Contacto entre emparrillado y falso bastidor

Existen dos posibilidades para el contacto entre estos dos elementos, una primera imponer que el apoyo es simple, es decir el emparrillado descansa sobre el falso bastidor, y una segunda considerando como fijo este apoyo, debido a los cordones de soldadura existente entre ambos. Por ello se realizan distintos análisis, una con apoyo tipo “bonded” y otro “frictionless”.

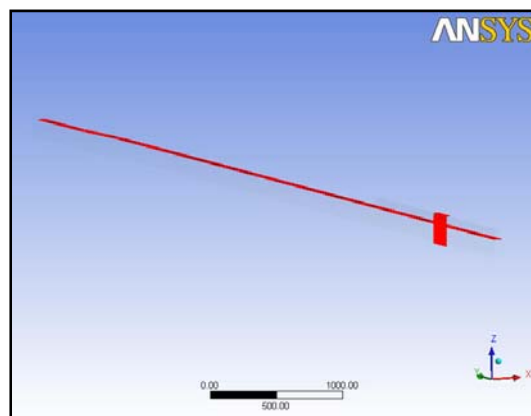


Figura 101. FEM Conta174

- Contacto de placa T con emparrillado y falso bastidor

Las placas T se apoyan sobre el lateral de emparrillado y falso bastidor uniéndose a ellos mediante tornillos. La primera de las uniones, se considera de fijación para montaje, con lo cual es irrelevante en el cálculo. La unión con el falso bastidor si realiza función de transmisión de cargas, absorbiéndose los efectos laterales debido al paso por cuva. Se modela como un apoyo sin fricción, imponiendo fijación en los agujeros destinados a los tornillos

III.4.1.2.2 Condiciones de contorno

La misión del emparrillado metálico es la de uniformizar las cargas transmitidas por el poliéster y servir eficazmente para la transmisión de cargas al falso bastidor.

Como se aprecia en la imagen, el emparrillado está dividido longitudinalmente por 4 grupos de barras. De ellas, las dos centrales son continuas y apoyarán directamente sobre los perfiles UPN del falso bastidor, mientras que restantes exteriores estarán en voladizo.

Se estudian dos soluciones diferentes:

- Apoyo de bolas entre falso bastidor y bastidor del vehículo, unión sin soldadura.
- Apoyo fijo entre falso bastidor y bastidor del vehículo, unión soldada.

Otra condición de contorno aparece en las placas T pues son las encargadas de transmitir las reacciones horizontales desde hasta el falso bastidor (totalmente en el caso de apoyo de bolas, y parcialmente en el caso de apoyo fijo). Se modela mediante un apoyo fijo de las caras internas de los agujeros donde se alojan los tornillos.

III.4.2 ACCIONES

Para el análisis de los distintos modelos se consideran las siguientes acciones simples.

III.4.2.1 Peso Propio

Entendemos como peso propio el peso de todos los elementos estructurales que han sido definidos con anterioridad con sus correspondientes propiedades, así como del volumen de agua alojada en el interior del tanque. Tomaremos un valor de aceleración gravitacional de:

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

III.4.2.2 Presión Hidrostática

Presión hidrostática debida al volumen de agua almacenada en el interior del tanque, sobre todo el contorno interno de la envolvente. No es necesario sobre los rompeolas, pues esta acción se anula conjuntamente debido a los volúmenes de agua alojados a ambos lados de cada uno de ellos.

Su valor característico es función de la altura y su acción es normal a la superficie.

Para un peso específico del agua de $10 \text{ (kN/m}^3\text{)}$, y considerando que la cisterna llena deja la presión atmosférica a una cota de 1.650 (mm) de la base, nos queda:

$$P_{hidrostática}(z) = \gamma(z_0 - z) = 10^{-5}(1650 - z)(MPa)$$

III.4.2.3 Presión de Frenada

Uno de los motivos principales para la instalación de los rompeolas, es la de compartimentar la carga para repartir las fuerzas debidas a la inercia del agua cuando el vehículo está en movimiento.

Para modelar esta carga vamos a suponer que la carga producida por la masa de agua contenida en cada compartimento se reparte de manera uniforme sobre las superficies frontales correspondientes.

Masa Agua: 20.000 kg

Masa total: 23877,14 kg

Nº de compartimentos transversales = 7

La masa correspondiente a cada compartimento, es decir, al volumen de agua alojado entre dos rompeolas transversales es:

$$M_{ct} = 3411,02 \text{ kg}$$

Como valor característico de deceleración de frenada tomaremos el correspondiente de pasar de 60 Km/h a 0 en 2 segundos:

$$a_{frenada} = 8,33 \text{ m/s}^2$$

El agua se encuentra proyectada sobre la superficie de los rompeolas transversales, que corresponde con un área de:

$$A_{rt} = 3,05 \text{ m}^2$$

Luego la presión debida a la frenada se estima en:

$$P_{frenada} = \frac{M_{ct} \cdot a_{frenada}}{A_{rt}} = \frac{3411,02 \cdot 8,33}{3,05} = 9316,01 \text{ Pa}$$

III.4.2.4 Presión de Paso por Curva

Tiene también origen inercial, y se modela de la misma forma que la de frenada, o sea, como una carga uniforme sobre la superficie correspondiente, que en este caso es la lateral.

$$N^{\circ} \text{ compartimentos totales} = 21$$

(Divisiones producidas por los 2 rompeolas longitudinales y 6 transversales)

$$\text{Masa de agua del compartimento: } M_c = \frac{20.000}{21} = 952,38 \text{ Kg}$$

Valor característico de aceleración normal de una curva, correspondiente a un radio de curvatura de 40 (m) y una velocidad de 40 Km/h.

$$a_{curva} = 3,1 \text{ m/s}^2$$

Área lateral:

$$A_{rl} = 1,225 \text{ m}^2$$

Luego la presión debida al paso por curva:

$$P_{paso_curva} = \frac{M_c \cdot a_{curva}}{A_{rl}} = \frac{952,38 \cdot 3,1}{1,225} = 2410,10 \text{ Pa}$$

III.4.2.5 Torsión

La experiencia en el comportamiento de las cisternas carrozadas nos lleva también a considerar las posibles cargas que pueden producirse sobre la estructura si existiese una eventual carga que provocase la torsión de la misma.

La torsión se produce generalmente cuando el falso bastidor se deforma como consecuencia de las cargas y desplazamientos que le transmite el bastidor del vehículo.

Para simular la torsión, hemos decidido imponer sobre los largueros más exteriores del emparrillado sendas leyes de desplazamiento lineal en el sentido vertical. (Para ello, se ha definido un ángulo de giro en el sentido transversal y se ha proyectado el desplazamiento producido en cada nodo sobre los largueros, deformando el emparrillado tal hasta asemejarse a una superficie reglada).

Se ha ajustado el valor del giro máximo permitido con la condición de no sobrepasar el límite elástico del acero.

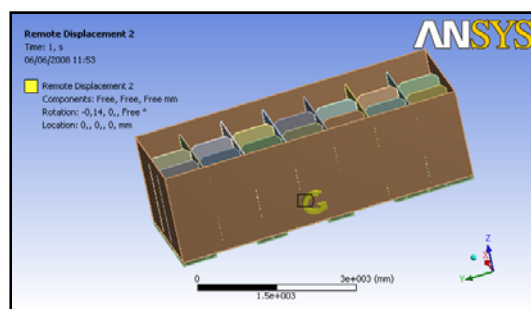


Figura 102. Torsión en el modelo

La siguiente tabla resume los parámetros empleados en la simulación:

Torsión	
Giro máximo de los largueros	0,14°
Giro máximo de los largueros transversales	0,39°
Desplazamiento vertical máximo impuesto (valor absoluto)	7,2 mm

Tabla 22. Detalles de torsión

III.4.3 MATERIALES

Se emplean principalmente dos materiales en la construcción del vehículo, como son el acero S-275 y Poliéster reforzado con fibra de vidrio. Las propiedades de ambos son:

Características Acero	
Módulo de elasticidad (MPa)	$2,1 \cdot 10^5$
Coefficiente de Poisson	0,3
Densidad (Kg/m ³)	7.850
Tensión Máxima Admisible (MPa)	275

Tabla 23. Características acero S275

En cuando al coeficiente de minoración de las propiedades de material, utilizamos $\gamma_a = 1$ correspondiente a aceros con límite mínimo garantizado.

$\gamma_{M0} = 1,0$ 5 coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material

$\gamma_{M1} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad

Características Poliéster	
Módulo de elasticidad (MPa)	1493
Coefficiente de Poisson	0,3
Densidad (Kg/m ³)	1650
Tensión Máxima Admisible (MPa)	144

Tabla 24. Características poliéster

Si bien el Poliéster no es un material isótropo, para el análisis supondremos válida esta simplificación.

III.4.4 HIPÓTESIS DE CARGA

Se definen los mismos términos para las distintas acciones y coeficientes parciales de seguridad, que en el apartado II.4.4 del capítulo II.

Para atender a las distintas combinaciones de acciones posibles, se consideran las siguientes hipótesis de carga:

- Hipótesis I: Peso propio + Presión hidrostática
- Hipótesis II: Peso Propio + Presión Hidrostática + Sobrepresión de Curva.
- Hipótesis III: Peso Propio + Presión Hidrostática + Sobrepresión de Frenada.
- Hipótesis IV: Torsión del Chasis

III.4.5 ANALISIS REALIZADOS

Se muestra a continuación un resumen de los datos recogidos en los distintos análisis. El total de ellos se recoge en el Anexo 1.

III.4.5.1 Modelo tanque + emparrillado

III.4.5.1.1 E.L. Últimos

III.4.5.1.1.1. Tanque

	<i>Hipótesis 1</i>		<i>Hipótesis 2</i>		<i>Hipótesis 3</i>		<i>Hipótesis 4</i>	
	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.
Tension Von Misses	8,663	3,15	49,12	17,86	17,30	6,29	6,06	2,20

Tabla 25. E.L.Últimos Tanque

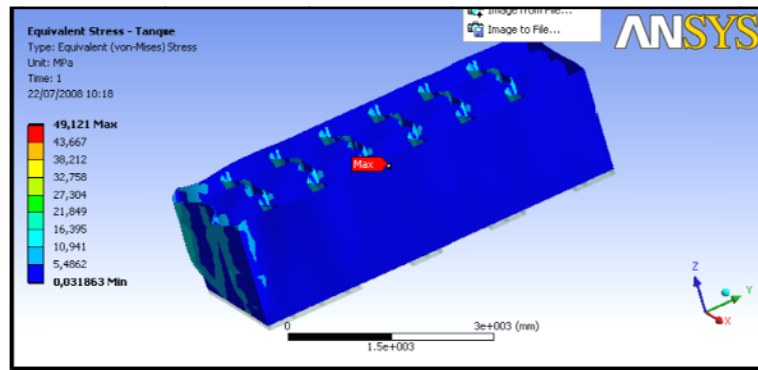


Figura 103. E.L.Último Tanque, Hipótesis 2

III.4.5.1.1.2. Placas T

	<i>Hipótesis 1</i>		<i>Hipótesis 2</i>		<i>Hipótesis 3</i>		<i>Hipótesis 4</i>	
	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.
Tension Von Misses	27,46	19,61	101,57	72,55	25,76	18,4	19,38	13,84

Tabla 26. E.L.Últimos Placas T

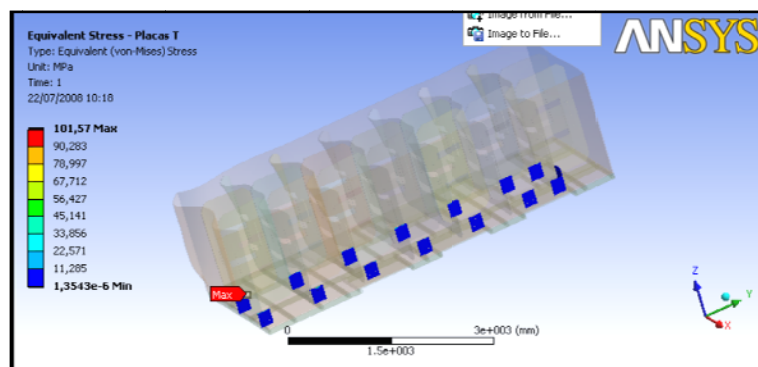


Figura 104. E.L.Último Placas T, Hipótesis 2

III.4.5.1.1.3. Emparrillado

	<i>Hipótesis 1</i>		<i>Hipótesis 2</i>		<i>Hipótesis 3</i>		<i>Hipótesis 4</i>	
	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.
Tension Von Misses	31,20	11,34	60,55	22,01	57,25	20,81	29,54	10,74

Tabla 27. E.L.Últimos Emparrillado

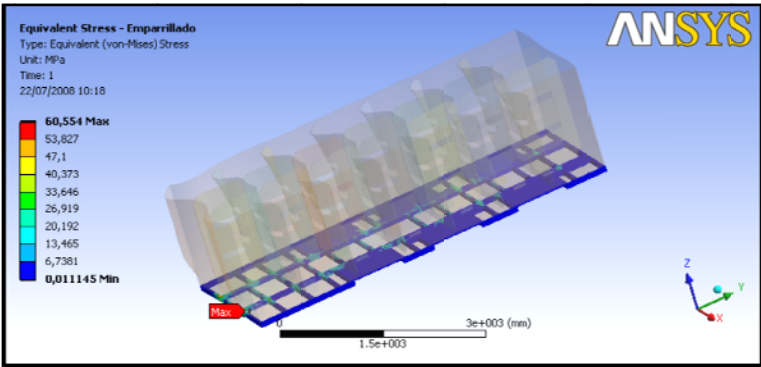


Figura 105. E.L.Último Emparrillado, Hipótesis 2

III.4.5.1.2 E.L. Servicio

III.4.5.1.2.1.1. Tanque

Tipo de estudio	Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3
Deformación VonMisses (mm/mm)	$3,04 \cdot 10^{-4}$	$2,84 \cdot 10^{-3}$	$0,10 \cdot 10^{-3}$
Deformación total (mm)	1,89	7,98	3,04

Tabla 28. E.L.Servicio Tanque

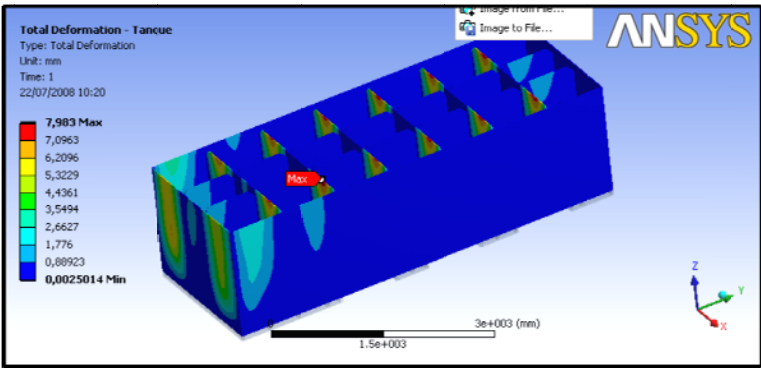


Figura 106. E.L.Servicio Tanque, Hipótesis 2

III.4.5.1.2.2. Placas T

Tipo de estudio	Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3
Deformación VonMisses (mm/mm)	$9,21 \cdot 10^{-5}$	$3,38 \cdot 10^{-4}$	$8,62 \cdot 10^{-5}$
Deformación total (mm)	$2,75 \cdot 10^{-4}$	$1,01 \cdot 10^{-3}$	$2,54 \cdot 10^{-4}$

Tabla 29. E.L.Servicio Placas T

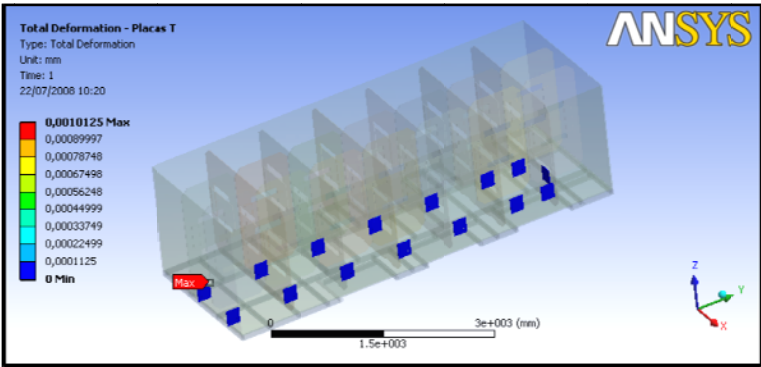


Figura 107. E.L.Servicio Placas T Hipótesis 2

III.4.5.1.2.3. Emparrillado

Tipo de estudio	Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3
Deformación VonMisses (mm/mm)	$1,08 \cdot 10^{-4}$	$2,03 \cdot 10^{-4}$	$1,93 \cdot 10^{-4}$
Deformación total (mm)	0,36	0,37	0,55

Tabla 30. E.L.Servicio Emparrillado

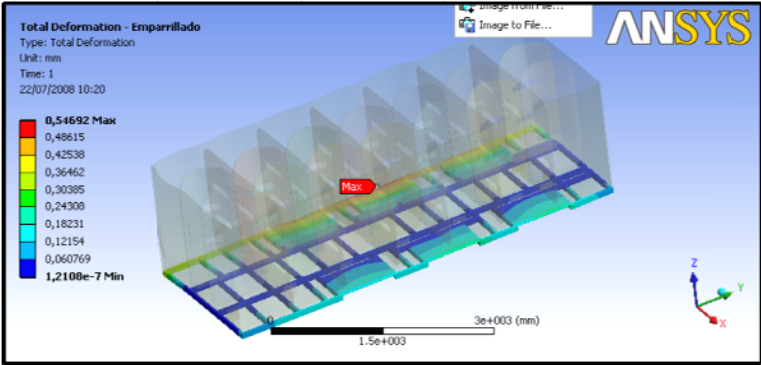


Figura 108. E.L.Servicio Emparrillado, Hipótesis 2

III.4.5.2 Modelo Placa T + Emparrillado + Falso Bastidor

III.4.5.2.1 E.L. Últimos Placa T

	Hipótesis 3			
	Emparrillado y falso bastidor sin soldadura		Emparrillado y falso bastidor con soldadura	
	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.
Tensión Von Misses	214,01	77,82	224,29	81,56

Tabla 31. E.L.Últimos Placa T, sin soldadura entre emparrillado y falso bastidor

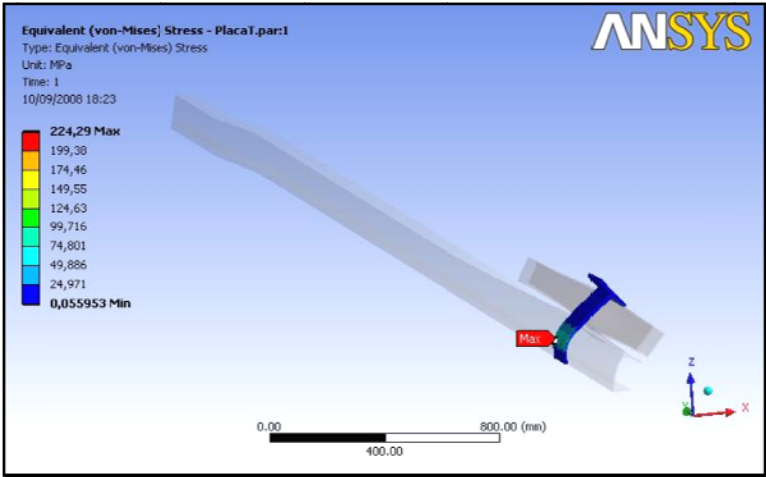


Figura 109. E.L.Últimos Placa T, con soldadura.

III.4.5.2.2 E.L.Últimos Emparrillado

	Hipótesis 3			
	Emparrillado y falso bastidor sin soldadura		Emparrillado y falso bastidor con soldadura	
	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.
Tensión Von Misses	30,57	11,12	35,24	12,81

Tabla 32. E.L.Últimos Emparrillado, sin soldadura entre emparrillado y falso bastidor

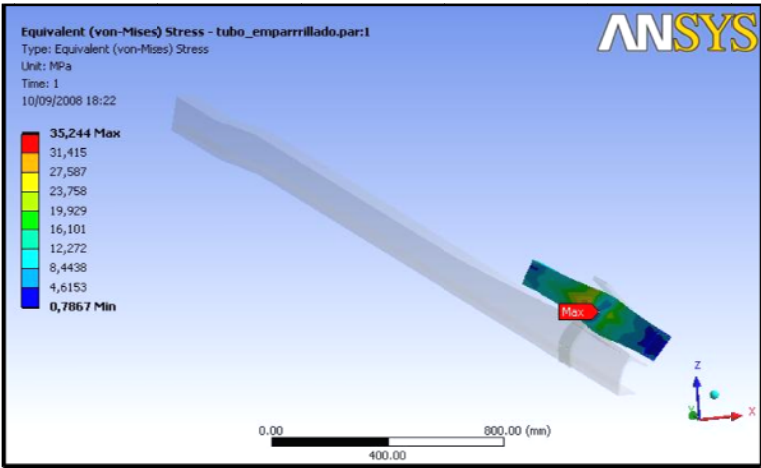


Figura 110. E.L.Últimos Emparrillado, con soldadura.

III.4.5.2.3 E.L.Último Falso bastidor

	Hipótesis 3			
	Emparrillado y falso bastidor sin soldadura		Emparrillado y falso bastidor con soldadura	
	Magnitud (MPa)	% aprov.	Magnitud (MPa)	% aprov.
Tension Von Misses	175,78	63,92	184,81	67,70

Tabla 33. E.L.Últimos Falso bastidor, sin soldadura entre emparrillado y falso bastidor

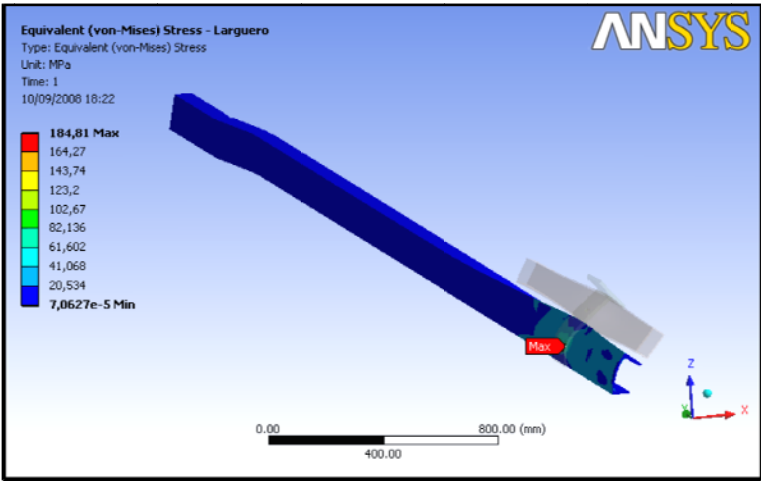


Figura 111. E.L.Últimos Largueros, con soldadura.

III.4.6 CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos a partir de los dos modelos se aprecia que el vehículo cumple los requisitos con un elevado coeficiente de seguridad.

Se plantea a continuación la posibilidad de realizar modificaciones en el diseño, a fin de aligerar peso en la estructura, y de paso obtener un mayor aprovechamiento de las características de los materiales empleados. Este será el objeto del próximo capítulo

III.5 BASE DE CONOCIMIENTOS EN XML, BASADO EN METODOLOGÍA MOKA DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO FABRICADO CON MATERIALES METÁLICOS.

III.5.1 INTRODUCCIÓN

El último modelo que se desarrolla para el vehículo de riego y baldeo con cisterna de poliéster y 20.000 litros de capacidad consiste en una base de conocimientos en XML (BCXML), basada en el modelo informal definido por la metodología MOKA. Los conceptos empleados se encuentran perfectamente definidos en el capítulo II

III.5.2 MODELO BASE DE CONOCIMIENTOS DEL VEHÍCULO DE RIEGO Y BALDEO FABRICADO CON MATERIALES NO METÁLICOS.

El modelo está compuesto por:

- Falso bastidor
- Armario delantero
- Accionamiento mecánico
- Tanque
- Sistema de Riego y Baldeo

- Red Neumática
- Red Hidráulica
- Circuito eléctrico
- Chasis
- Red hidráulica
- Complementos

Cada conjunto está relacionado tanto con la entidad cisterna de riego y baldeo, y así como con todas las demás entidades que conforman ese conjunto. Estas relaciones son de tipo jerarquía.

Mediante el uso Entidades-Función y Entidades-Comportamiento se describe la información que se le aporta al cliente respecto de cada componente.

Existen un total de 3 restricciones para los vehículos, que son:

- Peso máximo
- Nivel emisión acústica
- Anchura máxima

Cada una de ellas se modela mediante un formulario Restricción.

Por último se modela la parte relativa a los manuales de mantenimientos del vehículo, para la cual se hace uso de los formularios Actividad (el qué se hace) y los formularios Reglas (Cómo se hace).

La base de conocimientos correspondiente al vehículo de riego y baldeo con cisterna poliéster y 20.000 litros de capacidad se encuentra desarrollada en el Anexo II.