

**ANÁLISIS, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE
ACCESO A LA CABINA DE CONTROL DE TRACTORES
MINEROS**

(Autor)

ARNALDO JOSE MEJIA MURILLO

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,
MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, 11/16 de 2016**

**ANÁLISIS, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE
ACCESO A LA CABINA DE CONTROL DE TRACTORES
MINEROS**

ARNALDO JOSE MEJIA MURILLO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Director: RAFAEL BOLÍVAR LEÓN

Mg. En ingeniería metalúrgica

rbolivar@hotmail.com

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,
MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
Pamplona, 11/16 de 2016**

Dedicatoria

Este proyecto de grado va dedicado a todas las personas que me apoyaron en este largo camino por lograr mis sueños de ser un profesional.

A **DIOS**, Primero dedicarle este gran logro a DIOS todo poderoso.

A **Nancy Murillo Escobar**, mama soy un afortunado le doy gracias DIOS por darme la mejor madre del planeta todo lo que soy te lo debo, eres mi tesoro más preciado, espero siempre enorgullecerte.

A **Fulgencio Mejía Acosta**, querido papa con tus consejos me enseñaste a ser un gran hombre gracias por tus lecciones de vida, te quiero mucho viejo.

A **Yisely Mejía Murillo**, hermanita eres una guerrera y mi ejemplo a seguir gracias por tu apoyo por tu aliento por siempre creer en mí, te quiero mucho.

A **Claudia Coronel**, amor gracias por estar ahí en los momentos más difíciles, gran parte de este logro es tuyo soy muy afortunado por tenerte a mi lado, te dedico este triunfo.

A **Auris Álvarez**, mi segunda madre gracias por todos tus consejos y por consentirme tanto.

A **Juan Andrés Quintero** y **Gemir Palomo**, mi hermanos su amistad es invaluable este logro también les pertenece.

A **Mauricio Higuera**. Compañero de lucha, colega gracias por tus enseñanzas, eres una de esas amistades para toda la vida.

AGRADECIMIENTOS

Infinitamente a DIOS por darme fortaleza por el regalo tan maravilloso que me dio al darme unos padres que me apoyaron y me costearon la carrera, tantas bendiciones derramadas en mi familia, gracias a ti señor todo es posible.

A mis padres por su apoyo incondicional y sus grandes lecciones de vida, a mi hermana por siempre estar junto a mí.

A mi director de proyecto de grado por su guía y acompañamiento el ing. Rafael Bolívar.

A la empresa M.Y.S por darme la oportunidad de realizar mis prácticas empresariales y permitirme crecer como profesional.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	10
INTRODUCCION.....	11
JUSTIFICACION.....	12
OBJETIVOS	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos.....	13
Definiciones.....	14
CAPITULO 1.....	16
1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PLATAFORMA DE ACCESO A LA CABINA DE CONTROL DE TRACTORES MINEROS.....	16
1.1.1 Identificación de las Necesidades.	16
1.1.2 Descripción de la plataforma.	16
1.2 Estándar de Escaleras y Plataformas Resolución 1409 de 2012.	16
1.2.1 Requerimientos mínimos para el diseño de barandas	16
1.2.2 Medidas mínimas para huella y contrahuella según ángulo de inclinación de escalera	17
1.3 Análisis de la plataforma.....	18
1.3.1 Partes de la plataforma	18
1.3.2 Parámetros de análisis.....	19
1.3.3 Dimensionamiento de perfil angular en L	20
1.4 Selección de material de fabricación	23
CAPITULO 2.....	27
2. Simulación de la estructura utilizando el método de elementos finitos (MEF).27	
2.1.1 Tipos de elementos	28
2.1.2 Malla sólida.	28
2.1.3 Malla de vaciado.	28
2.1.4 Malla de viga.....	29
2.2 Análisis estático de la plataforma utilizando el software SolidWorks.....	30
2.2.1 Aplicación de carga primer caso de estudio	31
2.2.2 Aplicación de carga segundo caso de estudio.....	34
CAPITULO 3.....	38

3.	CRITERIOS DE CONTROL DE CALIDAD	38
3.1.1	Tipos de soldadura utilizadas en la construcción de las plataformas .	38
3.1.2	Soldeo por arco con electrodo revestido	38
3.1.3	Soldadura por arco en atmósfera inerte con electrodo consumible (método MIG y MAG)	42
3.2	Defectología y normalización de la soldadura.....	43
3.2.1	Clasificación de cordones de soldadura	44
3.2.2	Serie 100.....	46
3.2.3	Serie 200.....	46
3.2.4	Serie 300.....	47
3.2.5	Serie 400.....	48
3.2.6	Serie 500.....	49
3.2.7	Serie 600.....	50
	Serie 100.....	51
3.3	Protección anticorrosiva de estructuras de acero mediante pintura	51
3.3.1	Tipo de pintura y condiciones de aplicación	52
3.3.2	Defectología en la pintura.....	53
	capitulo 4	57
4.	costruccion de las 22 plataforamas.	57
4.1	Descripción del taller	57
4.1.1	Condiciones iniciales del taller	57
4.1.2	Acondicionamiento de instalaciones del taller	59
4.1.3	Limpieza y demarcación de área de trabajo	59
4.1.4	Proceso de construcción	61
4.2	Inspección visual de soldadura	65
4.3	Acciones correctivas para defectos en soldadura	69
4.3.1	Inspección visual de pintura anticorrosiva	72
4.4	Transporte y entrega de las plataformas.....	73
5.	CONCLUSIONES	75
6.	RECOMENDACIONES	76
7.	BIBLIOGRAFÍA	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimiento de diseño de barandas. (Ministerio de Trabajo, 2012)....	17
Tabla 2. Medidas mínimas para huella y contrahuella. (Ministerio de Trabajo, 2012)	18
Tabla 3. Matriz de decisión. (Autor)	25
Tabla 4. Propiedades mecánicas de acero A-36.....	26
Tabla 5. Tipos de revestimiento y sus componentes. (LINCOLN ELECTRIC).....	42
Tabla 6. Criterios de rechazo de soldadura. (Autor).....	51
Tabla 7. Métodos de aplicación de pintura (CIN-CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, SA, 2011)	53
Tabla 8. Causas y soluciones de los defectos en el proceso de soldadura. (Autor)	70

LISTA DE TABLAS

Figura 1. Partes de la plataforma para tractores. (Autor).....	19
Figura 2. Catálogo con dimensiones de perfil el L. (ACEROSCOL, 2016)	22
Figura 4. Tipos de mallas generadas por Solid Works ®. (SOLIDWORKS, 2016) 29	29
Figura 5. Dimensiones de malla. (SOLIDWORKS, 2016)	29
Figura 6. Selección de material para la plataforma en SolidWorks ®. (Autor).....	30
Figura 7. Destalles de carga en SolidWorks ®. (Autor)	31
Figura 8. Aplicación de carga caso 1 de estudio en SolidWorks ®. (Autor).....	31
Figura 9. Detalles de la sujeción en SolidWorks ®. (Autor)	32
Figura 10. Detalle de malla en SolidWorks ®. (Autor)	32
Figura 12. Simulación para factor de seguridad de la plataforma. (Autor)	34
Figura 13. Destalles de carga caso 2 en SolidWorks ®. (Autor)	35
Figura 15. Simulación para factor de seguridad de la plataforma. (Autor)	37
Figura 16. Descripción del proceso de soldeo por arco con electrodo revestido. (LINCOLN ELECTRIC).....	39
Figura 17. Descripción del proceso de soldeo por arco en atmósfera inerte con electrodo consumible (método MIG y MAG). (OERLIKON, 2012)	43
Figura 18. Clasificación de cordones de soldadura según ANSI/AWS A 3.0-85. (INDURA, 2013).....	45
Figura 19. Fractura longitudinal y transversal. (Ruiz, 2016)	46
Figura 20. Porosidad alineada y dispersa. (Ruiz, 2016).....	47
Figura 21. Inclusiones de escoria. (Ruiz, 2016).....	48
Figura 22. Falta de fusión en la superficie de la soldadura. (Ruiz, 2016).....	48
Figura 24. Salpicadura excesiva. (Ruiz, 2016).....	50
Figura 25. Defectos habituales en pintura. (Mapfre, 2013)	56
Figura 26. Fotografía del estado en el que se encontró el taller de M. Y. S. (Autor)	58
Figura 27. Fotografía del estado en el que se encontró el taller de M. Y. S. (Autor)	58
Figura 28. Realización de limpieza a instalaciones del taller. (Autor)	59
Figura 29. Demarcación de zona de trabajo. (Autor)	60
Figura 30. Condiciones finales del taller. (Autor)	61
Figura 31. Proceso de corte de material con técnica oxicorte. (Autor)	64
Figura 32. Proceso de soldeo con arco en atmosfera inerte método MIG. (Autor)64	64
Figura 33. Fracturas en soldadura serie 100. (Autor)	66
Figura 34. Porosidad en soldadura serie 200. (Autor)	67
Figura 35. Inclusiones de escoria serie 300. (Autor).....	67
Figura 36. Socavación en soldadura serie 500. (Autor).....	68
Figura 37. Corrección de serie 100 en proceso de soldadura. (Autor)	71
Figura 38. Corrección de serie 500 en el proceso de soldadura. (Autor)	71
Figura 39. Corrección de serie 200 en el proceso de soldadura.....	72
Figura 40. Proceso de pintura de las plataformas. (Autor).....	73
Figura 41. Protección mediante envoltura plastica delas plataformas. (Autor).....	74

Figura 42. Transporte de plataformas. (Autor) 74

RESUMEN

El presente proyecto abarca el análisis, construcción y simulación estática de sistemas de acceso a la cabina de tractores mineros, específicamente plataformas; cumpliendo satisfacer la necesidad del cliente, que requiere 22 de estas estructuras para su uso en explotación de carbón en la mina a cielo abierto de Calenturitas. Las plataformas se implementaron para los tractores CAT modelo D9T y tienen la función tanto de permitir el acceso del operario a la cabina de control como protegerlo ya que posee barandas que actúan como barreras que disminuyen las posibilidades de una caída al vacío.

Las plataformas cuentan con una baranda hecha de tubería SCH 40 de acero A-36 con un diámetro externo 1 ¼". Se diseña con esta tubería ya que tiene resistencia adecuada y alta conformabilidad que permite un fácil doblado para adquirir geometrías curvas. También cuenta con perfiles angulares de 1.5"x1.5" que se utilizan para fabricar el marco de la huella, ya que estos proporcionan una muy buena resistencia a la flexión y una excelente soldabilidad.

Se utilizó software Solid Works ® 2016, para comprender el comportamiento de las estructuras mediante el uso de la herramienta Solid Works Simulation ®. Para el análisis de las cargas que debe soportar cada una de las plataforma, se definen dos casos de estudio según la resolución 1409 del 2012. El primero es para la baranda de protección; la norma indica que debe soportar mínimo 200 libras (90.8 kg) de carga puntual ubicada en el medio del travesaño superior de la baranda en cualquier dirección. En el segundo caso, se debe analizar el comportamiento de la estructura que sirve como soporte del operario, la cual debe soportar mínimo una carga de 180 kg de carga puntual, y debe estar ubicada en la parte central de la estructura con dirección hacia el piso.

INTRODUCCION

Con la elaboración de este proyecto de grado se planeó elaborar un manual de procedimientos para implementarlo al momento de diseñar y construir plataformas metálicas con características industriales para la empresa **M.Y.S “MANTENIMIENTO Y SUMINISTRO DE LA LOMA”**, las cuales deben garantizar un buen desempeño y un trabajo seguro. Estas estructuras metálicas fueron diseñadas y construidas con las normas y requerimientos establecidos por la ley, como lo indica el ministerio de trabajo en la **resolución 1409 de 2012** y la normatividad interna de **Prodeco Proyecto Calenturitas Garzón Y Salazar**, la cual se rige por su reglamento de (YTS) “YO TRABAJO SEGURO”.

Se hace necesario este desarrollo debido a la gran demanda que presenta la industria y la necesidad de satisfacer las necesidades de los clientes, en este caso **Prodeco Proyecto Calenturitas Garzón Y Salazar**, que requiere del servicio de diseño construcción y montaje de plataformas metálicas, además **M.Y.S** no cuenta con un manual de procedimientos que facilite el actuar de los trabajadores al momento de diseñar y construir las estructuras antes mencionadas.

Esta operación se llevó a cabo siguiendo un conducto regular que se estableció durante el desarrollo del proyecto, donde se indica que se debe realizar un diseño de la estructura con las especificaciones de carga y materiales utilizados en su elaboración; luego se procedió con la construcción, en esta etapa se realizaron inspecciones visuales para verificar el estado de la soldadura basados en la normatividad (AWS) American Welding Society, sección B1.11:2000 y por último el montaje en las instalaciones de la mina **Prodeco Calenturitas Garzón Y Salazar**.

JUSTIFICACION

En este proyecto de grado se llevó a cabo la fabricación y el control de calidad de plataformas para la empresa **M.Y.S “MANTENIMIENTO Y SUMINISTRO DE LA LOMA”**, basados en la aplicación de la teoría de los conceptos de diseño de estructuras metálicas, selección de materiales, diseño asistido por computadora (CAD) y simulación.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudios se hizo necesario seleccionar una persona con los conocimientos apropiados, por esta importante razón se optó por un ingeniero mecánico. Esto beneficio a la empresa ya que cumplió con los requerimientos del cliente, suministrando además de las plataformas toda la documentación pertinente de las mismas como por ejemplo manual de uso, simulación de carga, planos de fabricación y certificación de cumplimiento de la resolución 1409 de 2012.

Adicionalmente, se desarrolló documentación para la empresa respecto al proceso de diseño y el control de calidad de la construcción. Este último tiene que ver con el proceso de la soldadura y su inspección, el acabado superficial en el proceso de pulido y los terminados en el proceso de recubrimiento y pintado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar, simular y construir sistemas de acceso para la cabina de control de tractores mineros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y simular el diseño de una plataforma para el tractor CAT modelo D9T según la resolución 1409 de 2012, usando el software Solid Works 2013.
- Construir 22 plataformas para tractor CAT modelo D9T.
- Establecer criterios de calidad para la correcta construcción, pulido y pintura de las plataformas según normas aplicables (AWS) American Welding Society, sección B1.11:2000 y norma ISO 8501.
- Elaborar un documento en el cual se especifiquen los procedimientos de construcción y aprobación con altos estándares de calidad para garantizar la aceptación por parte del cliente.

DEFINICIONES

Plataforma:

Suelo superior o tablero horizontal que se encuentra elevado y que funciona como soporte de personas o cosas. (Pickering, 2015)

Escalón:

Elemento donde se apoyan los pies para ascender o descender. (Pickering, 2015)

Aro o Jaula De Escalera:

Guarda protectora que se instala alrededor de las escaleras fijas verticales. (Pickering, 2015)

Arrestador de Caída:

Punto de anclaje móvil, el cual rueda o desliza sobre una línea de anclaje fija. (Pickering, 2015)

Hoja de Vida:

Documento en el que se registra todas las novedades presentadas durante el uso de las *Escaleras* o *Plataformas*, desde inicio de vida útil hasta que sean dadas de baja. (Pickering, 2015)

Rodapiés:

Soporte en el borde de la plataforma, que evita que los materiales o los pies de los trabajadores se deslicen de esta. (Pickering, 2015)

Pasamanos:

Un riel al cual los empleados pueden asirse. (Pickering, 2015)

Rellano:

Es el ancho del escalón, medido en planta, entre dos contrahuellas sucesivas. (Pickering, 2015)

Contrahuella:

Es la parte vertical del fondo del peldaño. (Pickering, 2015)

Personal Calificado:

Personal contratado de forma directa o indirectamente por la compañía que tiene las competencias para realizar un trabajo determinado (Según aplique). (Pickering, 2015)

Línea de vida vertical:

Sistemas de cables de acero con alma de acero, cuerdas sintéticas u otros materiales que debidamente anclados en un punto superior a la zona de labor, protegen al operario en su desplazamiento vertical (ascenso/descenso). El sistema de línea vertical debe estar certificado. (Pickering, 2015)

Larguero:

Riel lateral de una escalera donde se apoyan los peldaños. (Pickering, 2015)

Baranda:

Barrera que se instala al borde de un lugar para prevenir la posibilidad de caída. Debe garantizar una capacidad de carga y contar con un travesaño de agarre superior, una barrera colocada a nivel del suelo para evitar la caída de objetos y un travesaño intermedio o barrera intermedia que prevenga el paso de personas entre el travesaño superior y la barrera inferior. (Pickering, 2015)

CAPITULO 1

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PLATAFORMA DE ACCESO A LA CABINA DE CONTROL DE TRACTORES MINEROS.

1.1.1 Identificación de las Necesidades.

Esta plataforma tiene la función tanto de permitir el acceso del operario a la cabina de control de un tractor minero como protegerlo ya que posee barandas que actúan como barreras que disminuyen las posibilidades de una caída al vacío. Se emplea en la industria carbonífera, para este caso la mina Prodeco Calenturitas Garzón Y Salazar.

1.1.2 Descripción de la plataforma.

Las plataformas son estructuras ampliamente usadas por ser muy eficientes en trabajo en altura, ya que ofrecen comodidad, ahorro de tiempo y facilidad de llegar a objetos altos rápidamente.

Existen muchos tipos de plataformas como lo son las fijas, móviles, en tijeras, autopropulsadas (de cesta o de tijeras); para nuestro modelo de estudio analizaremos el tipo de plataforma fija.

1.2 ESTÁNDAR DE ESCALERAS Y PLATAFORMAS RESOLUCIÓN 1409 DE 2012.

Considerando que el objetivo básico del Sistema General de Riesgos Laborales es la promoción de la salud ocupacional y la prevención de los riesgos laborales, para evitar accidentes de trabajo y enfermedades laborales. Este estándar se aplica en todos los sitios y actividades controladas por la compañía, que involucran el uso de Escaleras y Plataformas, incluyendo las actividades de contratistas y terceros. (Ministerio de Trabajo, 2012)

1.2.1 Requerimientos mínimos para el diseño de barandas

Las barandas pueden ser portátiles o fijas o también ser, ser permanentes esto según la tarea que desarrolle. Las barandas fijas y portátiles siempre deben estar

identificadas y cumplir como mínimo con los requerimientos establecidos en la siguiente tabla. (Ministerio de Trabajo, 2012)

Tabla 1. Requerimiento de diseño de barandas. (Ministerio de Trabajo, 2012)

TIPO DE REQUERIMIENTO	MEDIDA
Resistencia estructural de la baranda	Mínimo 200 libras (90,8 kg) de carga puntual en el punto medio del travesaño superior de la baranda aplicada en cualquier dirección.
Alturas de la baranda (Desde la superficie en donde se camina y/o trabaja, hasta el borde superior del travesaño superior).	1 metro mínimo sobre la superficie de trabajo; las barandas existentes que estén a menos deben ajustarse en un término no mayor de 8 años a la altura requerida mínima de 1 metro, a partir de la vigencia de esta resolución.
Ubicación de travesaños intermedios horizontales.	Deben ser ubicados a máximo 48 cm entre sí.
Separación entre soportes verticales	Aquella que garantice la resistencia mínima solicitada.
Alturas de los rodapiés	De mínimo 9 cm, medidos desde la superficie en donde se camina y/o trabaja. Si hay materiales acumulados cuya altura exceda la del rodapié y puedan caer al vacío, se deberá instalar una red, lona, entre otros, asegurada a la baranda, con la resistencia suficiente para prevenir efectivamente la caída de los objetos.

1.2.2 Medidas mínimas para huella y contrahuella según ángulo de inclinación de escalera

Los peldaños de la plataforma son estructuras que se utilizan para el tránsito de operarios a distintos nivel por esto se deben diseñar de tal manera que disminuyan el riesgo de caída, para ello se determinaran las dimensiones de la huella y contrahuella conforme a la siguiente tabla.

Tabla 2. Medidas mínimas para huella y contrahuella. (Ministerio de Trabajo, 2012)

Angulo/Horizontal	Medida contrahuella en centímetros	Medida huella centímetros
30 Grados	16.51	27.94
32 Grados	17.14	27.3
33 Grados	17.78	26.67
35 Grados	18.41	26.03
36 Grados	19.05	25.4
38 Grados	19.68	24.76
40 Grados	20.32	24.13
41 Grados	20.95	23.49
43 Grados	21.59	22.86
45 Grados	22.22	22.22
46 Grados	22.86	21.59
48 Grados	23.49	20.95
49 Grados	24.13	20.32

1.3 ANÁLISIS DE LA PLATAFORMA

En esta sección se tratará el análisis de la plataforma para tractores, se establecerá sus elementos bajo el criterio de resistencia de materiales y el establecido por la resolución 1409 del 2012.

La plataforma cuenta con una baranda hecha de tubería SCH 40 de acero A-36 con un diámetro externo 1 ¼". Se diseña con esta tubería ya que tiene resistencia adecuada y alta conformabilidad que permite un fácil doblado para adquirir geometrías curvas.

También cuenta con perfiles angulares de 1.5"x1.5" que se utilizan para fabricar el marco de la huella, ya que estos proporcionan una muy buena resistencia a la flexión y una excelente soldabilidad.

1.3.1 Partes de la plataforma

La plataforma está constituida por las siguientes partes:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Baranda de protección. | 2. Soporte inferior. |
| 3. Lamina de soporte vertical. | 4. Huella. |
| 5. Contrahuella. | 6. Soporte de baranda. |
| 7. Soporte superior. | 8. Lamina de soporte horizontal. |
| 9. Superficie de la plataforma. | 10. Rodapiés |

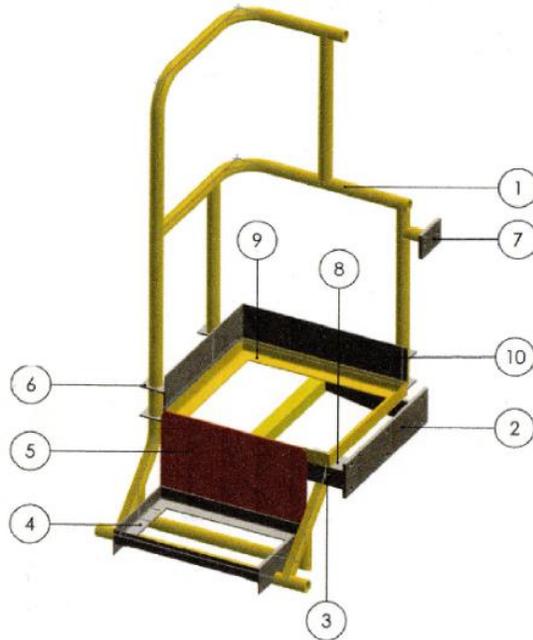


Figura 1. Partes de la plataforma para tractores. (Autor)

1.3.2 Parámetros de análisis

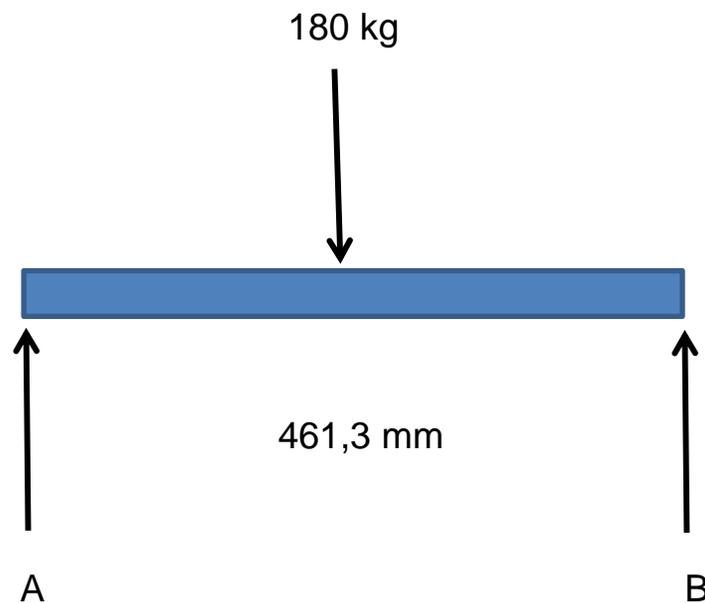
Para el análisis de las cargas que debe soportar la plataforma, se definen dos casos de estudio según la resolución 1409 del 2012. El primero es para la baranda de protección; la norma indica que debe soportar mínimo 200 libras (90.8 kg) de carga puntual ubicada en el medio del travesaño superior de la baranda en cualquier dirección. En el segundo caso, se debe analizar el comportamiento de la estructura que sirve como soporte del operario, la cual debe soportar mínimo una carga de 180

kg de carga puntual, y debe estar ubicada en la parte central de la estructura con dirección hacia el piso.

1.3.3 Dimensionamiento de perfil angular en L

Para determinar si este perfil cumple con los requerimientos establecidos en la resolución, se analizará de manera independiente debido a la gran importancia de su función, para esto se tendrá en cuenta los siguientes factores.

- Carga puntual ubicada en la parte central del perfil.
- Esfuerzo de flexión producido por esta carga.
- Factor de seguridad.



$$W = 180 \text{ kg} \times (9.8 \text{ m/s}^2) = 1764 \text{ N}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$R_A + R_B - W = 0$$

$$R_A + R_B = W$$

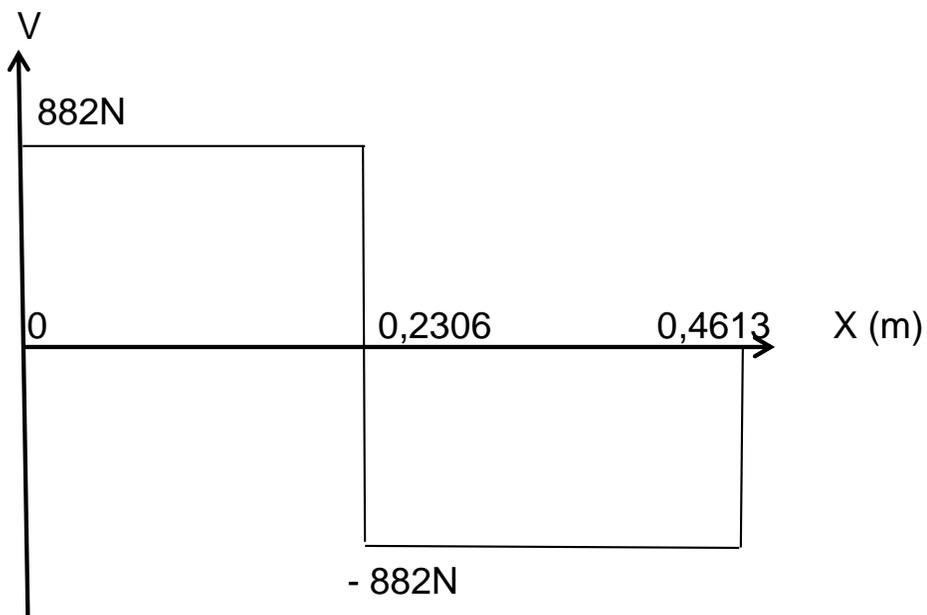
$$\Sigma M_A = 0$$

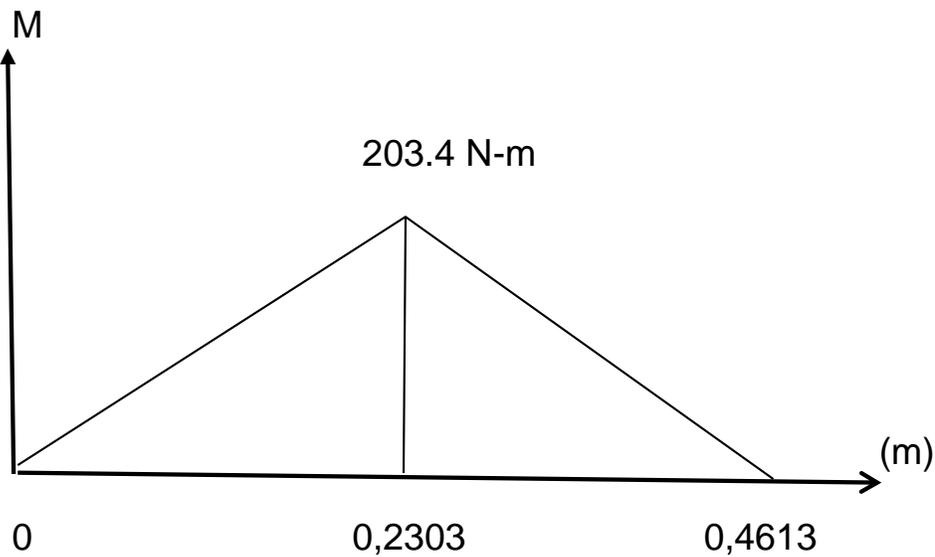
$$R_B (0,4613\text{m}) - W (0,23065) = 0$$

$$R_B = W/2$$

$$R_B = 882\text{N}$$

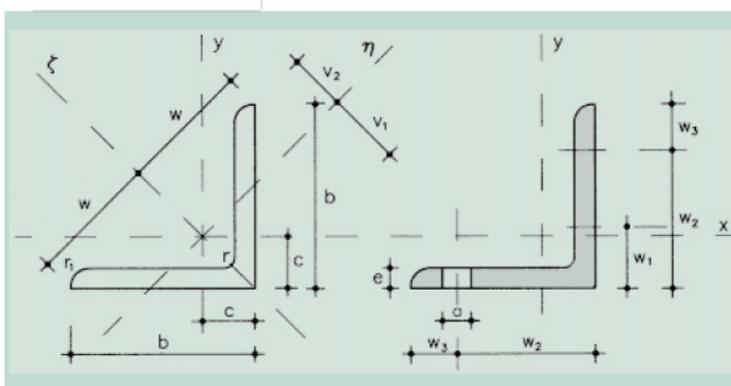
$$R_A = 882\text{N}$$





$$\sigma = \frac{M_{max}}{I/C}$$

Donde $\frac{I}{C}$ es el módulo de resistencia de sección, este se encuentra en las tablas del catálogo del proveedor.



- A = Área de la sección
- I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X
- I_ζ = Momento de inercia de la sección, respecto a ζ
- I_η = Momento de inercia de la sección, respecto a η
- $W_x = I_x / (b - c)$. Módulo resistente de la sección, respecto a X**
- $W_\eta = I_\eta / V_1$. Módulo resistente de la sección, respecto a η
- $i_x = \sqrt{I_x / A}$. Radio de giro de la sección, respecto a X
- $i_\zeta = \sqrt{I_\zeta / A}$. Radio de giro de la sección, respecto a ζ
- $i_\eta = \sqrt{I_\eta / A}$. Radio de giro de la sección, respecto a η
- u = Perímetro
- p = Peso por m
- a = Diámetro del agujero del roblón normal

Perfil	Dimensiones					Posición del centro				Términos de sección							Agujeros				Peso			
	b	e	t	r ₁	u	c	v ₁	v ₂	w	A	I _x	I _ζ	I _η	W _x	W _η	i _x	i _ζ	i _η	w ₁	w ₂	w ₃	a	p	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm	cm	mm	mm	mm	mm	kp/m	
L 40. 4	40	4	6	3,0	155	1,12	1,58	1,40	2,83	3,08	4,47	7,09	1,86	1,55	1,17	1,21	1,52	0,78	22	—	18	11	2,42	P

Figura 2. Catálogo con dimensiones de perfil el L. (ACEROSCOL, 2016)

$$\frac{I}{C} = 1.55 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 131,25 \text{ MPa}$$

1.4 SELECCIÓN DE MATERIAL DE FABRICACIÓN

Un factor fundamental para la fabricación de escaleras y plataformas industriales, es la selección del material, debido a que estas estructuras deberán soportar grandes esfuerzos y estarán expuestas a condiciones climáticas adversas las cuales ocasionan corrosión y desgaste. Generalmente las partes de las escaleras y plataformas son hechas en aluminio, acero, hierro maleable u otro material adecuado en dureza y en resistencia a la tracción. (Salas Jimenez, 2009).

Para el proceso de selección del material en la fabricación de las plataformas, tomaremos un factor de seguridad mínimo de 1.8, este valor lo establece la norma 1409 del ministerio de trabajo.

Se procede utilizando el valor hallado analíticamente de esfuerzo de flexión para el perfil angular el cual es de $\sigma = 131,25 \text{ MPa}$ para luego multiplicarlo por el factor de seguridad antes mencionado.

$$\sigma = 131,25 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = 1.8$$

$$S_y = 131,25 \text{ MPa} * 1.8$$

$$S_y = 236.25 \text{ MPa}$$

Como se puede ver el Esfuerzo permisible para la estructura es de 236.25 MPa. Ahora, respecto a los materiales actualmente mencionados, se puede definir que

S_y Aluminio 6063-T8 = 240 MPa

S_y Acero AISI 1020 = 380 MPa

S_y Acero ASTM A-36 = 250 MPa

S_y Acero inoxidable AISI 304 = 205 MPa



Figura 3. Grafica de esfuerzo de fluencia de los materiales. (Autor)

La figura muestra que los materiales con un esfuerzo de fluencia mayor o igual a 236.25 MPa son; Aluminio 6063-T8, Acero ASTM A-36 y Acero AISI 1020. Por lo tanto es necesario realizar la selección del material desde otras propiedades. Para ello se muestra una matriz de decisión en la cual se expondrán las ventajas y desventajas de cada material, con el objetivo de descartar aquellos que no son viables para el proceso de construcción de las plataformas.

Tabla 3. Matriz de decisión. (Autor)

MATRIZ DE DECISION		
MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ASTM A-36	Aplicación en estructuras industriales Buena soldabilidad Amplia variedad de formas Fácil comercialización Menor costo comparado con los otros materiales	Baja resistencia a la corrosión Presenta fatiga con la aplicación de cargas dinámicas
AISI 1020	Buena soldabilidad Fácil comercialización Amplia variedad de formas Mayor esfuerzo de fluencia con respecto a los demás materiales	Baja resistencia a la corrosión Presenta fatiga con la aplicación de cargas dinámicas
6063-T8	menor peso con respecto a los demás materiales Resistente a la corrosión Aplicación en estructuras, barandas y peldaños	Muy costoso No se consigue con facilidad en la zona

Se ha seleccionado el Acero ASTM A-36 como material de fabricación de las plataformas por tener las mejores características, las razones más importantes de esta selección es: su fácil adquisición, bajo costo y la gran variedad de formas en que se comercializa en comparación a los demás materiales expuestos en la tabla. Con este material se facilitará la labor de construcción y se reducirá los costos de fabricación.

Características de acero A-36

El acero estructural a A-36 es uno de los aceros al carbono más utilizados en la industria. Este se produce bajo la especificación ASTM y por ello posee un esfuerzo de fluencia mínimo de 36 ksi. Tiene diversas aplicaciones, entre la más común esta la construcción e instalaciones industriales. Se fabrica con este material perfiles de láminas, cables para puentes colgantes, atirantados y concreto reforzado; varillas y mallas electrosoldada para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

Tabla 4. Propiedades mecánicas de acero A-36.

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(Kg / mm ²)	MPa	(Kg / mm ²)	MPa	%
25,5 (mín.)	250 (mín.)	40,8 (mín.)	400 (mín.)	20 (mín.)

Composición Química (Valores típicos)				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 - 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

CAPITULO 2

2. SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (MEF)

El método de elementos finitos (MEF) es una técnica numérica fiable para analizar el diseño de la estructura. Ha adquirido una gran relevancia en la solución de problemas ingenieriles, ya que permite resolver problemas complejos en un tiempo muy breve. Las circunstancias anteriores donde se utilizaban métodos matemáticos tradicionales, obligaban a realizar prototipos, ensayarlos y realizar mejoras con forme se obtenían resultados.

Entre las áreas de ingeniería en las que se utiliza el método de elementos finitos destacan: análisis de estructuras, problemas de transferencia de calor, flujo de fluidos, transporte de masa y cálculo de potencial electromagnético.

Para comprobar el comportamiento de la plataforma al momento de aplicarle las cargas, se empleara el software Solid Works ® 2016 que con su herramienta Solid Works Simulation, proporciona un análisis de elementos finitos (FEA) una técnica numérica fiable para analizar el diseño de la estructura.

El proceso empieza con la creación de un modelo geométrico. Luego, el programa subdivide el modelo en partes pequeñas de formas sencillas llamadas elementos, que están conectadas en puntos comunes llamados nodos. El proceso de subdividir el modelo en pequeñas partes se llama mallado. Los programas de análisis de elementos finitos consideran al modelo como una red de elementos interconectados.

La siguiente información ha sido tomada literalmente del manual de simulación de Solid Works ® 2016 debido que es muy específica. (SOLIDWORKS, 2016)

El mallado es un paso crucial en el análisis de diseño. El software crea automáticamente una malla combinada de elementos sólidos, de vaciado y de viga. La malla sólida es adecuada para los modelos voluminosos o complejos en 3D. Los elementos de vaciado son adecuados para las piezas delgadas (como las chapas metálicas). Los elementos de viga son adecuados para miembros estructurales. (SOLIDWORKS, 2016)

La precisión de la solución depende de la calidad de la malla. En general, cuanto más delgada es la malla mayor es la precisión. La malla generada depende de los siguientes factores:

- Geometría creada

- Active Opciones de malla.
- Control de malla
- Condiciones de contacto
- Tamaño global del elemento y tolerancia de malla. El software recomienda un tamaño de elemento y una tolerancia globales. El tamaño global del elemento se refiere a una longitud promedio de una arista del elemento. La cantidad de elementos aumenta rápidamente al utilizar un tamaño global del elemento más pequeño. (SOLIDWORKS, 2016)

2.1.1 Tipos de elementos

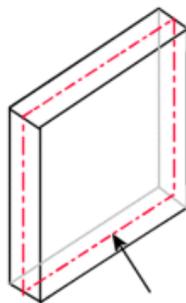
Una vez generada la malla de un modelo, el software genera una mezcla de elementos sólidos, de vaciado, de muelle y de contacto sobre la base de la geometría creada. El programa crea automáticamente las siguientes mallas:

2.1.2 Malla sólida.

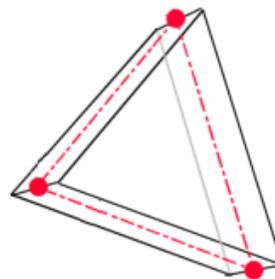
El programa crea una malla sólida con elementos sólidos tetraédricos 3D para todos los elementos sólidos de la carpeta Piezas. Los elementos tetraédricos son apropiados para objetos de gran tamaño.

2.1.3 Malla de vaciado.

El programa crea automáticamente una malla de vaciado para chapas metálicas con espesor uniforme (excepto en el estudio de caída) y geometrías de la superficie. Para las chapas metálicas, la malla se crea automáticamente en la superficie media. El programa extrae el espesor de vaciado a partir del espesor de la chapa metálica.



La superficie media de la chapa metálica se resalta.



Un elemento de vaciado creado en la superficie media con sus nodos.

Figura 4. Tipos de mallas generadas por Solid Works®. (SOLIDWORKS, 2016)

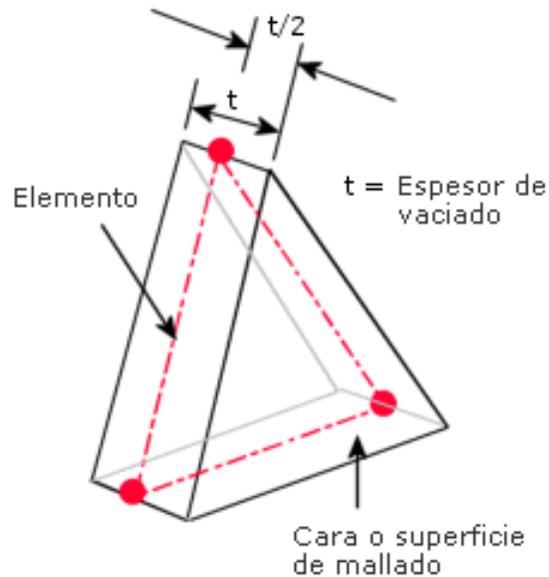


Figura 5. Dimensiones de malla. (SOLIDWORKS, 2016)

2.1.4 Malla de viga

El programa utiliza automáticamente una malla de viga e identifica juntas para miembros estructurales que se tocan o interfieren y miembros estructurales que no se tocan dentro de una cierta distancia (tolerancia). Un elemento de viga es un elemento de línea definido por dos puntos finales y una sección transversal. Los elementos de viga pueden resistir cargas axiales, de flexión, cortantes y de torsión. Las cabezas de armadura sólo resisten cargas axiales. Si se usa con piezas soldadas, el software define las propiedades transversales y detecta las juntas.

2.2 ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA PLATAFORMA UTILIZANDO EL SOFTWARE SOLIDWORKS

La plataforma para el tractor CAT modelo D9T, debe soportar la carga ejercida por el operario que la utiliza. De aquí deriva la importancia de comprender el comportamiento de esta estructura metálica puesto que está en juego la seguridad del trabajador. Para ello se usó el software SolidWorks® 2016, , donde se analizó la deformación del material, tensión axial y flexión, así como también el factor de seguridad bajo el concepto de resistencia de materiales.

En capítulo anterior se determinó que el material de construcción era el acero ASTM A-36, el cual para el proceso de análisis, se seleccionó de la librería de materiales del software. En la siguiente figura se observa como el software muestra en el recuadro las propiedades mecánicas del material para que deben ser compararlas con los valores suministrados por el fabricante.

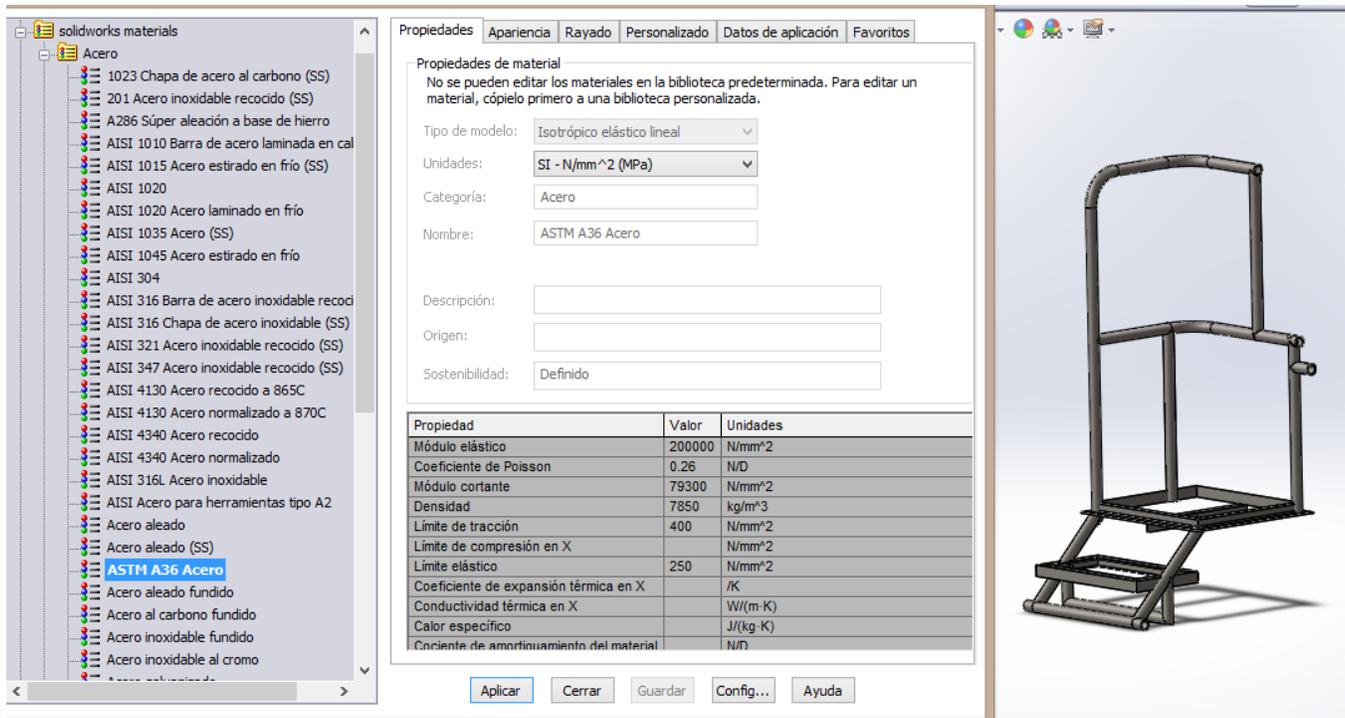


Figura 6. Selección de material para la plataforma en SolidWorks®. (Autor)

2.2.1 Aplicación de carga primer caso de estudio

Se aplica una fuerza puntual de 200lbf (908N Aprox.) ubicada en el centro la parte superior de la baranda de la plataforma. Esta carga es la que establece la resolución 1409 de 2012 en parámetros de diseño de escaleras y plataformas.

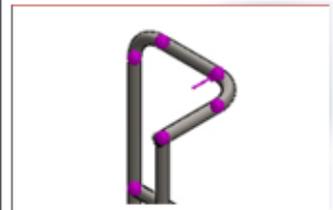
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 3 Viga(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: 908 N Momentos:

Figura 7. Destalles de carga en SolidWorks ®. (Autor)



Figura 8. Aplicación de carga caso 1 de estudio en SolidWorks ®. (Autor)

Una vez aplicada la carga que debe soportar la baranda, se procede a colocar las sujeciones y puntos de apoyo de la plataforma. Para ello se utiliza una geometría fija. Este tipo de restricción establece que todos los grados de libertad en traslación son cero.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 3 Joint(s) Tipo: Geometría fija
Fijo-2		Entidades: 4 Joint(s) Tipo: Geometría fija

Figura 9. Detalles de la sujeción en SolidWorks®. (Autor)

El mallado es un paso crucial para el análisis del estudio, en esta etapa se selecciona control de mallado, este permite especificar los tamaños de los elementos en diferentes lugares del modelo. Cuando el tamaño de los elementos es más pequeño se obtiene una mayor precisión en los resultados.

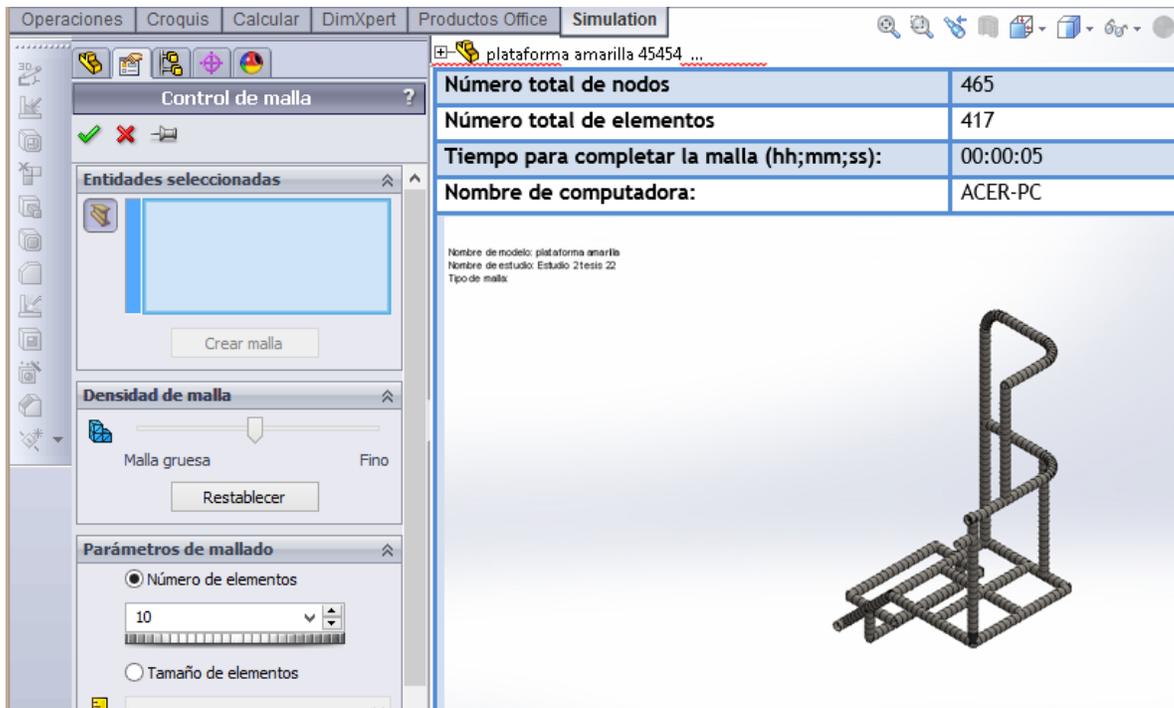


Figura 10. Detalle de malla en SolidWorks®. (Autor)

Con la creación de la malla, el modelo se ejecuta para obtener los resultados y analizar el comportamiento de la plataforma.

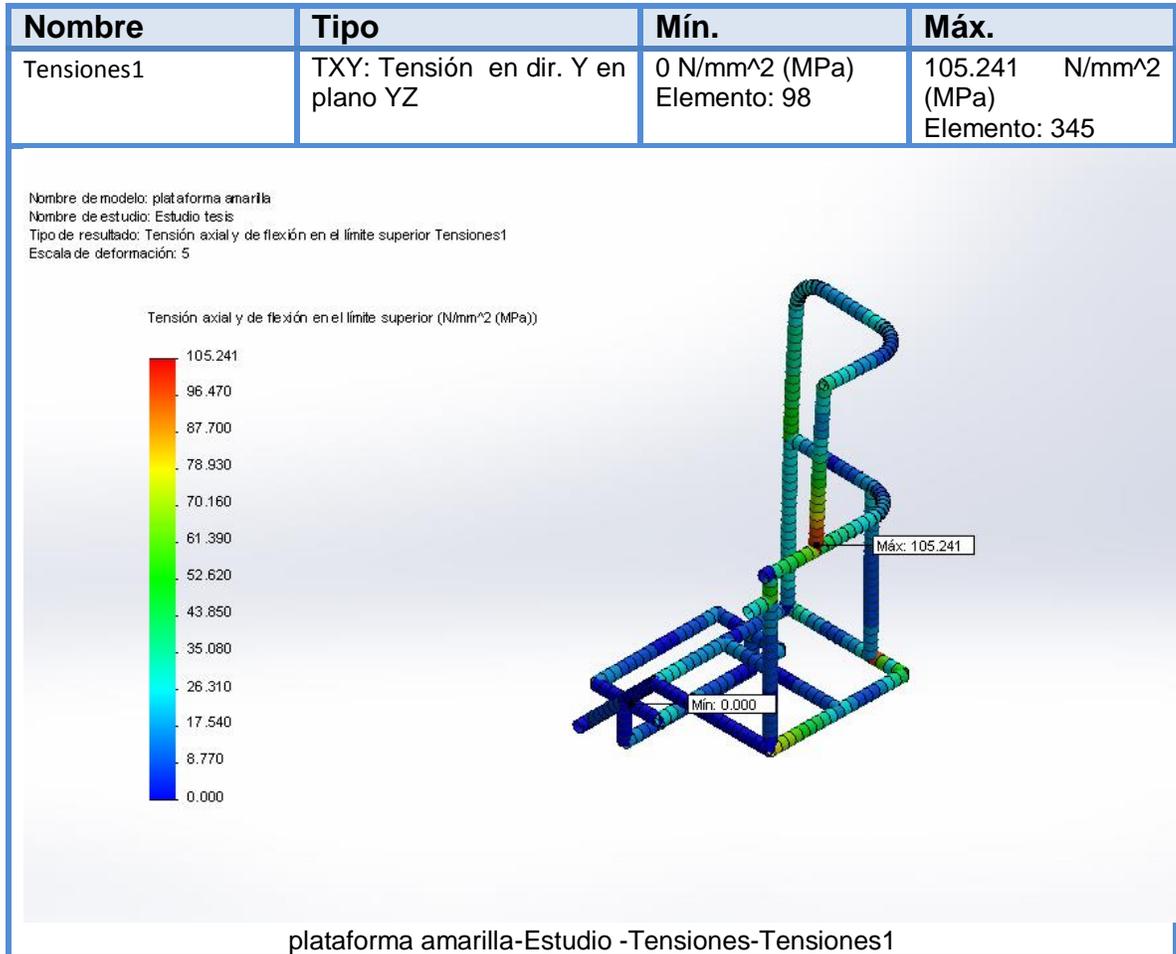


Figura 11. Simulación de esfuerzo de flexión en SolidWorks®. (Autor)

Se observa que la plataforma podrá soportar, según dicha simulación un esfuerzo máximo de flexión de 105.241 N/mm² (MPa). La gráfica de colores nos indica las zonas críticas de la estructura de color rojo y de las zonas donde el esfuerzo es nulo de color azul.

El programa SolidWorks® permite evaluar el factor de seguridad de la estructura sobre la base de un criterio de fallos. El factor de seguridad ideal para el análisis de la plataforma debe estar entre un valor mínimo de 1.8 y 3.0

- Un factor de seguridad inferior a 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación ha fallado.

- Un factor de seguridad de 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación ha empezado a fallar.
- Un factor de seguridad superior a 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación es seguro.
- El material que se encuentra en una ubicación empezará a fallar si aplica nuevas cargas iguales a las actuales multiplicadas por el factor de seguridad resultante, teniendo en cuenta que las tensiones/deformaciones unitarias permanecen en el intervalo lineal. (SOLIDWORKS, 2016)

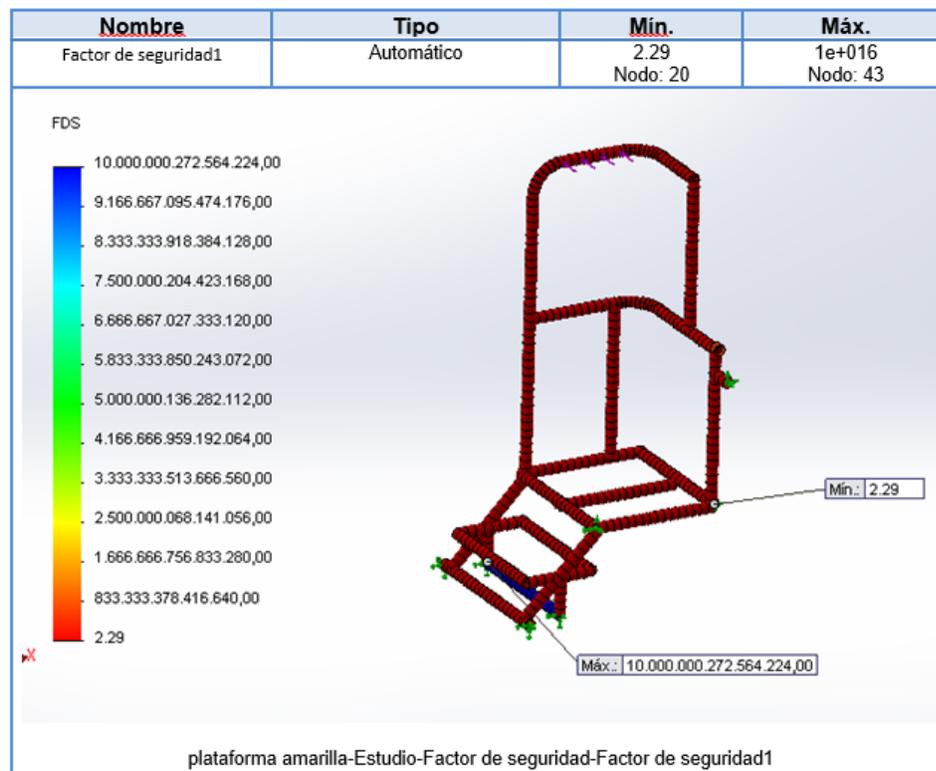


Figura 12. Simulación para factor de seguridad de la plataforma. (Autor)

El programa arroja el resultado; un factor de seguridad mínimo de 2.29 por lo tanto el sistema de la baranda cumple con los requerimientos mínimos de resistencia.

2.2.2 Aplicación de carga segundo caso de estudio

Se aplica una fuerza puntual de de180kg (1800 N Aprox.) en los ángulos de la plataforma, en dirección al suelo y ubicada en el centro del perfil angular, esta carga

corresponde al peso de 2 personas más las herramientas de trabajo que no superen los 180kg.

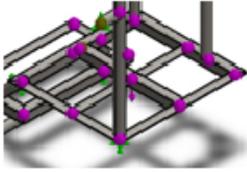
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 Juntas Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 1800 N Momentos: ---, ---, --- N·m

Figura 13. Destalles de carga caso 2 en SolidWorks®. (Autor)

En el segundo caso de estudio solo varia la carga y su ubicación, se utiliza la misma configuración de mallado y sujeción de geometría fija del primer caso. El modelo se ejecuta para obtener los resultados y analizar el comportamiento de la plataforma.

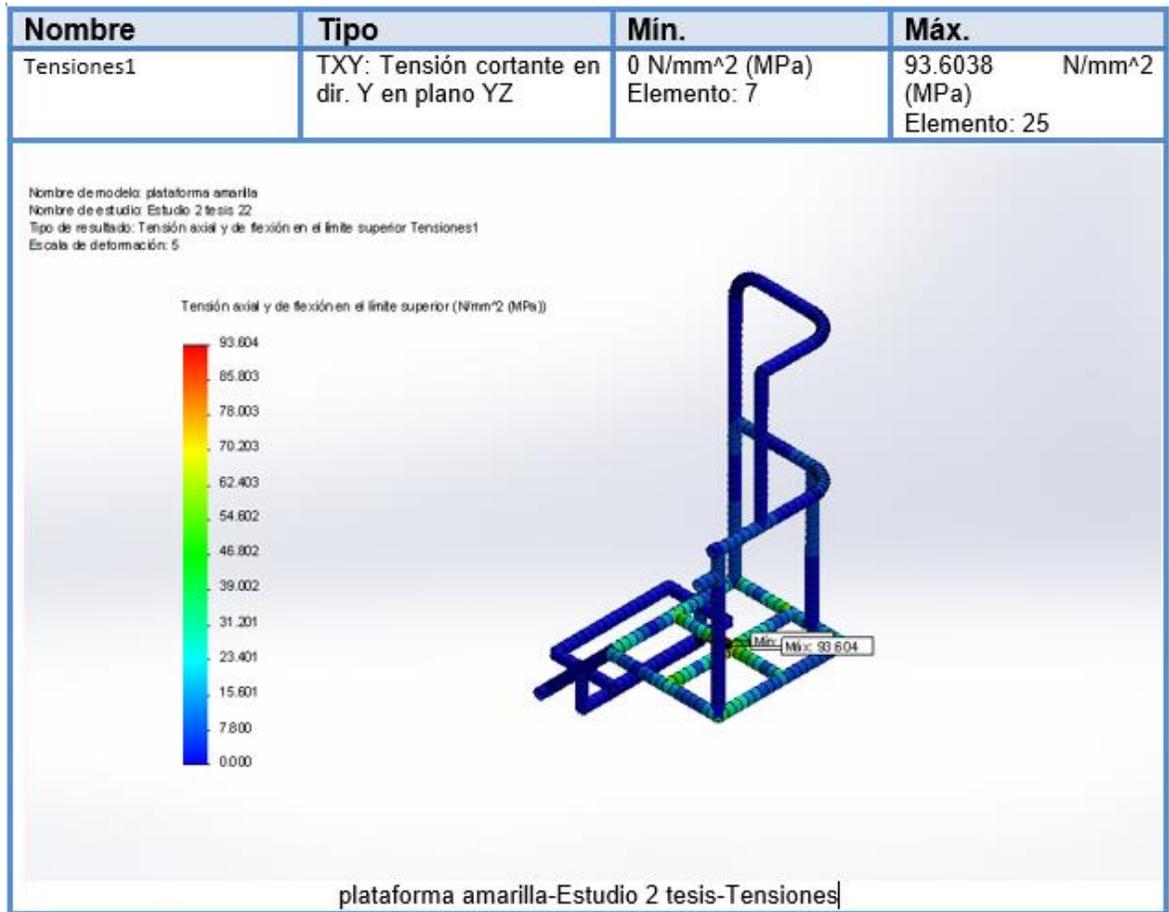


Figura 14. Simulación de esfuerzo de flexión caso 2 en SolidWorks ®. (Autor)

Se observa que la plataforma en el segundo caso de estudio tiene un esfuerzo máximo de flexión de 93.6038 N/mm² (MPa), la gráfica de colores nos indica las zonas críticas de la estructura de color rojo y de las zonas donde el esfuerzo es nulo de color azul.

Para evaluar el factor de seguridad ideal para la plataforma, se parte de un rango de valores entre 1.8 mínimo y 3.0.

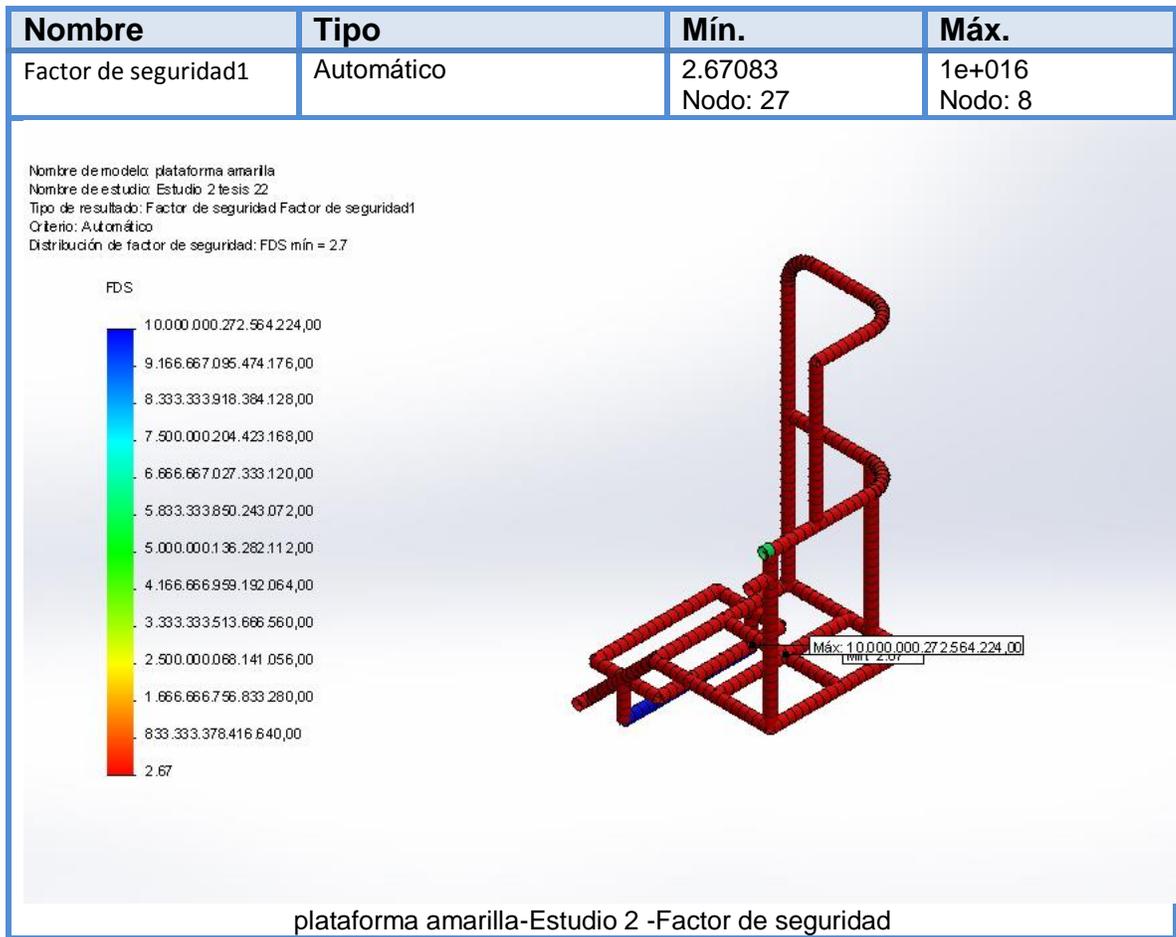


Figura 15. Simulación para factor de seguridad de la plataforma. (Autor)

El programa arroja el resultado; un factor de seguridad mínimo de 2.6 por lo tanto el sistema cumple con los requerimientos mínimos de resistencia.

CAPITULO 3

3. CRITERIOS DE CONTROL DE CALIDAD

En el proceso de fabricación de las plataformas se encuentran diferentes partes fabricadas por separado, que deben ser unidas. Para este caso se utilizó el tipo de unión por soldadura. El objeto principal de esta unión es el de asegurar la transmisión de la carga mediante la continuidad de las piezas. Será mejor dicha continuidad cuanto más uniforme sea la calidad de la soldadura, de aquí la importancia de tomar medidas que garanticen la calidad de este tipo de uniones.

3.1.1 Tipos de soldadura utilizadas en la construcción de las plataformas

3.1.2 Soldeo por arco con electrodo revestido

En este proceso la fusión del metal se produce gracias al calor generado por un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo revestido y el metal base de una unión a soldar. El material de aportación se obtiene por la fusión del electrodo en forma de pequeñas gotas. La protección se obtiene por la descomposición del revestimiento en forma de gases y en forma de escoria líquida que flota sobre el baño de fusión y, posteriormente, solidifica. (SOLTER, 2016)

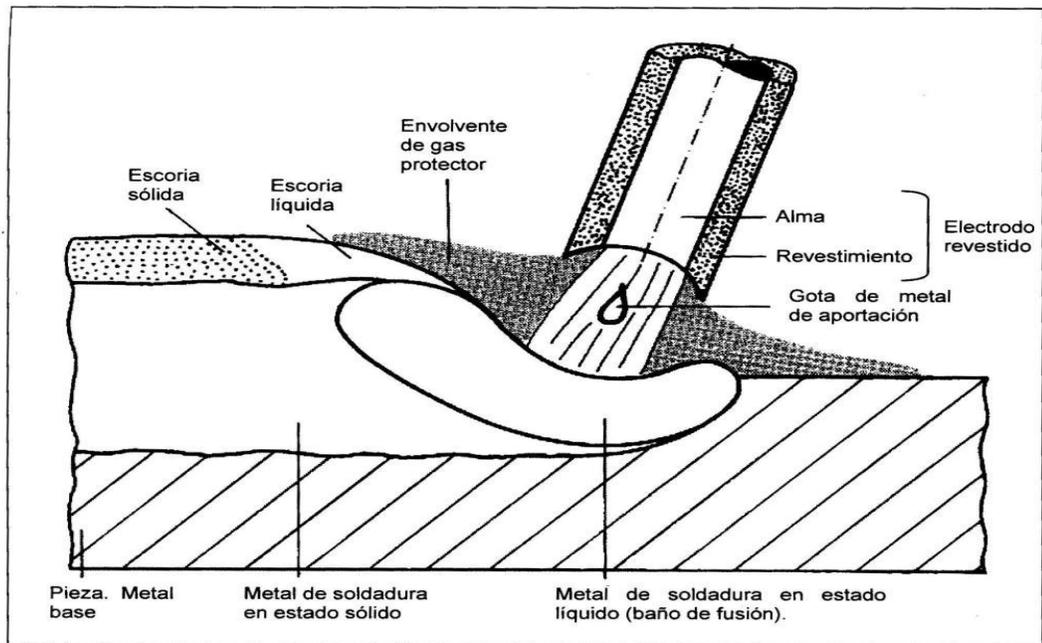


Figura 16. Descripción del proceso de soldeo por arco con electrodo revestido. (LINCOLN ELECTRIC)

El proceso se inicia con el cebado del arco, operación que consiste en tocar la pieza con el extremo libre del electrodo, cerrándose durante ese corto tiempo el circuito. El paso de corriente genera por efecto Joule el calentamiento del punto de contacto y de las zonas inmediatas, particularmente el extremo del electrodo. En el momento de separar el extremo del electrodo de la pieza, el metal del extremo libre del electrodo produce una fuerte emisión de electrones que se aceleran por la presión, chocan con los electrones de otros átomos del medio gaseoso, generando una atmosfera ionizada en su entorno que permite el paso de corriente a través del aire. Los electrodos que van del electrodo al ánodo provocan la fusión parcial del electrodo y producen así el salto del arco.

El arco eleva extraordinariamente la temperatura, del orden de 5000°C , siendo estas muy por encima de la temperatura de fusión del metal. Es por ello, que tanto el extremo del electrodo como la zona afectada por el arco en el metal base se funden. Del extremo del electrodo se desprenden pequeñas gotas de metal fundido, que se proyectan sobre el metal base también fundido, mezclándose con él y formando lo que se denomina baño de fusión. A medida que el electrodo se va consumiendo con este proceso, se hace avanzar el baño fundido a lo largo de la

unión a soldar, al tiempo que la parte del baño fundido que deja de estar en contacto directo con el arco se va solidificando por la difusión del calor, formando lo que denominamos metal soldado. Cuando la parte útil del electrodo se ha consumido, se interrumpe el arco, solidificándose la última porción de baño fundido y obteniéndose así un cordón de soldadura correspondiente a un electrodo. (SOLTER, 2016)

Tipos de electrodos:

El elemento fundamental para la soldadura manual es el electrodo, que soporta el arco y que al consumirse produce la aportación del material que, unido al material fundido del metal base, va a constituir el metal soldado. El electrodo está básicamente constituido por un alambre, de composición similar al del metal base, con o sin un revestimiento que lo envuelve. Los electrodos se clasifican en dos grupos dependiendo de si llevan revestimiento o no, estos grupos son electrodos desnudos y electrodos revestidos.

Electrodos desnudos:

Salvo para uniones de muy poca responsabilidad y en piezas de acero dulce, los electrodos desnudos no se utilizan, ya que las soldaduras obtenidas tienen muy malas cualidades mecánicas. El arco absorbe los componentes del aire y los incorpora al baño fundido por lo que el metal soldado presenta gran cantidad de óxidos, nitruros, poros y escorias que le confieren esas malas cualidades mecánicas. En la utilización de electrodos desnudos es muy difícil mantener el arco, siendo imposible hacerlo con corriente alterna.

Electrodos revestidos:

Los electrodos revestidos están formados por:

El revestimiento que es un cilindro que envuelve el alma, concéntrica con ella y de espesor uniforme, constituido por una mezcla de compuestos que caracterizan el electrodo y que cumple varias funciones, las cuales evitan los inconvenientes del electrodo desnudo.

Un alambre de sección circular uniforme, denominado alma, de composición normalmente similar a la del metal base. Los electrodos tienen longitudes normalizadas de 150, 200, 250, 300, 350 y 450 mm en función del diámetro del

electrodo. Un extremo del alma está sin cubrir de revestimiento, el cual es de una longitud de 20 a 30 mm, para poderlos coger con la pinza del porta electrodo. Los diámetros de los electrodos también están normalizados, siendo los más comunes los de 1.6, 2, 2.5, 3.25, 4, 5, 6, 6.3, 8, 10 y 12.5 mm (diámetro del alma). Atendiendo al espesor del revestimiento o a la relación entre el diámetro del alma y el del revestimiento, los electrodos se clasifican en:

Delgados: este tipo de electrodos de revestimiento delgado protegen poco al metal fundido, por lo que solo se utilizan en el aprendizaje de las técnicas de soldeo.

Medios: este tipo de electrodos obtienen mejor estabilidad del arco, permiten soldeo con corriente alterna y protegen mejor al metal soldado, la escoria recubre al metal ya solidificado reduciendo la velocidad de enfriamiento y la oxidación.

Gruesos: este tipo de electrodos con revestimiento grueso permiten obtener las mejores cualidades del metal soldado.

Funciones del revestimiento:

Las funciones básicas que debe cumplir un revestimiento son:

- Asegurar la estabilización del arco.
- Proteger al metal fundido de su contacto con el aire, tanto en el trayecto de las gotas fundidas a lo largo del arco, mediante gases que lo envuelvan, como en el baño de fusión mediante la formación de una capa de escoria que lo recubre.
- Eliminar o reducir las impurezas en el interior de la soldadura, mediante el barrido de las mismas por medio de la escoria. (SOLTER, 2016)

A continuación se muestra los distintos tipos de revestimientos y sus componentes principales.

Tabla 5. Tipos de revestimiento y sus componentes. (LINCOLN ELECTRIC)

Componente	Función	Tipo de Revestimiento			
		Celulósico	Ácido	Rutilo	Básico
Celulosa	Gas Protector	25-40%	0-5%	2-12%	0%
Carbonato Cálcico			0-5%	0-5%	15-30%
Esparto de Flúor	Formador de Escoria	10-20%	0-5%	30-55%	15-30%
Rutilo TiO ₂					15-30%
Feldespatos					0-5%
Arcilla					0-10%
Sílice					0-5%
Óxido de Mn	Desoxidante	5-10%	0-20%	5-10%	2-6%
Óxido de Fe			15-45%		
FerroManganeso			5-20%		
Ferrosilicio			0-5%		
Silicato Sódico			5-10%		
Silicato Potásico	Aglomerante	20-30%	5-15%	5-10%	0-5%
Silicato Potásico	Estabilizador		0-5%	5-15%	5-10%

3.1.3 Soldadura por arco en atmósfera inerte con electrodo consumible (método MIG y MAG)

En este tipo de soldadura se utiliza como material de aportación un hilo electrodo continuo y fusible, que se alimenta automáticamente, a través de la pistola de soldadura, a una velocidad continua. El baño de fusión está completamente cubierto por un chorro de gas protector, que también se suministra a través de la pistola. El procedimiento puede ser totalmente automático o semiautomático. Cuando la instalación es totalmente automática, la alimentación del alambre, la corriente de soldadura, el caudal de gas y la velocidad de desplazamiento a lo largo de la unión, se regulan previamente a los valores adecuados, y luego, todo funciona de forma automática. En la soldadura semiautomática la alimentación del alambre, la corriente de soldadura y la circulación de gas, se regulan a los valores convenientes y funcionan automáticamente, pero la pistola hay que sostenerla y desplazarla

manualmente. El soldador dirige la pistola a lo largo del cordón de soldadura, manteniendo la posición, longitud del arco y velocidad de avance adecuados. (The Lincoln Electric Company, 1995)

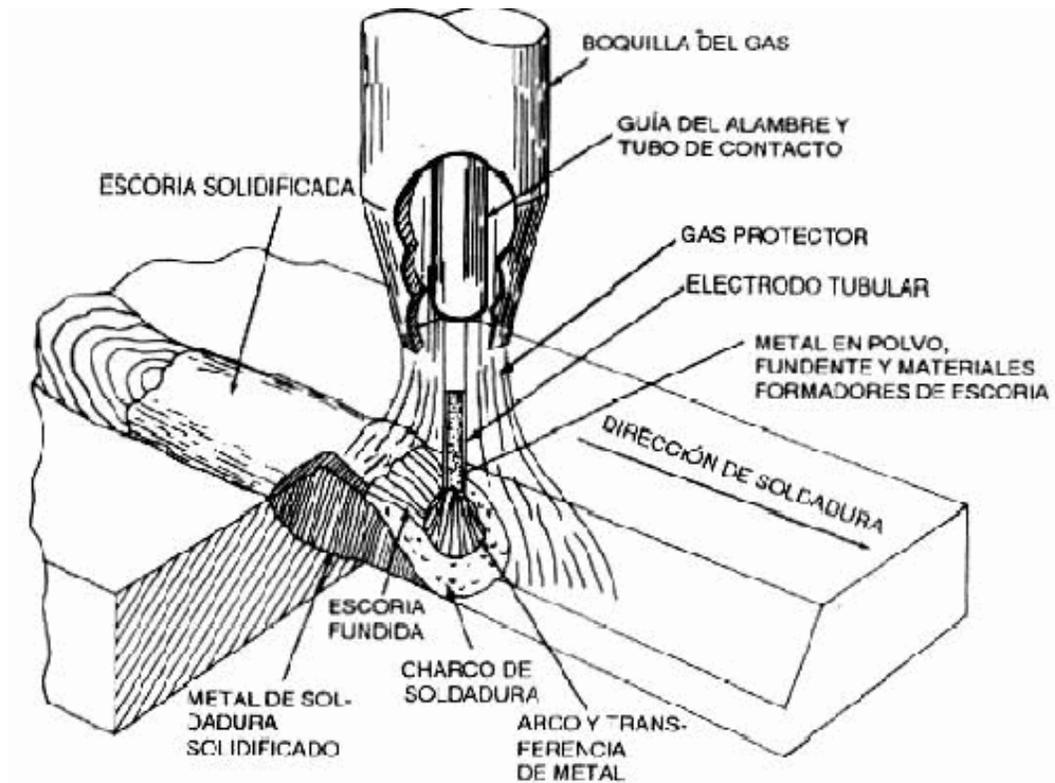


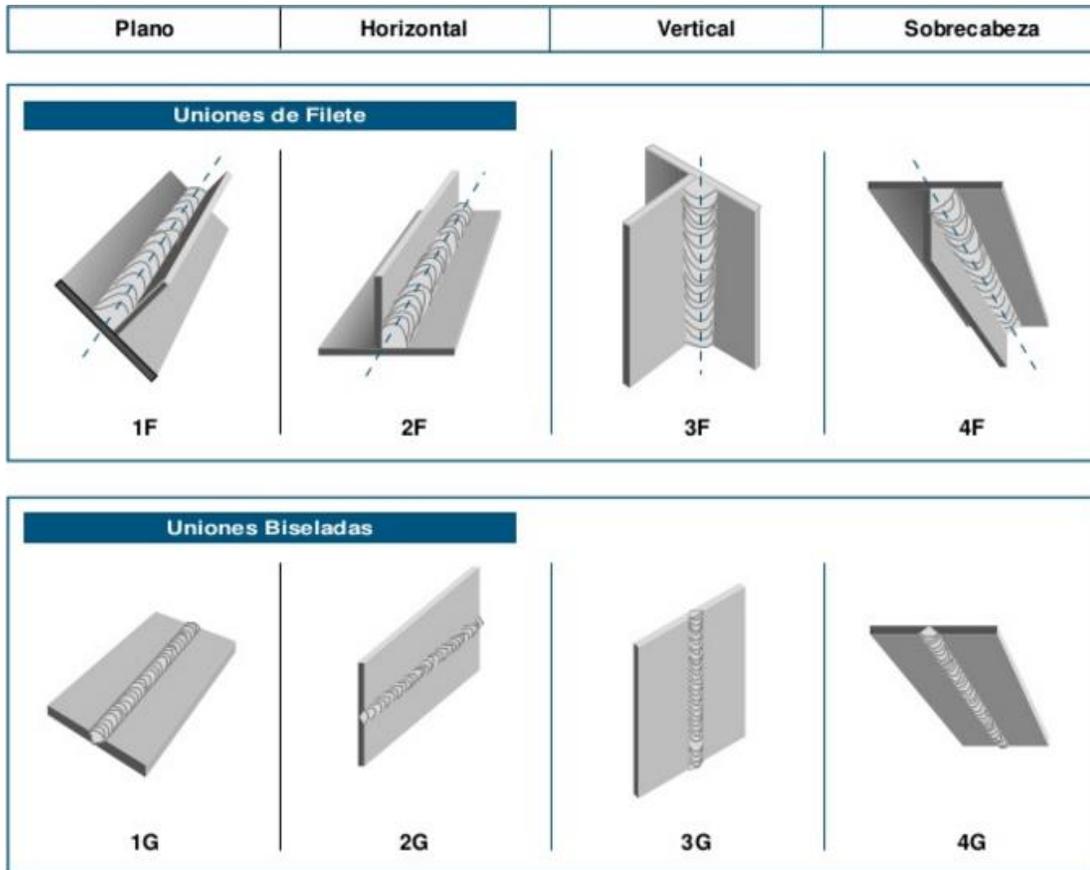
Figura 17. Descripción del proceso de soldeo por arco en atmósfera inerte con electrodo consumible (método MIG y MAG). (OERLIKON, 2012)

3.2 Defectología y normalización de la soldadura

En la búsqueda de generar una mejor unión entre diferentes piezas al momento de unir las mediante soldadura, se han desarrollado técnicas de inspección para realizar evaluaciones y controles de calidad, que permitan asegurar que la soldadura se encuentre en excelente estado y que se identifique cuáles de estas presentan defectos.

3.2.1 Clasificación de cordones de soldadura

A continuación mediante una figura se mostrara los tipos de cordones de soldadura que existen en la industria ya que son los principales lugares donde se presentan los defectos.



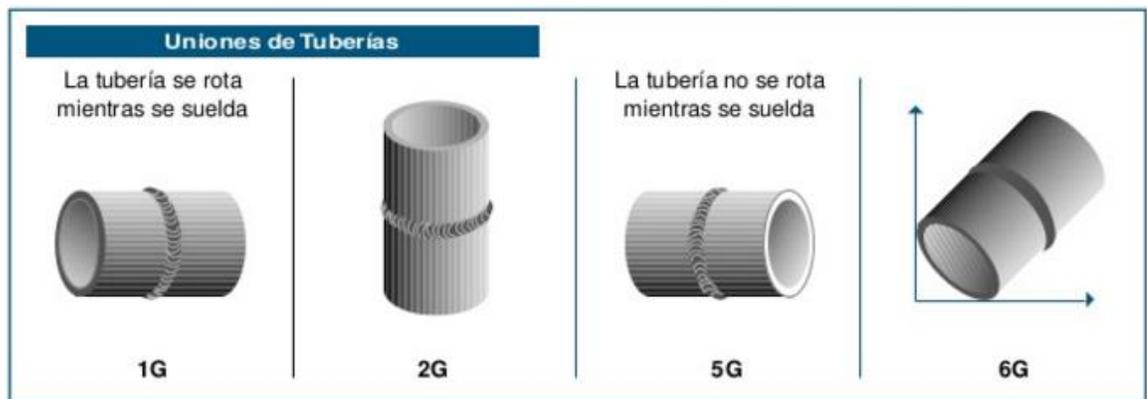


Figura 18. Clasificación de cordones de soldadura según ANSI/AWS A 3.0-85. (INDURA, 2013)

El principal término al que se hace referencia cuando se encuentran posibles defectos de soldadura es discontinuidad, que será catalogado como defecto dependiendo si cumple o no ciertos criterios, estandarizados generalmente por alguna norma. La discontinuidad es entonces una interrupción en la estructura de un material que se podría llegar a modificar negativamente sus propiedades mecánicas, físicas entre otras.

Una soldadura con defectos es aquella que presenta uno o más discontinuidades que hacen que el producto no sea capaz de satisfacer las normas mínimas de aceptación.

Como criterios de aceptación o rechazo de las discontinuidades se tomara lo sugerido por los Documento IIS/IIW-340-69 de la comisión V del International Institute of Welding donde se clasifican en 6 grupos:

Serie 100 Fracturas: Incluyendo longitudinales, transversales, radiales, en cráter, entre otras.

Serie 200 Cavidades: Incluyendo bolsas de gas, porosidad interna, porosidad superficial, encogimiento, entre otras.

Serie 300 Inclusiones Solidas: Incluyendo escoria, fundentes, óxidos metálicos, materiales extraños, entre otros.

Serie 400 penetración: Incluyendo a la fusión incompleta, penetración incompleta, entre otras.

Serie 500 Forma incompleta o contorno inaceptable: Incluyendo socavado, refuerzo excesivo, falta de llenado, forma de chaflán, traslape, entre otras.

Serie 600 defectos varios no incluidos anteriormente: Incluyendo golpes de arco, salpicadura excesiva superficie áspera entre otros. (Ruiz, 2016)

3.2.2 Serie 100

Fracturas: Las fracturas son la primera categoría de defectos de soldadura. Una fracturas es “Una discontinuidad del tipo de fractura caracterizada por unos bordes agudos y una gran relación entre longitud y anchura a desplazamiento de abertura” Se considera peligroso encontrar fracturas en soldaduras puesto que generan una grave reducción en la resistencia además se puede presentar una propagación de la fractura y generar una falla mucho más severa. (Ruiz, 2016)

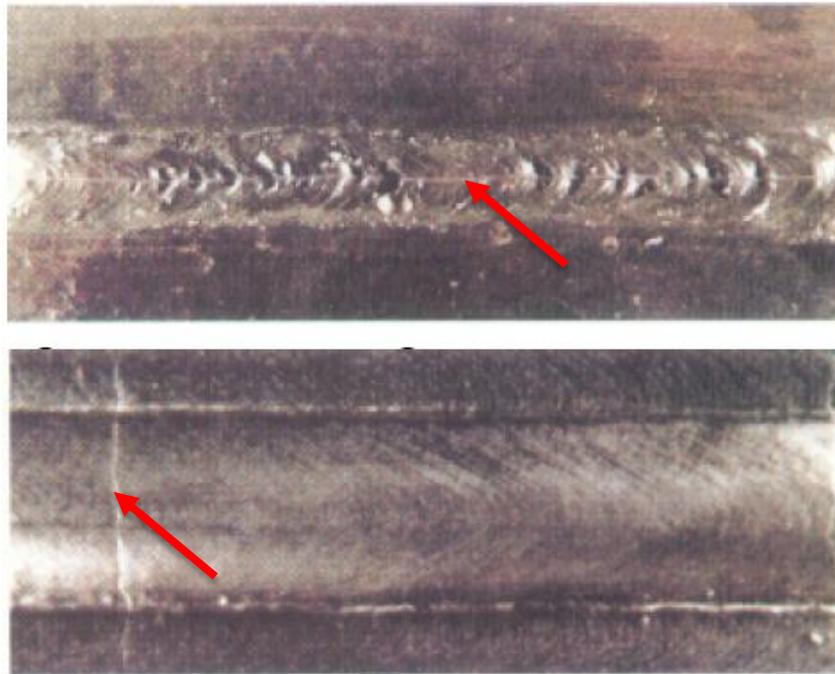


Figura 19. Fractura longitudinal y transversal. (Ruiz, 2016)

3.2.3 Serie 200

En la serie 200 el principal defecto son las cavidades, el tipo más común es la porosidad.

Porosidad: Esta se usa para describir los huecos globulares, libre de todo material sólido, que se encuentra con frecuencia en los cordones de soldadura. En realidad, los huecos son una forma de inclusión que resulta de las reacciones químicas que tienen lugar durante la aplicación de la soldadura. Difieren de las inclusiones de escoria en que contienen gases y no materia sólida.

Los gases que forman los huecos se derivan de los gases liberados por el enfriamiento del metal de la soldadura, como consecuencia de la reducción de solubilidad al descender la temperatura y de las reacciones químicas que tienen lugar dentro de la propia soldadura. (Ruiz, 2016)

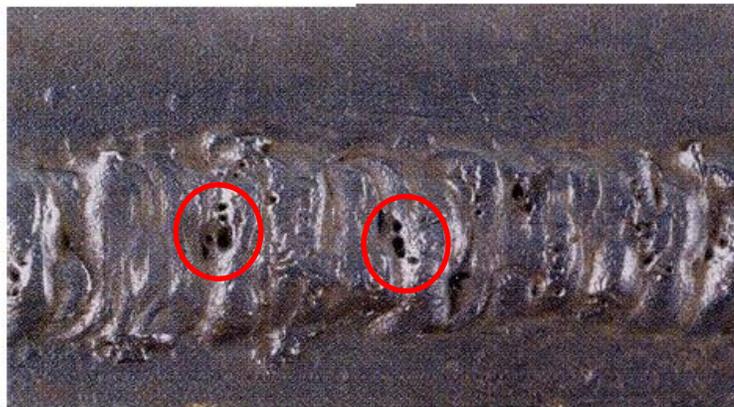


Figura 20. Porosidad alineada y dispersa. (Ruiz, 2016)

3.2.4 Serie 300

La serie 300 del documento IIV explica un tipo de defecto llamado inclusiones sólidas, estas en el mayor de los casos se consideran un defecto subsuperficial o interno, es decir no puede ser detectado fácilmente por inspección visual, se necesita recurrir a los ensayos con tintas penetrantes, radiografías o ultrasonido que permita detectar este tipo de defecto.



Figura 21. Inclusiones de escoria. (Ruiz, 2016)

3.2.5 Serie 400

Fusión Incompleta: Un defecto conocido como carencia de fusión es simplemente una gota de soldadura en la cual no ocurre la fusión a través de toda la sección transversal del al unión. Es decir la soldadura depositada no llena completamente la preparación de la unión o que hay un espacio entre los cordones o pasos, o un espacio en la raíz de la unión. (Ruiz, 2016)



Figura 22. Falta de fusión en la superficie de la soldadura. (Ruiz, 2016)

3.2.6 Serie 500

Socavamiento: Se emplea este término para describir:

La eliminación por fusión de la pared de una ranura de soldadura en el borde de una capa o cordón, con la formación de una depresión marcada en la pared lateral en la zona a la que debe unirse por fusión la siguiente capa o cordón.

La reducción de espesor en el metal base, en la línea en la que se unió por fusión el último cordón de la superficie.

El socavamiento en ambos casos se debe a la técnica empleada por el operador. Ciertos electrodos, una corriente demasiado alta, o un arco demasiado largo, pueden aumentar la tendencia al socavamiento.

Los principales problemas que genera el socavado son que producen un amplificador de esfuerzos que causan problemas cuando hay impacto o fatiga en la estructura y también el servicio a bajas temperaturas. (Ruiz, 2016)

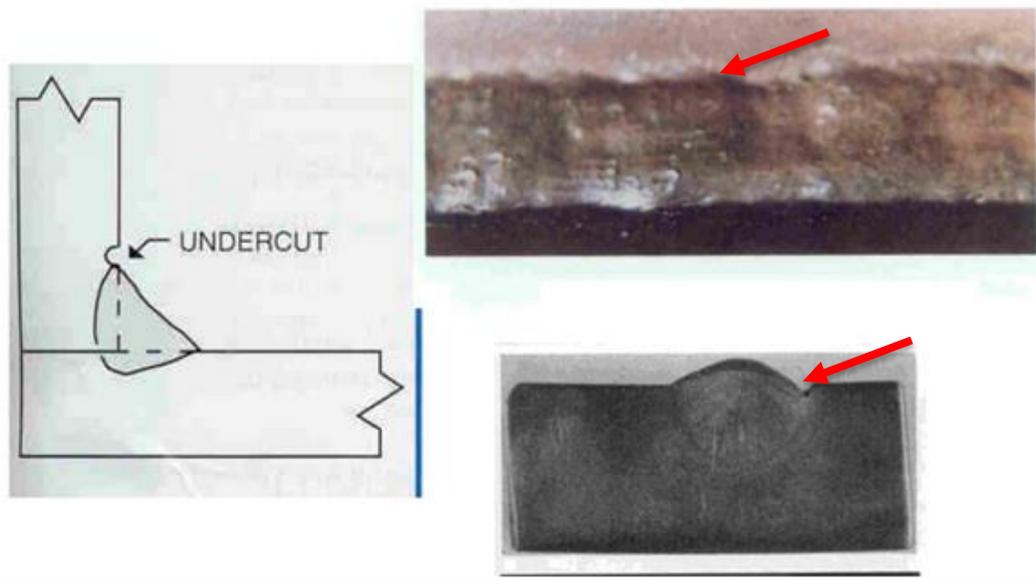


Figura 23. Socavado. (Ruiz, 2016)

3.2.7 Serie 600

Los defectos varios son la última categoría que se observa en la norma, en la categoría de diversos están los golpes de arco, en los cuales el soldador accidentalmente permite que el electrodo toque el metal base junto a la unión dejando una cicatriz en la parte; la salpicadura excesiva en la cual caen gotas del metal de soldadura fundido en la superficie de las partes base.

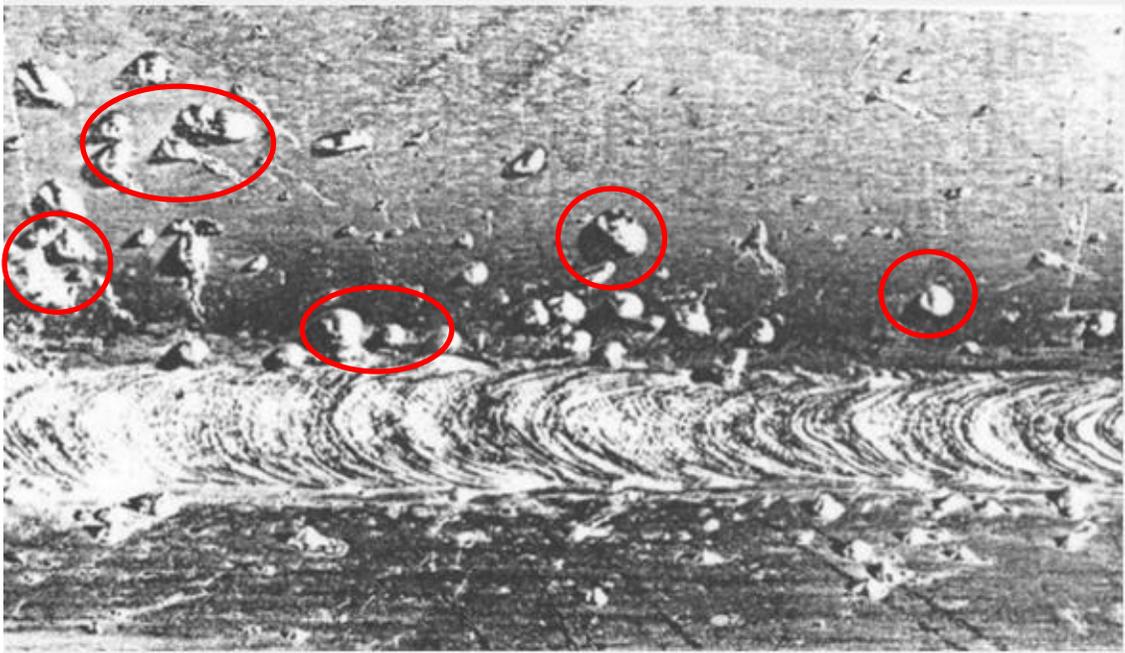


Figura 24. Salpicadura excesiva. (Ruiz, 2016)

Para establecer cuáles defectos de soldadura presentada las plataformas deben ser rechazadas, por no cumplir con requerimientos de calidad, se realizó una tabla la cual indica las series que obligan a no aprobar el proceso de soldadura.

Tabla 6. Criterios de rechazo de soldadura. (Autor)

Criterios de rechazo para soldadura		
Serie del defecto	Observaciones	No aprobado
Serie 100	Incluyendo longitudinales, transversales y radiales	X
Serie 400	Incluyendo a la fusión incompleta y penetración incompleta.	X
Serie 500	Incluyendo socavado, refuerzo excesivo, falta de llenado, forma de chaflán y traslape.	X

3.3 Protección anticorrosiva de estructuras de acero mediante pintura

Una de las desventajas de utilizar acero como material de construcción es su susceptibilidad a la corrosión. Por lo tanto es necesario tomar medidas de protección que minimicen esta desventaja y así aumentar la vida útil de las estructuras.

La importancia de una buena preparación de la superficie de trabajo al momento de aplicar cualquier revestimiento afectará de manera positiva el comportamiento y la durabilidad de este. En el caso de estructuras de acero, esto es todavía más importante pues resulta obvio que la selección del método de preparación de la superficie asume una importancia muy relevante en cualquier tratamiento anticorrosivo. (CIN-CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, SA, 2011)

El buen funcionamiento de los revestimientos con pintura se ve significativamente afectado por el estado de la superficie del acero antes de ser pintado. Los principales factores conocidos con influencia en este aspecto son:

- Presencia de óxido y de calamina
- Presencia de contaminantes: sales, polvo, aceites y grasas
- Perfil de la superficie

Como método de evaluación visual para de la limpieza de la superficie en la cual se va a trabajar nos guamos según la norma ISO 8501. Esta norma se divide en 4 partes.

EN ISO 8501-1:2007

Grados de oxidación y de preparación de sustratos de acero no pintados y de sustratos de acero después de estar totalmente decapados de revestimientos anteriores.

EN ISO 8501-2:2001

Grados de preparación de sustratos de acero previamente pintados, después de la eliminación localizada de revestimientos anteriores.

EN ISO 8501-3:2007

Clases de preparación de soldaduras, esquinas y otras zonas con imperfecciones de superficie.

EN ISO 8501-4:2006

Condiciones iniciales de la superficie, grados de preparación de superficie y grados de flash rust de las preparadas por chorro de agua a alta presión (high-pressure water jetting). (CIN-CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, SA, 2011)

3.3.1 Tipo de pintura y condiciones de aplicación

En el proceso de pintura de las estructuras de acero, se debe tener en cuenta que las condiciones de temperatura de la superficie no esté por debajo de los 5°C, o sea superiores a los 50°C en este caso no se debe aplicar la pintura.

En caso de utilizar pintura Epoxi, los límites de temperatura para su aplicación están entre 10°C mínimo y 35°C máximo, además no se deberá aplicar la pintura mientras llueva y las estructuras estén expuestas.

Resulta importante comprobar la temperatura ambiente, esta no debe ser inferior a 5°C, o superior a 52°C. (CIN-CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, SA, 2011)

Tabla 7. Métodos de aplicación de pintura (CIN-CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, SA, 2011)

Método de Aplicación	Imprimación	Capas intermedias	Capa de acabado	Pinturas de gran viscosidad
Brocha	Sí	Sí	Sí	No ⁽²⁾
Rodillo	No	Sí	Sí	No
Pistola convencional (atomización x aire)	No ⁽¹⁾	Sí	Sí	No
Pistola sin aire (Airless)	No	Sí	Sí	No
Pistola en caliente	No	Sí	Sí	Sí
Atomización con pistola de alta presión	No	No	No	Sí
Espátula	No	No	No	Sí

(1) Permitido para productos cuya superficie haya sido chorreada a metal blanco.

(2) Empleado para productos epoxícos.

3.3.2 Defectología en la pintura

Lo que se espera en un proceso de pintado es obtener un excelente acabado sin embargo aparecen circunstancias que causan defectos esto hace que el aspecto final no sea el más agradable a la vista. Los defectos de pintado son muy variados y únicamente influyen en el aspecto visual de la capa de pintura.

A continuación se describirán los defectos más comunes al pintar superficies metálicas y cuáles son las causas. Esto permite que el pintor comprenda las posibles fallas que se puedan presentar en el proceso de pintura y tome las medidas adecuadas para realizar un buen trabajo, de esta manera garantizar la calidad del proceso. (LECHLER, 2016)

Arrugamiento

Presencia de zonas arrugadas en la superficie de la película de pintura.

Causas:

- Pinturas originales, sensibles a los disolventes o no perfectamente endurecidas, incorrectamente aisladas.
- Utilización de diluyentes no idóneos y particularmente agresivos.
- Utilización de fondos aislantes no idóneos para el soporte a aislar.
- Perforación de la película transparente durante el lijado y aplicación sin el aislamiento correcto. Excesivo espesor de la película de pintura.

Bajo poder cubriente

Una pintura no tiene poder cubriente cuando no es capaz de enmascarar o tapar la tonalidad de la capa inmediatamente inferior con su propia tonalidad, de forma que presenta una película de diferentes tonalidades por zonas.

Causas:

- Pigmentos de bajo poder cubriente; se da sobre todo colores rojos orgánicos y amarillos.
- Excesiva dilución de la pintura, que disminuye el poder cubriente por unidad de volumen.
- Espesor demasiado bajo de la capa o capas de acabado.

Burbujas de agua

Presencia de burbujas en la superficie de la película de acabado.

Causas:

- Residuos de agua derivados del lijado.
- El agua presente en la línea de aire comprimido.
- Contacto de la pintura húmeda a la lluvia o pulverizaciones de agua.

Burbujas de aire

Presencia de deformaciones irregulares en forma de burbuja.

Causa:

- Insuficiente aplicación de masillas o manos de fondo.
- Presencia en la mono de fondo de bolsas de aire debido a diluyentes incorrectos.
- Elevadas temperaturas de secado.

Color distinto/diferencias de tono

Degradado superficial debido a la descomposición de las resinas/pigmentos en la superficie pintada.

Causas:

- Elección y porcentaje del catalizador.
- Espesor inadecuado.
- Degradación debido a los agentes atmosféricos.
- Escaso (o incorrecto) mantenimiento.

Piel naranja

Una superficie pintada tiene piel de naranja cuando su aspecto irregular se asemeja al de una piel de cáscara de naranja. En realidad, se trata de falta de extensibilidad de la pintura que puede estar motivada por diversos factores.

Causas:

- Aplicación de la pintura con viscosidad demasiado alta.
- Presencia de capas superiores muy gruesas o fondo con estructura de piel de naranja.
- Empleo de un disolvente muy cortó. Evaporación rápida. Tiempos de evaporación del disolvente incorrectos.
- Situación de la pistola muy próxima a la superficie que se está pintando.



Figura 25. Defectos habituales en pintura. (Mapfre, 2013)

CAPITULO 4

4. CONSTRUCCION DE LAS 22 PLATAFORMAS.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TALLER

El taller de la empresa **M.Y.S “Mantenimiento y Suministro de la Loma”** se dedica a la construcción de estructuras metálicas un ejemplo de estas son: escaleras industriales con y sin plataformas, torres de bloqueo para sostener tolvas de camiones mineros, hangares para resguardo maquinaria pesada, etc.

Para la construcción de las plataformas se determinó una serie de procedimientos a seguir como son:

- Recepción de requerimientos.
- Modelado cad de la plataforma.
- Realización de la cotización para el cliente.
- Aceptación de oferta por parte del cliente.
- Elaboración del pedido.
- Recepción de orden de compra en el taller.
- Construcción.
- Traslado de las 22 plataformas al lugar de montaje.

4.1.1 Condiciones iniciales del taller

El taller cuenta con un área de trabajo de 132 m². Las condiciones iniciales en las que se encontró son inadecuadas para realizar una correcta labor de construcción ya que presento; desorden de herramientas, residuos de materiales que ocupan espacio y pueden causar accidentes, zonas no delimitadas de trabajo, entre otras; lo que ocasiona retrasos en el proceso esto traduce perdidas económicas, un ambiente peligroso de trabajo y mal aspecto ante los clientes.

A continuación se mostrara mediante imágenes las condiciones iniciales en las que se encontró el taller de la empresa **M.Y.S “Mantenimiento y Suministro de la Loma”**



Figura 26. Fotografía del estado en el que se encontró el taller de M. Y. S. (Autor)



Figura 27. Fotografía del estado en el que se encontró el taller de M. Y. S. (Autor)

4.1.2 Acondicionamiento de instalaciones del taller

En este proceso se involucró a todos los miembros del taller, buscando eliminar el desorden y crear conciencia para realizar las actividades laborales con orden, además lograr identificar molestias y obstáculos como lo son:

- Materia prima sobrante.
- Mal aspecto del área de trabajo.
- Tiempos muertos de trabajo localizando herramientas y materiales.
- Desmotivación del trabajador debido a su entorno de trabajo.

4.1.3 Limpieza y demarcación de área de trabajo

El primer paso para el acondicionamiento del taller fue realizar una limpieza a fondo del lugar de trabajo, eliminando lo que no sirve y ordenando todo lo importante para su fácil ubicación; también se realizaron jornadas de limpieza para equipos e instalaciones, dejando un precedente de cómo se debe mantener el área de trabajo y motivar a los trabajadores para conservar limpio su entorno laboral.



Figura 28. Realización de limpieza a instalaciones del taller. (Autor)

Con el entorno de trabajo limpio se procedió a la demarcación del área, esto se realizó bajo el marco de la legislación colombiana, resolución 1016 de 1989. Artículo 11, que establece normas para la demarcación y señalización de áreas de trabajo donde se realicen actividades y procesos que puedan generar alguna clase de riesgo a la integridad de los trabajadores que allí se desempeñen.



Figura 29. Demarcación de zona de trabajo. (Autor)

La demarcación de área se realizó con el fin de facilitar el tránsito de los trabajadores y mejorar sus operaciones, lo que traduce a una mayor rapidez en el proceso de construcción de las plataformas, además se obtiene una mayor seguridad para la población trabajadora y facilita enormemente las tareas de inspección.



Figura 30. Condiciones finales del taller. (Autor)

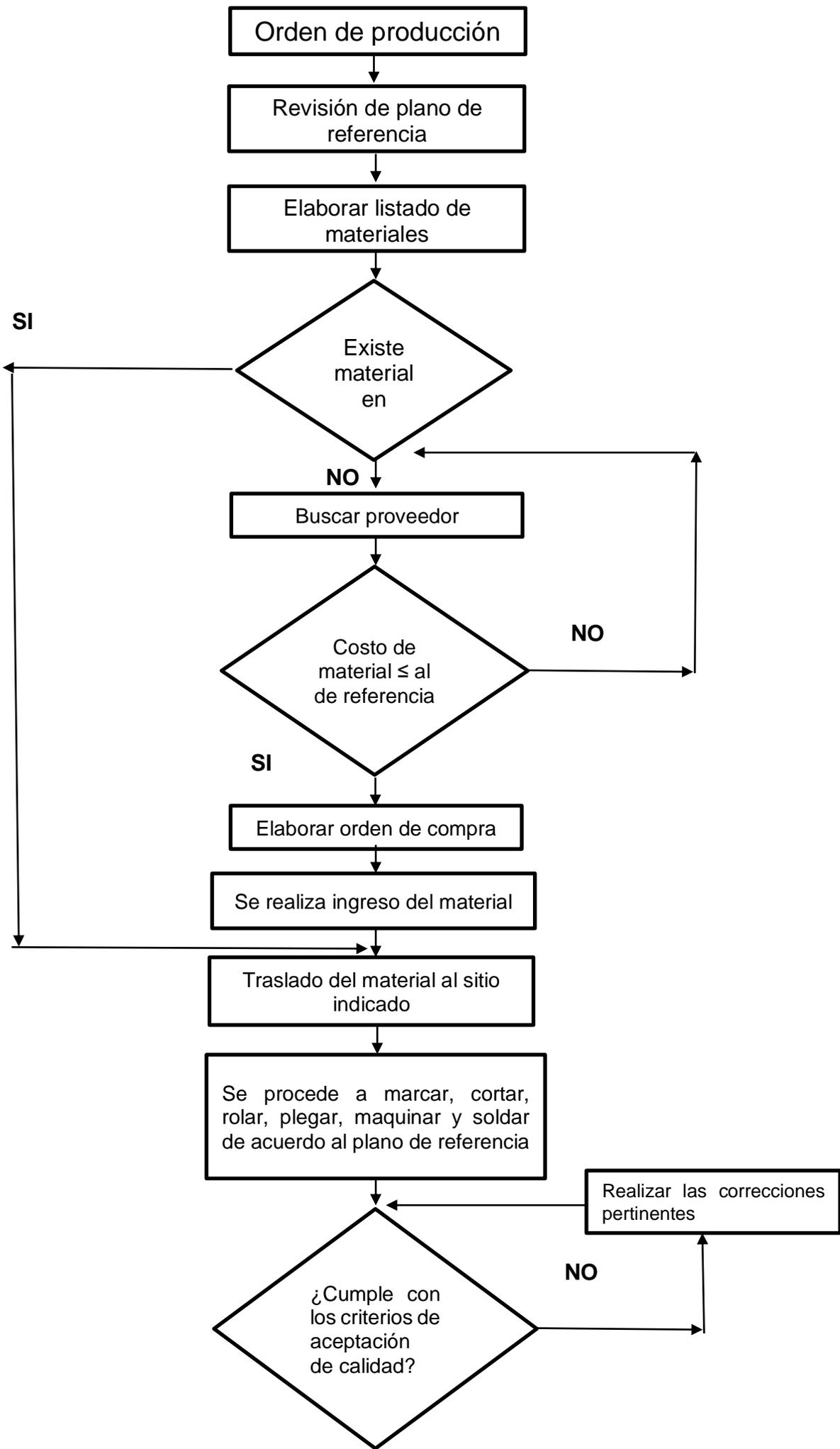
4.1.4 Proceso de construcción

Para la poner en marcha la construcción de las plataformas se ejecutaron una serie de procedimientos los cuales son:

1. Recepción del material.
2. Preparación del material, como es limpieza, cortes y rolado.
3. Armado de la estructura.
4. Soldadura.
5. Preparación de superficie.
6. Aplicación de pintura anticorrosiva.

El taller de metalmecánica de M.Y.S cuenta con todas las herramientas y equipos para ejecutar la obra, ademas posee equipos de protección personal para minimizar los riesgos de accidentes laborales.

Para detallar cada paso del proceso de fabricación de las plataformas se realizó un diagrama de flujo. Este indica que acción se debe tomar si surge algún inconveniente en alguna etapa del proceso, como por ejemplo agotamiento de material, defectos en la soldadura entre otros.



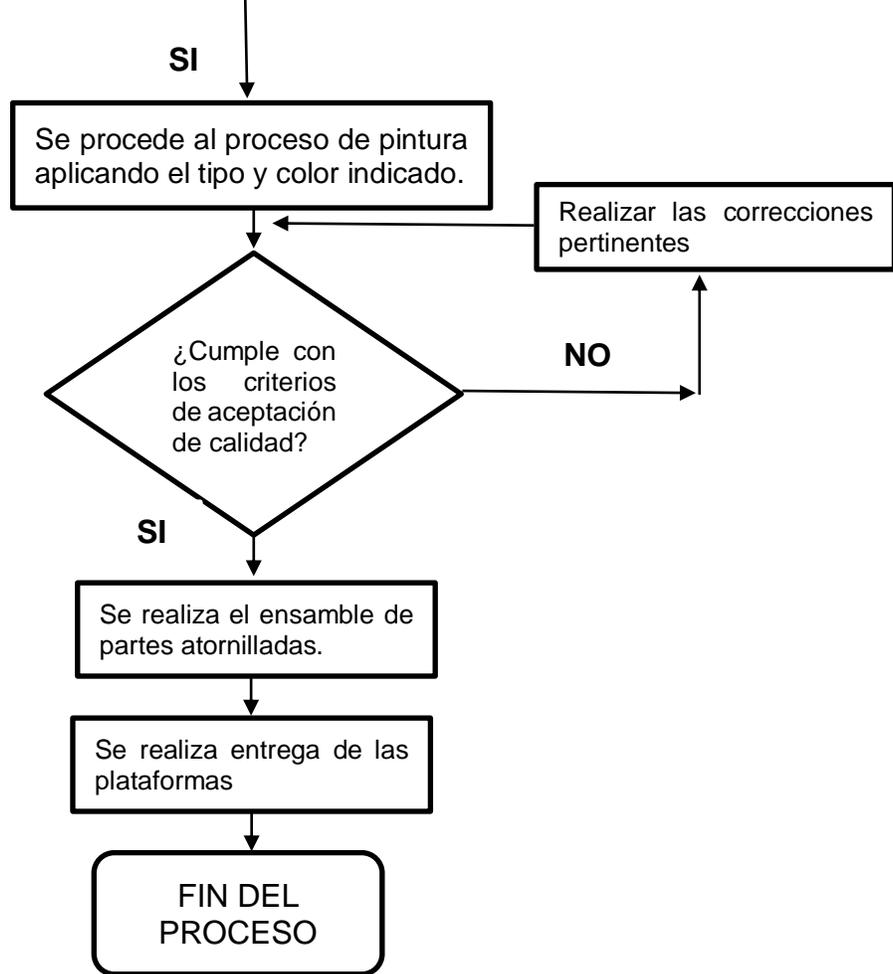


Diagrama 1. Proceso de construcción de las plataformas. (Autor)

El proceso de construcción empezó con la orden de producción, aquí se estudió la solicitud del cliente y se generaron ideas para satisfacer esta demanda. En segundo lugar se realizó el chequeo del plano de referencia y se procedió a elaborar la lista de materiales, en esta etapa se identificó que materiales existían en bodega y se estableció contactar a los proveedores para suministrar los materiales faltantes. Siguiendo con el plan de construcción se trasladó el material hasta el taller, que presenta todas las facilidades y recursos (Maquinas herramientas, espacio, personal).

El siguiente punto es la manufactura, aquí se procedió a marcar, cortar, plegar, rolar y soldar de acuerdo al plano de referencia y se avanzó con el armado de la plataforma.



Figura 31. Proceso de corte de material con técnica oxicrote. (Autor)

Luego se produce el soldeo de la plataforma mediante arco en atmósfera inerte con electrodo consumible método MIG, con alambre tubular o (FCAW).

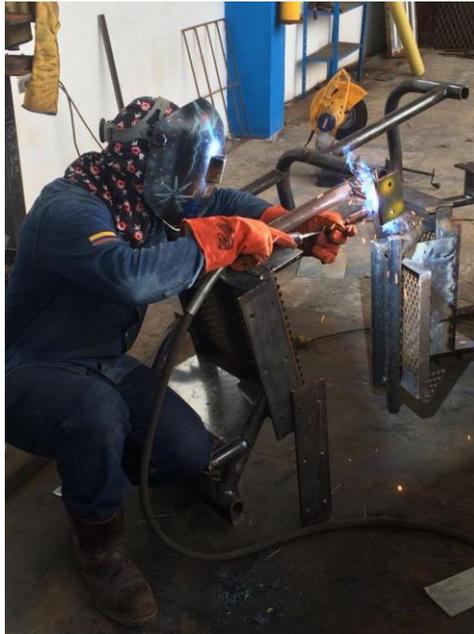


Figura 32. Proceso de soldeo con arco en atmosfera inerte método MIG. (Autor)

En esta etapa se realizaron controles de calidad, estos consisten en inspecciones visuales para identificar fallas en el proceso de soldadura.

Una vez terminado el proceso de manufactura se procedió a aplicar la pintura comprobando que la temperatura ambiente fuera la adecuada y verificando que las condiciones superficiales de las estructuras estuvieran en condiciones ideales para aplicar la pintura.

Aquí se realizó una última inspección para verificar que el proceso de pintura no presentara ningún defecto.

4.2 Inspección visual de soldadura

La inspección visual de soldadura es un método no destructivo que se utilizó antes, durante y después del soldeo de las plataformas, esta permitió verificar el producto terminado en aspectos tales como:

1. Precisión dimensional de la soldadura (incluyendo distorsión).
2. Conformidad a los requerimientos de los planos (determinación de que si todas las soldaduras requeridas han sido realizadas).
3. Aceptabilidad de las soldaduras en lo relativo a su apariencia (incluyendo características como la rugosidad y salpicaduras de la soldadura).
4. Presencia de cráteres no llenados, socavaciones, traslapos y grietas.
5. Evidencia de manipulación errónea desde el punzón central, u otras marcas de inspección, o pulido excesivo.

Estos criterios anteriormente mencionados afectan la apariencia de la soldadura y el desempeño en el servicio de las estructuras para determinar los más objetables que puedan ocasionar fallas tenemos la siguiente lista.

1. Fracturas.
2. Socavaciones.
3. Traslapos.
4. Irregularidad excesiva de la soldadura.

La inspección visual arrojó como resultado una serie de defectos en el proceso de soldadura que se mostraran a continuación mediante fotografías.

La figura 33, muestra la serie de defecto 100 identificada en la international institute of welding como fractura; este defecto se presentó en 7 de las 22 plataformas, todas estas fueron rechazadas luego de la inspección y se enviaron a reparar.



Figura 33. Fracturas en soldadura serie 100. (Autor)

Otro defecto encontrado fue la porosidad excesiva, este se clasifica en la serie 200 y se presentó en 12 de las 22 plataformas, este defecto se defecto de muestra en la figura 34, estas se aceptaron luego de la inspección ya que se realizaron acciones correctivas para mejorar su aspecto.



Figura 34. Porosidad en soldadura serie 200. (Autor)

El defecto clasificado en la serie 300 se denomina inclusiones de escoria y se observa en la figura 35, este defecto se presentó en 9 de las 22 plataformas, estas se aceptaron luego de la inspección ya que se realizaron acciones correctivas para mejorar su aspecto.



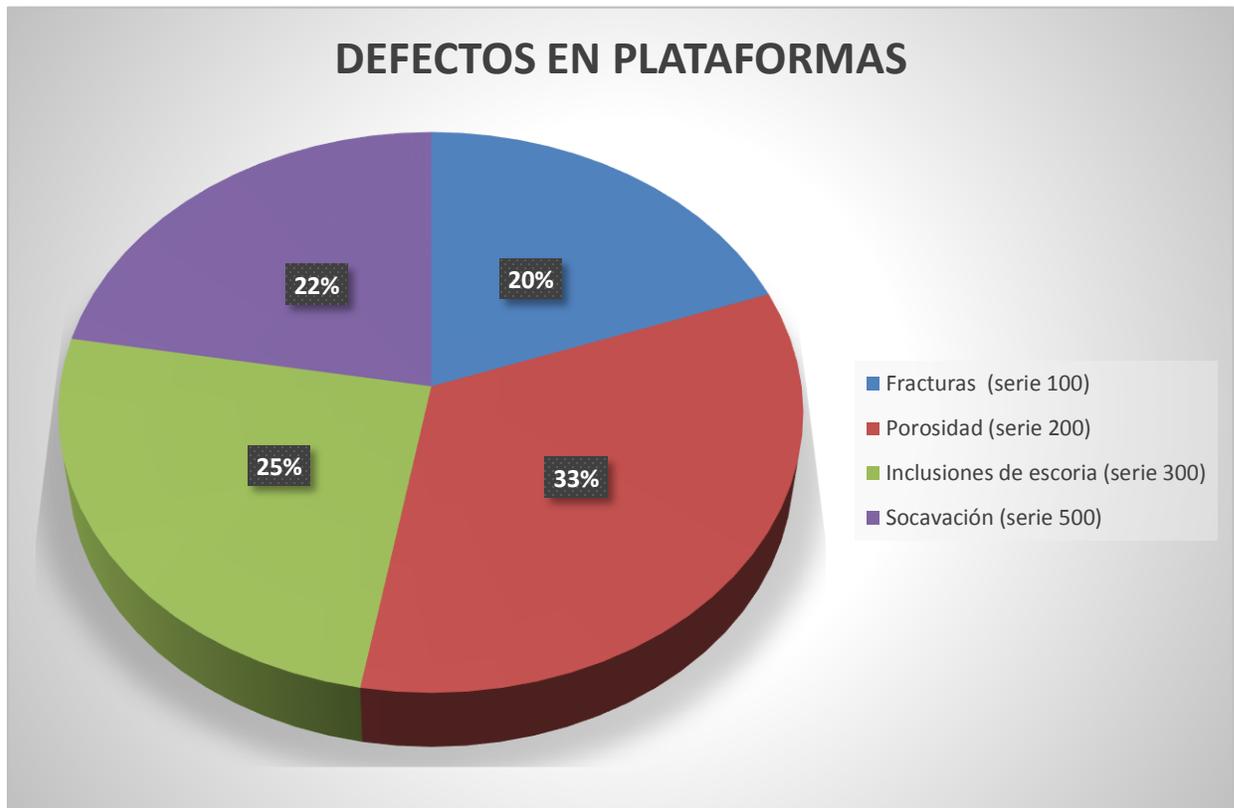
Figura 35. Inclusiones de escoria serie 300. (Autor)

Por último la inspección arrojó la Serie 500 que corresponde a socavaciones, este defecto en el proceso de soldadura se encontró en 8 de las 22 plataformas y se muestra en la figura 36, todas estas fueron rechazadas luego de la inspección y se enviaron a reparar.



Figura 36. Socavación en soldadura serie 500. (Autor)

La inspección visual para verificar y aprobar el proceso de soldadura de las 22 plataformas, arrojó como resultado los defectos mostrados en la siguiente gráfica.



Grafica 1. Porcentaje de defectos encontrados en la soldadura. (Autor)

4.3 Acciones correctivas para defectos en soldadura

A continuación mediante un la tabla se mostrará las causas de cada uno de los defectos encontrados y que solución se tomó para evitar que se presentaran de nuevo. También que acciones correctivas se tomaron para mejorar las soldaduras que se rechazaron por no cumplir con los parámetros de calidad

**Tabla 8. Causas y soluciones de los defectos en el proceso de soldadura.
(Autor)**

DEFECTOS EN SOLDADURA		
Defecto y serie	Causas	Solución
Fracturas serie 100	Este se debe a la realización de un enfriamiento rápido y una alta intensidad de corriente	El enfriamiento debe ser natural y regular correctamente el equipo
Porosidad serie 200	Alambre tubular (FCAW) contaminado	Cambiar alambre tubular (FCAW) y mejorar la técnica de soldeo
Inclusiones de escoria serie 300	Realizar La soldadura con una intensidad de corriente baja, falta de limpieza de la escoria en uniones compuestas por varios cordones superpuestos, inadecuada manipulación	Recordar las técnicas operativas, como, inclinaciones, movimientos al electrodo, etc. Picar y cepillar convenientemente la escoria de los cordones de soldadura
Socavación serie 500	Técnica inadecuada, velocidad excesiva en la soldadura esto causa que el material de aporte no llene las depresiones provocadas por la fusión del metal. Alta intensidad de corriente	Mejorar el avance manual y la velocidad, corregir amperaje del equipo

Las acciones correctivas que se tomaron para los defectos de series 100 y 500 que corresponden a fracturas y socavaciones respectivamente, fueron las siguientes:

- corte de las partes soldadas que presentaron el defecto utilizando una pulidora equipada con disco de corte.
- Pulido y limpieza de la parte cortada.
- Regular el amperaje del equipo de soldadura.
- Aplicar nuevamente soldadura mejorando el avance manual.

Luego de realizar las acciones correctivas se obtuvieron resultados satisfactorios que permitieron aprobar las plataformas antes defectuosas, a continuación se evidencian mediante fotografías.



Figura 37. Corrección de serie 100 en proceso de soldadura. (Autor)



Figura 38. Corrección de serie 500 en el proceso de soldadura. (Autor)

Las acciones correctivas que se tomaron para los defectos de series 200 y 300 que corresponden a porosidad e inclusiones de escoria respectivamente, fueron las siguientes:

- Pulir la soldadura de tal manera de eliminar la porosidad e inclusiones de escoria.
- Cambiar el rollo de alabare tubular (FCAW).

Los resultados de las acciones correctivas se muestran en la siguiente fotografía.



Figura 39. Corrección de serie 200 en el proceso de soldadura

4.3.1 Inspección visual de pintura anticorrosiva

El proceso de pintura de las plataformas fue inspeccionado minuciosamente, con el objetivo de identificar defectologías en la superficie de la película de la pintura.

Como consecuencia de una excelente limpieza de la superficie a tratar y la aplicación de pintura en las temperaturas adecuadas, tanto la del ambiente como la del material, no se presentó defectos en las plataformas, todas aprobaron la inspección



Figura 40. Proceso de pintura de las plataformas. (Autor)

4.4 Transporte y entrega de las plataformas

Al finalizar el proceso de construcción en el taller, se realizó el transporte y entrega de las plataformas, aquí se adoptaron medidas necesarias para no generar daños en las estructuras. Estas actividades se realizaron con el equipo adecuado para ofrecer la mayor seguridad posible.



Figura 41. Protección mediante envoltura plastica de las plataformas. (Autor)

Con las plataformas envueltas para protegerlas de rayones y golpes, se procedió a transportarlas a su lugar de destino, como medio de transporte se utilizó un camión donde las 22 plataformas se aseguraron mediante amarres de cuerda para evitar movimientos bruscos que pueden causar daños.



Figura 42. Transporte de plataformas. (Autor)

5. CONCLUSIONES

- I. Gracias a la implementación de este proyecto y a las mejoras realizadas en el taller como la delimitación del área, se pudo organizar un grupo de trabajo que mejoro la producción de una plataforma cada dos días, a una diaria es decir; el tiempo de fabricación se redujo a la mitad, esto deriva a que los operarios estén más motivados y ayuda a obtener un mejor entorno de trabajo.
- II. Se determinó analíticamente que el perfil angular de 1.5"x1.5" utilizado para el marco de la huella y soporte de la estructura, luego de ser sometido a una carga de 180 kg tiene un esfuerzo de flexión de $\sigma = 131,25$ MPa, por lo tanto el material de construcción seleccionado para las plataformas de tractor CAT modelo D9T, fue el Acero ASTM A-36, además debido a que su esfuerzo de fluencia es de 250 MPa, a su fácil adquisición y bajo costo.
- III. Con la ayuda del software SolidWorks 2016, sé cálculo la capacidad de carga la estructura la cual cumple con los 180 kg exigidos por la norma. La baranda de protección cumple con el requerimiento mínimo de carga 200 lb (90.8kg). Con este análisis se determinó que la plataforma diseñada para PRODECO, cumple con las normas de seguridad establecidas en la resolución 1409 de 2012 del ministerio de trabajo colombiano.
- IV. Los defectos encontrados en el proceso de soldadura, surgieron en su mayoría por las incorrectas técnicas de soldadura efectuadas por los trabajadores, también influyo las condiciones del taller, debido a que este se encuentra expuesto al medio ambiente y el gas de protección de la soldadura MIG es diluido por el viento.

6. RECOMENDACIONES

- I. Se observó que el royo de alambre tubular (FCAW) se encontraba en condiciones ambientales que potenciaban su degradación y por lo tanto originaban contaminación en la soldadura, por lo tanto se debe almacenar en un lugar libre de humedad y no se debe colocar sobre piso. También al momento de usarse debe cerciorarse de su buen estado, un royo en estado de contaminación no debe utilizarse
- II. Debe suministrarse las fichas técnicas de los materiales de fabricación por parte de los proveedores, esto para la veracidad de los cálculos y la certificación de las plataformas.
- III. Si va a rediseñar la plataforma es necesario calcular la capacidad de carga nuevamente, también realizar un estudio para elegir los materiales de fabricación y la disponibilidad de estos en el mercado.
- IV. Se recomienda la capacitación y certificación de los soldadores y de sus auxiliares para obtener mejores resultados en el proceso de soldadura, disminuir los rechazos y que el buen nombre de la compañía se mantenga.
- V. Es de vital importancia que la empresa adquiera los servicios de un inspector de soldadura con la autoridad de aprobar, rechazar o mandar a reparar las soldaduras y que vele por la mejor calidad de los procesos, del producto y de la seguridad de los trabajadores.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ACEROSCOL. (11 de Septiembre de 2016). *http://www.aceroscol.com*. Obtenido de <http://www.aceroscol.com/?p=b30401>
- Autor. (s.f.). *Analisis, simulacion y construccion de sistemas de acceso para la cabina de control de tractores mineros*. Pamplona - Nrt Santander: Universidad de Pamplona.
- CIN-CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, SA. (2011). *NORMA EN ISO 8501 Protección anticorrosiva de estructuras de acero mediante pintura*. Maia,Portugal : CIN.
- COMTECOL. (2012). *Procedimiento de inspeccion visual de soldaduras* . Bogota D.C.
- INDURA. (2013). *Manual de soldadura y catalogo de electrodos*. Bogota D.C: INDURA.
- LECHLER. (27 de 10 de 2016). *Lechler since 1858* . Obtenido de <http://www.lechler.eu/es/Home/Refinish/Manual-de-Defectos-de-Pinturas>
- LINCOLN ELECTRIC. (s.f.). *Soldeo manual con electrodo revestido*. En D. d. Lincoln.
- Mapfre. (2013). *defectos habituales en pintura*. Bogota D,C: CESVIMAP.
- Ministerio de Trabajo. (23 de julio de 2012). *Normograma [RESOLUCION_MTRA_1409_2012]*. Obtenido de https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/resolucion_mtra_1409_2012.htm#TÍTULO I
- OERLIKON. (2012). *Manual de soldadura y catalogo de productos* . Lima : EXSA.
- Pickering, S. (2015). *Trabajo seguro, estandar de seguridad de escaleras y plataformas*. la jagua: Prodeco.
- Ruiz, A. (2016). *Discontinuidades del metal base y de la soldadura* . Bogota D.C.
- Salas Jimenez, R. (2009). NORMA VENEZOLANA COVENIN 2245-90. En *ESCALERAS, RAMPAS Y PLATAFORFAS* (págs. 5-6). Caracas: COVENIN.
- SOLIDWORKS. (2016). Obtenido de [solidworks.com: http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Fundamentals/Meshing.htm](http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Fundamentals/Meshing.htm)
- SOLTER. (2016). *solter.com*. Obtenido de <http://www.solter.com/es/procesos-soldadura/mma-soldadura-por-arco-con-electrodos-revestidos>
- The Lincoln Electric Company. (1995). *Soldadura semiautomática con gas de protección (MIG-MAG)*. Mexico D.F.

