

Práctica empresarial en la empresa CE INGENIEROS SAS como practicante de ingeniería en el
proceso de diseño y fabricación de estructuras metálicas en taller

Ricson Esneyder Bastidas Pérez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Silvia Juliana Tijo López

Ingeniera Civil Ph.D. in Building Construction

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Este logro está dirigido principalmente a Dios, quien es mi guía espiritual y mi compañero en cada uno de mis días. Él me brinda la claridad, serenidad y sabiduría necesarias para enfrentar cada obstáculo que se presenta en el camino y así cumplir mis metas.

A mis padres, los cuales son mi pilar fundamental, quienes han sido mi apoyo incondicional en cada objetivo que he alcanzado, brindándome la confianza necesaria que me llena de valor para seguir adelante. A través de sus consejos y su amor, me han enseñado a superarme día a día y a ser una mejor persona. Saber que no estoy solo, y que siempre cuento con su apoyo, me llena de orgullo y me da la fortaleza para continuar.

Este logro también está dedicado a todas las personas que me acompañaron durante este proceso, como mis familiares, amigos, compañeros y profesores, quienes de una u otra manera me brindaron su apoyo. Cada uno de sus consejos fue fundamental para alcanzar mis objetivos.

Agradecimientos

.

En prime lugar agradecido con Dios por haberme dado la fortaleza necesaria para cumplir esta etapa de mi vida, gracias por sus bendiciones.

A mis padres, Sandra Milena Pérez y Edgar Bastidas, los cuales me han brindado su apoyo incondicional, gracias a ellos pude sacar a delante esta carrera.

Al Ingeniero Carlos Eraso, quien me brindo la oportunidad y confianza se hacerme parte de su empresa CE INGENIEROS SAS, en donde tuve adquirí los conocimientos necesarios para poder desempeñarme como un gran profesional.

A mi directora de trabajo de grado, la profesora Silvia Juliana Tijo, por su compromiso y acompañamiento en este proceso para poder lograr mi objetivo de culminar mi carrera.

A la Universidad Industrial de Santander, que fue mi segundo hogar, me siento orgullo de formar parte de esta familia porque para mi es la mejor institución de formación en educación superior.

Tabla de Contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVOS	12
1.1 Objetivo General.....	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2. MARCO DE REFERENCIA.....	13
2.1 CE INGENIEROS SAS	13
2.2 Marco conceptual.....	13
2.2.1 Estructura Metálica	13
2.2.2 Acero Estructural	13
2.2.3 Norma AWS D1.1 y Procesos de Soldadura	14
2.2.4 Control de Calidad soldaduras	14
2.2.5 Diseño de Juntas Soldadas	14
2.2.6 Norma NSR-10	14
2.3 Marco legal	15
3. METODOLOGÍA.....	16
3.1 Inducción por parte del personal administrativo de la empresa CE INGENIEROS SAS	16
3.2 Identificación de parámetros técnicos de fabricación de estructuras metálicas.....	17
3.3 Identificación de materiales y tipos de uniones.	17
3.4 Fabricación de estructuras metálicas en taller	17
3.5 Montaje de estructuras metálicas en obra	17
3.6 Control de calidad de las estructuras	18

3.7 Protección de los obreros a los diferentes riesgos	19
4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	19
4.1 Componente estructural de los proyectos	20
4.2 Proceso de fabricación de la estructura metálica	22
4.3 Fabricación en taller de la estructura metálica.....	22
4.3 Inspección y control de la estructura metálica	25
4.4 Problemas y soluciones en la fabricación de estructuras metálicas	30
4.5 Seguridad de los operarios y correcto uso de las herramientas	33
4.6 Alcance, calculo de costos y estimación de tiempos en la fabricación y montaje de estructuras metálicas	34
4.7 Aportes como practicante en la fabricación de estructuras metálicas en taller.....	38
5 CONCLUSIONES.....	39
6 RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. corte transversal puente metálico	21
Figura 2. Corte transversal rampa izquierda y derecha.....	22
Figura 3. Tramificación tramo de cruce.....	23
Figura 4. Simbología soldadura.	24
Figura 5. Diseño e ilustración en taller de la conexión 14.....	24
Figura 6. Conexión 14 fabricada.....	25
Figura 7. Inspección visual elementos	28
Figura 8. Informe ensayo U.T.....	30
Figura 9. Solución problemas de fabricación	33
Figura 10. Instalación puente peatonal metálico.....	37

Lista de Apéndices

Los apéndices están disponibles en el Repositorio Institucional

Apéndice A. Planos de taller puente peatonal km 42+100 vía Rumichaca-Pasto.

Apéndice B. Registro fotográfico actividades desarrolladas.

Apéndice C. Formato de trabajo seguro, trabajo en caliente y en alturas.

Apéndice D. Control de la estructura.

Resumen

Título: Práctica empresarial en la empresa CE INGENIEROS SAS como practicante de ingeniería en el proceso de diseño y fabricación de estructuras metálicas en taller. *

Autor: Ricson Esneyder Bastidas Pérez **

Palabras Clave: Inspección, Normativas, Estructura, Acero, Conexión, Diseño

Descripción: Las estructuras metálicas actualmente juegan un papel muy importante en los procesos constructivos, ya que brindan ventajas en cuanto a tiempo, costos y calidad de las construcciones. Sin embargo, es fundamental conocer el proceso de fabricación de las mismas, así como los lineamientos establecidos por las normas técnicas vigentes aplicables al sector metalmecánico, con el fin de garantizar estructuras de alta calidad y un adecuado desempeño. El proceso de ejecución de una estructura metálica consta de varias etapas, entre las que se destacan la interpretación de planos, la selección y trazabilidad de materiales, el corte, el armado, la soldadura, la inspección y el control de calidad. En este sentido, es importante señalar que dichos procesos deben desarrollarse bajo estándares establecidos por normas como AWS (American Welding Society) e ISO (International Organization for Standardization), así como por las reglamentaciones nacionales de construcción y seguridad industrial, cuando aplique.

Mediante el presente informe se describen diversas actividades realizadas durante el periodo de práctica, en el cual se adquirieron los conocimientos necesarios para desempeñar labores tanto en taller como en obra, tales como el cálculo de cantidades, la elaboración de planos de taller, el control de fabricación y la inspección de uniones soldadas. Asimismo, en el entorno de taller se busca garantizar la eficiencia productiva, la calidad de las conexiones, la seguridad del personal y el uso adecuado de equipos y herramientas.

Con lo anterior, se dio cumplimiento a los objetivos planteados en relación con la fabricación en taller de estructuras metálicas, obteniendo las competencias necesarias para desempeñarse de manera eficiente dentro de la industria asociada a este tipo de procesos.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Silvia Juliana Tijó López, Ingeniera Civil Ph. D.

Abstract

Title: Business Internship at CE INGENIEROS S.A.S. as an Engineering Intern in the Design and Fabrication Process of Metal Structures in the Workshop.*

Author: Ricson Esneyder Bastidas Pérez**

Key Words: Inspection, Standards, Structure, Steel, Connection, Design

Description: Metal structures currently play a crucial role in construction processes, providing advantages in terms of time, cost, and overall quality. However, it is essential to understand their manufacturing processes and the technical standards that regulate them in order to ensure high-quality and reliable structural performance. The execution process of steel structures involves several stages, including drawing interpretation, material selection and traceability, cutting, assembly, welding, inspection, and quality control. These processes must be carried out in accordance with recognized standards such as AWS (American Welding Society) and ISO (International Organization for Standardization), as well as national construction and industrial safety regulations when applicable.

This report describes the activities performed during the internship period, where essential knowledge and skills were acquired to work both in workshop and on-site environments. These activities include quantity takeoff, shop drawing preparation, fabrication control, and inspection of welded joints. Additionally, the project emphasizes ensuring production efficiency, connection quality, worker safety, and proper use of tools and equipment within the workshop environment.

As a result, the objectives related to the workshop fabrication of steel structures were successfully achieved, allowing the development of key competencies required to perform effectively in the metalworking industry.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering. Director: Silvia Juliana Tijo López. Civil Engineer Ph.D.

Introducción

La fabricación de estructuras metálicas constituye un pilar fundamental en el desarrollo de la ingeniería moderna, especialmente en sectores como la construcción. Gracias a sus propiedades mecánicas, como la alta resistencia, durabilidad y versatilidad, los materiales metálicos (principalmente el acero), han permitido la ejecución de proyectos cada vez más complejos y eficientes (Gere & Timoshenko, 1997).

En las últimas décadas, los avances tecnológicos en los procesos de diseño, corte, conformado y soldadura han optimizado significativamente la producción de estructuras metálicas, incrementando la precisión, reduciendo costos y mejorando los estándares de calidad. La incorporación de herramientas digitales como el modelado CAD y el análisis estructural asistido por computadora ha transformado la manera en que se conciben y fabrican estas estructuras (Kalpakjian & Schmid, 2014).

No obstante, la fabricación de estructuras metálicas no está exenta de desafíos. Factores como la selección adecuada de materiales, el control de calidad en las uniones soldadas, y el cumplimiento de normativas técnicas y de seguridad representan aspectos críticos que influyen directamente en el desempeño y la vida útil de las estructuras (American Institute of Steel Construction [AISC], 2020).

Con el crecimiento significativo del uso de estructuras metálicas en las construcciones modernas, y como propósito de esta práctica empresarial en la fabricación en taller, se buscó enfatizar e involucrarse de manera efectiva en cada uno de los procesos constructivos, con el fin de comprender las distintas etapas que conforman el proceso de fabricación. Para ello, se incorporaron tecnologías y herramientas que apoyan los procedimientos, permitiendo evaluar

criterios de calidad orientados a garantizar la seguridad y el adecuado desempeño de las estructuras.

Asimismo, se procuró identificar oportunidades de mejora que contribuyeran a incrementar los rendimientos en la fabricación, así como detectar posibles fallas y establecer las formas correctas de solucionarlas. Todo lo anterior con el objetivo de obtener estructuras seguras y acordes con las exigencias actuales de la industria.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Orientar los diferentes procesos de diseño y fabricación de estructuras metálicas en taller siguiendo los lineamientos que la empresa ya tiene definidos a través del cumplimiento de las normas de diseño para estructuras metálicas.

1.2 Objetivos Específicos

Verificar que las estructuras metálicas realizadas en taller cumplan con los requisitos mínimos de diseño establecidos por las diferentes normas.

Proponer soluciones viables a los diferentes problemas que se pueden encontrar en la fabricación y/o ensamble de estructuras metálicas.

Realizar un estricto seguimiento al uso de herramientas y equipos en los diferentes procesos de fabricación en taller por parte del personal a cargo.

Estimar alcances, costos y tiempos de obra, referente a la fabricación de estructuras metálicas.

2. Marco de Referencia

2.1 CE INGENIEROS SAS

CE INGENIEROS SAS es una empresa Nariñense que se relaciona en la fabricación e instalación de estructuras metálicas en acero, se fundó en 2017, entre los diferentes servicios que nos ofrece podemos encontrar: diseño de proyectos, consultoría y ejecución de obras civiles, estudios de viabilidad urbana y técnica, decoración y diseño de viviendas y locales comerciales y diseño y construcción de obras metálicas y concreto.

2.2 Marco conceptual

La fabricación de estructuras metálicas se fundamenta en la aplicación de principios técnicos, materiales adecuados y el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales que garantizan la seguridad, calidad y desempeño estructural. En este contexto, normas como la AWS D1.1, la NSR-10 y los lineamientos del AISC constituyen referentes esenciales para el diseño, fabricación e inspección de estructuras de acero.

2.2.1 Estructura Metálica

Las estructuras metálicas son sistemas resistentes conformados por elementos de acero diseñados para soportar y transmitir cargas de manera segura. Estas estructuras se emplean ampliamente en edificaciones e infraestructura debido a su alta resistencia, versatilidad y eficiencia constructiva. Su diseño y fabricación deben cumplir con criterios establecidos en normativas como la NSR-10 y las especificaciones del AISC (American Institute of Steel Construction [AISC], 2020; Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

2.2.2 Acero Estructural

El acero estructural es el material predominante en este tipo de construcciones, debido a sus propiedades mecánicas como resistencia, ductilidad y tenacidad. Estas características

permiten que las estructuras tengan un comportamiento adecuado ante cargas estáticas y dinámicas, especialmente en zonas sísmicas, donde la NSR-10 establece requisitos específicos de diseño (AIS, 2010).

2.2.3 Norma AWS D1.1 y Procesos de Soldadura

La norma AWS D1.1 (*Structural Welding Code – Steel*) regula los procesos de soldadura en estructuras de acero, estableciendo lineamientos para el diseño, ejecución e inspección de las uniones. La calidad de las soldaduras es un factor crítico en la seguridad estructural, por lo que esta norma define criterios técnicos que deben cumplirse estrictamente (American Welding Society [AWS], 2020).

2.2.4 Control de Calidad soldaduras

El control de calidad incluye inspecciones y ensayos no destructivos que permiten identificar discontinuidades en las soldaduras. La AWS D1.1 establece los criterios de aceptación y rechazo, garantizando la integridad estructural (AWS, 2020).

2.2.5 Diseño de Juntas Soldadas

Se deben diseñar especificando configuraciones, tamaños de cordones y requisitos geométricos que garantizan una adecuada transferencia de esfuerzos. Estos lineamientos son esenciales para lograr estructuras seguras, eficientes y duraderas (AWS, 2020).

2.2.6 Norma NSR-10

La NSR-10 establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones en Colombia, especialmente frente a cargas sísmicas. Este reglamento exige la aplicación de normas internacionales como AWS y AISC en los procesos constructivos (AIS, 2010).

2.3 Marco legal

Dentro de la fabricación de estructuras metálicas en Colombia, existe un conjunto de normas, reglamentos y estándares que son de estricto cumplimiento, cuyo objetivo es garantizar la seguridad, calidad y confiabilidad de las construcciones. Estas disposiciones abarcan aspectos relacionados con el diseño estructural, los procesos de soldadura, la calidad de los materiales y la seguridad industrial.

En primer lugar, la **Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10**, adoptada mediante el Decreto 926 de 2010 y sus actualizaciones, establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones, incluyendo lo relacionado con estructuras metálicas en su **Título F**. Esta norma define criterios de diseño, fabricación, montaje e inspección, con el fin de asegurar el adecuado comportamiento estructural ante cargas y eventos sísmicos (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

Asimismo, las **Normas Técnicas Colombianas (NTC)** emitidas por el ICONTEC establecen especificaciones para materiales, procedimientos y ensayos aplicables a estructuras metálicas. Estas normas complementan los requisitos de calidad en aspectos como propiedades mecánicas del acero, métodos de ensayo y control de calidad de los productos utilizados en la fabricación.

En materia de seguridad y salud en el trabajo, la fabricación y montaje de estructuras metálicas se rige por el **Decreto 1072 de 2015**, el cual establece el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Este decreto obliga a identificar peligros, evaluar riesgos e implementar medidas de control, incluyendo la gestión de permisos de trabajo (trabajo en alturas, espacios confinados y trabajo en caliente), el uso de elementos de protección personal y la capacitación del personal (Ministerio del Trabajo, 2015).

Adicionalmente, la **Resolución 1409 de 2012** regula el trabajo en alturas en Colombia, estableciendo los requisitos de formación, certificación y medidas de protección necesarias para la ejecución segura de estas actividades, comunes en el montaje de estructuras metálicas (Ministerio del Trabajo, 2012).

3. Metodología

La metodología implementada en el desarrollo de esta práctica empresarial se basó en el acompañamiento de los procesos de fabricación e instalación de estructuras metálicas, siguiendo los parámetros relacionados con el cumplimiento de normas y lineamientos previamente establecidos por la empresa CE Ingenieros S.A.S.

Con el fin de lograr un desarrollo eficiente de la práctica, se llevó a cabo actividades orientadas a la adaptación al entorno laboral y, en consecuencia, al cumplimiento de los objetivos planteados. En este contexto, desempeñé el cargo de auxiliar en la fabricación de estructuras en taller, así como en el acompañamiento del personal durante el montaje de las mismas.

De acuerdo con lo anterior, se realizó una serie de actividades, las cuales se mencionan a continuación:

3.1 Inducción por parte del personal administrativo de la empresa CE INGENIEROS SAS

La inducción, realizada por el personal administrativo, incluyó una evaluación de conocimientos sobre estructuras metálicas y normativas aplicables, así como el reconocimiento del equipo de producción. Además, se destacó la importancia de cumplir con los parámetros de seguridad, verificando que el personal cuente con las competencias y certificaciones vigentes para actividades como trabajo en caliente, en alturas y en espacios confinados

3.2 Identificación de parámetros técnicos de fabricación de estructuras metálicas.

Acompañado por el jefe de producción se identificaron los requisitos que deben cumplir las conexiones de las estructuras metálicas teniendo en cuenta el Título F de la NSR-10 (Estructuras en acero) y la norma AWS D1.1, donde se encuentra información detallada sobre los criterios de diseño, los tipos de conexiones, la preparación del material y demás parámetros relevantes.

3.3 Identificación de materiales y tipos de uniones.

Es fundamental seleccionar el tipo de acero según sus propiedades y resistencia, asegurando que cumpla con normas como AWS D1.1, NTC e NSR-10, y que cuente con certificados de calidad del proveedor. En los planos de diseño de las estructuras metálicas, se especifica el tipo de acero a utilizar, así como el tipo de conexión correspondiente para cada una de las juntas presentes en la estructura metálica.

3.4 Fabricación de estructuras metálicas en taller

Se desempeñaron funciones como auxiliar de fabricación, enfocadas en la elaboración de planos de taller y el seguimiento de los procesos de construcción y ensamble de estructuras metálicas. Se realizaron inspecciones para asegurar el cumplimiento de planos y normas, verificando la calidad de las soldaduras mediante ensayos no destructivos. Además, se llevó control de producción y registro del avance del proyecto, incluyendo documentación fotográfica para el seguimiento e identificación de inconformidades.

3.5 Montaje de estructuras metálicas en obra

Se realizó el seguimiento del montaje de estructuras metálicas, asegurando la correcta secuencia y ubicación de los elementos según el diseño. El izaje de cargas se efectuó con equipos adecuados y bajo condiciones seguras, garantizando el uso de protección personal (*Ver apéndice*

B). Además, se llevó un registro fotográfico para el control de actividades y detección de inconsistencias, las cuales fueron corregidas conforme a las normas de calidad. Finalmente, se realizaron ensayos a las conexiones soldadas y pernadas para verificar su integridad y cumplimiento de los requisitos estructurales.

3.6 Control de calidad de las estructuras

Guiados principalmente por la NSR-10 y la norma AWS, se realizó un seguimiento final de la estructura tanto en taller como en obra, en el cual se revisaron cada uno de los detalles finales con el fin de garantizar una estructura metálica de calidad, asegurando condiciones de seguridad y evitando posibles problemas legales en caso de fallas estructurales.

De acuerdo con lo anterior, es indispensable tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Personal certificado:** El personal encargado de los procesos de soldadura debe contar con certificaciones que respalden sus competencias. Además, los procedimientos de soldadura deben estar debidamente calificados y cumplir con los requisitos establecidos en la AWS D 1.1
- **Preparación del material:** Para la fabricación de estructuras metálicas se emplean diversos procesos, principalmente de trabajo en caliente; por consiguiente, es necesario supervisar que cada actividad se realice de acuerdo con los planos de taller del elemento a fabricar, evitando inconsistencias durante el ensamblaje de las piezas que conforman la estructura. En este punto, es fundamental conocer las tolerancias del material a utilizar.
- **Ensayos de calidad:** Se deben realizar inspecciones visuales, dimensionales y ensayos no destructivos (NDT) con el fin de garantizar la calidad de la estructura.

- **Protección contra la corrosión:** La mayoría de los aceros requieren sistemas de protección contra la corrosión para garantizar la durabilidad de las estructuras, cumpliendo con normas y especificaciones, (*ver apéndice D*). No obstante, algunos aceros, por su composición química, presentan resistencia natural a la corrosión y no necesitan dichos tratamientos.

3.7 Protección de los obreros a los diferentes riesgos

En conjunto con el área de SST, se verifica que el personal cuente con los EPP en buen estado, certificaciones vigentes y equipos en condiciones óptimas, garantizando la seguridad en el trabajo. El rendimiento de la producción está directamente relacionado con el desempeño de los equipos; por lo tanto, en caso de presentarse fallas en su funcionamiento, estas deben ser reportadas oportunamente. Asimismo, se debe llevar un registro fotográfico de dichas fallas y gestionar su pronta solución, con el fin de evitar retrasos en los procesos de fabricación y/o montaje de las estructuras en obra. (*Ver apéndice c*)

4. Desarrollo de la práctica

En el taller se llevó a cabo la fabricación de diversas estructuras metálicas, entre las que se destaca un puente peatonal, el cual se encuentra ubicado en el km 42+100 de la doble calzada de la concesión 4G Rumichaca–Pasto. Esta estructura está compuesta por una rampa helicoidal en el costado derecho y una losa de concreto apoyada directamente sobre el suelo en el costado izquierdo, ubicadas a cada lado de la vía. El tramo de cruce, que conecta ambas rampas, tiene una longitud de 41,20 m.

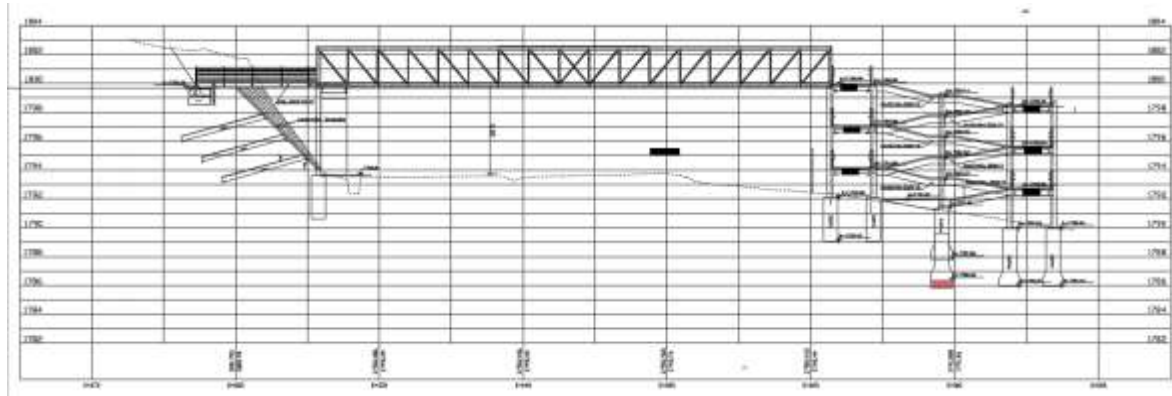
La rampa de acceso del lado izquierdo (rampa 1) tiene una longitud de 94 m, mientras que la rampa del lado derecho (rampa 2) presenta una longitud de 100 m.

El puente peatonal está conformado, en su estructura principal, por columnas y diversos tipos de vigas, tales como vigas ménsula, dinteles, gualderas y vigas transversales. El tramo de cruce cuenta con una estructura compuesta por cordones superiores e inferiores, vigas transversales, arriostramientos y otros elementos estructurales. Es importante destacar que todo el material utilizado es de grado estructural y cumple con los espesores y dimensiones especificados en los planos de diseño y estructurales.

4.1 Componente estructural de los proyectos

Guiados por los planos estructurales, los modelos BIM y la memoria de cálculo del proyecto mencionado, elaborados por el ingeniero estructural, se obtuvo información detallada sobre la superestructura a fabricar, incluyendo los materiales y tipos de conexiones. Esta información permitió la elaboración de los planos de taller de cada elemento y, consecuentemente, la correcta fabricación de las estructuras.

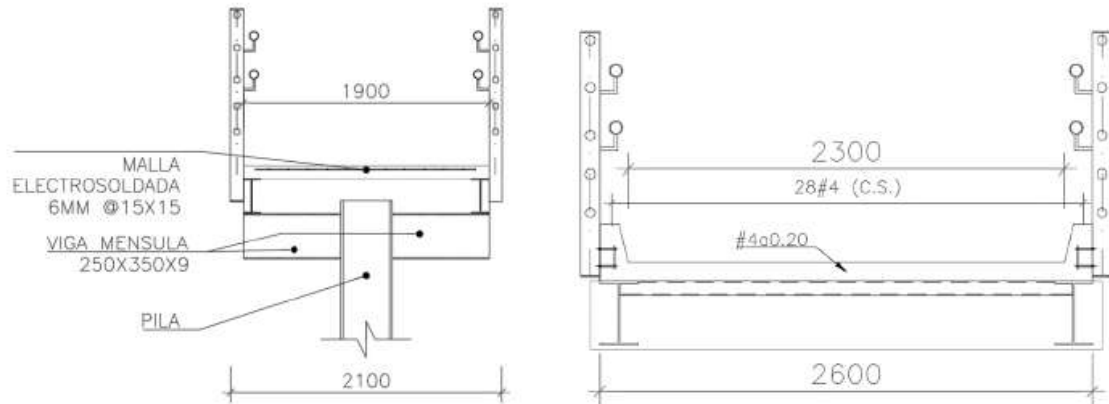
La rampa de acceso derecha presenta una pendiente del 9 % y está organizada en descansillos horizontales situados sobre pilares. Cada tramo de la rampa cuenta con cuatro vanos, cuya longitud corresponde a la distancia entre apoyos de los pilares. En la Figura 1 se muestra un corte transversal del puente metálico.

Figura 1. Corte transversal puente metálico

NOTA: Suministrado por la constructora

La sección transversal del tramo de cruce que tiene una longitud de 41.20 metros, está compuesta por dos celosías tubulares, separadas 2,70 metros en planta y con un canto de 2,70 metros (distancias entre los ejes de los tubos horizontales y verticales). Estas celosías se arriostran tanto en la parte superior como en la inferior mediante tubos dispuestos en cruz de San Andrés.

La rampa de acceso del costado izquierdo está conformada por vigas IPE 270 (vigas gualderas), sobre las cuales se apoya una viga transversal en tubo de 100×100×4 mm cada tercio de su longitud. Por su parte, la rampa de acceso del costado derecho se compone de dos vigas longitudinales W (vigas gualderas), sobre las cuales se apoya una viga transversal en tubo de 100×100×4 mm cada 2 metros. En la Figura 2 se presenta la sección transversal de las rampas izquierda y derecha respectivamente.

Figura 2. Corte transversal rampa izquierda y derecha

NOTA: Suministrado por la constructora.

4.2 Proceso de fabricación de la estructura metálica

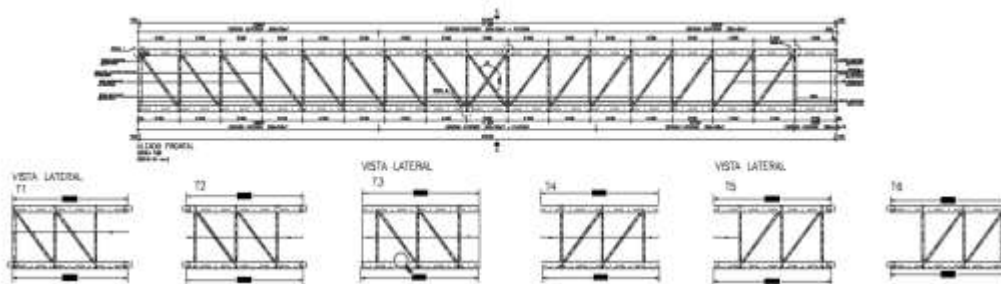
Para el diseño de estructuras metálicas en taller, es necesario identificar los elementos de la estructura principal y establecer un orden jerárquico de fabricación. Tanto la fabricación como el montaje se realizan bajo la norma AWS D1.1, incluyendo su inspección y control. Asimismo, los soldadores deben estar calificados según esta norma para garantizar la correcta preparación del material y la adecuada ejecución de las soldaduras según el tipo de conexión diseñado.

4.3 Fabricación en taller de la estructura metálica

En la fabricación de las estructuras metálicas en taller, se debe realizar un despiece y tramificación de la estructura, los cuales dependerán de múltiples factores, como el manejo de la estructura dentro del taller según el espacio disponible y las herramientas de manipulación, el transporte de la estructura para garantizar la movilidad segura y la facilidad para su posterior montaje en obra.

Es importante mencionar que los despieces deben ser supervisados y aprobados por los responsables del control de ejecución antes del inicio de la obra. En la Figura 3, se muestra la tramificación del tramo de cruce

Figura 3. Tramificación tramo de cruce.

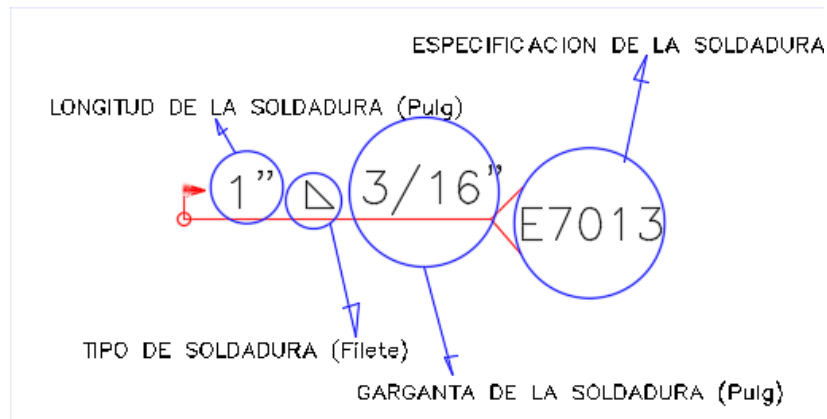


NOTA: Se realizo en AutoCAD teniendo los planos de diseño del proyecto.

En los planos de taller se recopila toda la información proveniente de los planos del proyecto, incluyendo tipos de uniones, materiales, preparación de bordes, procedimientos de soldadura y secuencia de armado. (*ver apéndice A*). Es fundamental mantener la geometría precisa y a escala de cada elemento, así como ser riguroso en el control de medidas y en la supervisión de los procesos de fabricación. Cualquier novedad o desviación durante la soldadura debe registrarse y ser aprobada por los responsables del control de calidad.

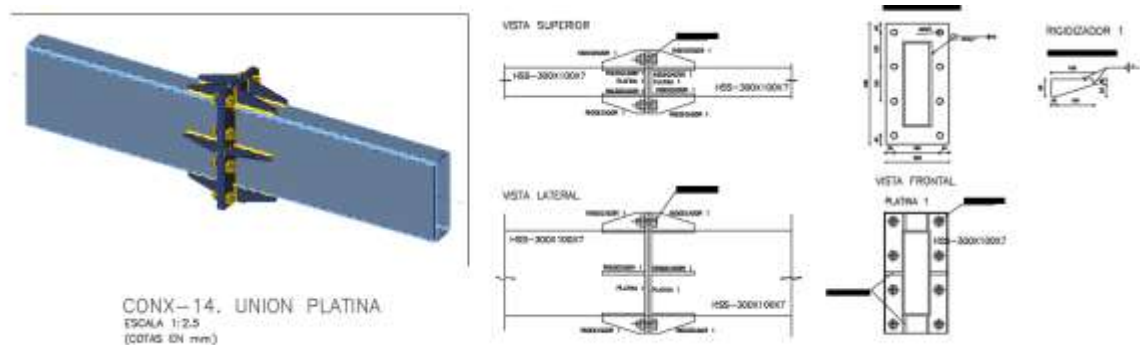
Los detalles de empalme se toman de los planos de diseño, verificando que los bordes estén correctamente ajustados para su posterior soldadura según los procedimientos homologados, (*ver apéndice B*). Además, el diseño de conexiones y juntas se realiza mediante el software IDEA Statica 21.1, el cual permite definir espesores, tipos de soldadura y simbología, facilitando la correcta interpretación de las conexiones y su ejecución en taller

En la Figura 4 se presenta la simbología que debe incluirse para indicar el tipo de soldadura a aplicar en cada conexión.

Figura 4. Simbología soldadura.

NOTA: Tomada de uno de los planos de taller del proyecto y realizada en AutoCAD

Guiados por el diseño de cada una de las conexiones, se procede a elaborar la ilustración de las mismas, indicando los materiales, elementos, tipo de conexión, soldadura y secuencia de armado correspondientes, (*ver apéndice B*). En la Figura 5 se muestra el diseño e ilustración para taller de la conexión 14 del proyecto.

Figura 5. Diseño e ilustración en taller de la conexión 14

NOTA: Los planos de las conexiones se realizaron en AutoCAD.

A continuación, En la Figura 6 , se puede observar la conexión 14 ya ejecutada y verificada en taller.

Figura 6. Conexión 14 fabricada



NOTA: Registro fotográfico en taller.

4.3 Inspección y control de la estructura metálica

Previamente a la ejecución se establece el **Plan de Control de Ejecución** en taller y en el montaje de la estructura metálica, el cual debe cumplir con las especificaciones incluidas en la norma AWS D1.1. Este plan de control contempla, como mínimo, los siguientes aspectos:

- **Control de certificados en material base, electrodos, materiales de aportación y pernos:**

Se debe verificar que los materiales de aportación cuenten con certificados vigentes suministrados por el distribuidor. En taller, se controla que las medidas, calibres, diámetros y calidad del material sean las correctas según los planos de diseño y las cantidades requeridas para la estructura. Además, es fundamental asegurar la compatibilidad entre el material de aportación y el material base para garantizar una adecuada fusión durante el proceso de soldadura.

- **Control de homologación de soldadores y procedimientos de soldadura:**

Con base en los planos de taller de los diferentes módulos que conforman la estructura metálica, se debe llevar a cabo un control de cada uno de los procedimientos,

corroborando el correcto uso de las herramientas y la correcta aplicación de la soldadura según los estándares de AWS D1.1.

- **Control de trazabilidad de materiales:**

Mediante los certificados de calidad del acero, se verifica que la calidad del material sea la adecuada, teniendo en cuenta que existen diferentes tipos de acero según su grado de resistencia y composición química. Para este proyecto, se trabajó principalmente con tubería estructural y láminas de acero de grado 50, con calidad ASTM A572. (*ver apéndice D*)

- **Controles geométricos y dimensionales en elementos:**

Guiados por los planos de diseño y de taller de los diferentes tramos, junto con su respectivo despiece, se debe verificar de manera constante cada medida y ubicación de los elementos, considerando sus respectivas conexiones y detalles del procedimiento de soldadura. A continuación, se presenta el porcentaje de control realizado para esta estructura según la clasificación de fractura crítica de los elementos:

- 100 % en elementos clasificados como fractura crítica.
- 33 % en el resto de los elementos.

- **Preparación de bordes, disposición de groetas y ajustes en tolerancias de elementos**

a soldar, según procedimiento:

Con base en los planos de taller y los procedimientos de soldadura según la norma AWS D1.1, el personal de fabricación debe identificar los materiales y realizar la preparación de bordes en bisel de acuerdo con el espesor requerido para cada conexión. Este proceso debe verificarse cuidadosamente en el 100 % de los elementos, asegurando el cumplimiento de los planos y procedimientos establecidos.

- **Inspección visual de soldaduras, con medición de gargantas en soldaduras en ángulo:**

La inspección visual se realizó conforme a los criterios de la norma AWS D1.1 (Título 6, Tabla 6.1), con el fin de verificar la correcta ejecución de las soldaduras durante y después de la fabricación. Este proceso permite identificar defectos superficiales en los empalmes, como porosidad, falta de fusión, pérdida de material base y socavaciones. Esta inspección se realizó con los siguientes criterios:

- 100 % en elementos clasificados como fractura crítica.
- 100 % inspección visual y 33 % medición de gargantas en el resto de los elementos.

En la Figura 16 se presentan algunas de las inspecciones visuales realizadas tanto en taller como en obra.

Figura 7. Inspección visual elementos



- Inspección de soldaduras mediante ensayos no destructivos (NDT) en elementos calificados como fractura crítica

Este procedimiento permite evaluar de manera interna las soldaduras, garantizando que no existan discontinuidades, falta de fusión interna, porosidad o deficiencias en la penetración de la soldadura según el tipo aplicado.

Estos ensayos requieren personal capacitado, quien determina la aceptación o rechazo de los diferentes cordones de soldadura de acuerdo con los criterios establecidos en la norma AWS D1.1. El porcentaje de pruebas realizadas en taller fue el siguiente:

- 100 % control mediante ultrasonidos en soldaduras con penetración sometidas a tracción.
- 20 % ultrasonidos en soldaduras con penetración sometidas a compresión.
- 20 % control mediante partículas magnéticas o líquidos penetrantes en soldaduras en ángulo (100 % en cordones locales entre cordones principales, vigas de apoyo y pilares).
- **Inspección de soldaduras mediante ensayos no destructivos (NDT) en elementos no calificados como fractura crítica**
- 50 % control mediante radiografía o ultrasonidos en soldaduras con penetración sometidas a tracción.
- 10 % control mediante radiografía o ultrasonidos en soldaduras con penetración sometidas a compresión.
- 10 % control mediante partículas magnéticas o líquidos penetrantes en soldaduras en ángulo.

En la Figura 8 se presentan los resultados obtenidos mediante el ensayo de ultrasonido en pilas y vigas de la estructura.

Figura 8. Informe ensayo U.T

INSPECCIONES TECNICAS EN SOLDADURA		FRI -PR-04 Marzo de 2018						
 GUSTAVO ADOLFO VILLEGAS Inspecciones Técnicas en soldadura		INFORME DE INSPECCION POR ULTRASONIDO						
Reporte No :	110312022							
Solicitud No :	020322							
Página No. :	1 de 2							
Cliete : VIGA-TEC	Proyecto : PUENTE PEATONAL	Locación : SAN JUAN DE PASTO						
Fecha :	NOVIEMBRE 12 DE 2022	Material : Acero al carbono						
Especificación o procedimiento:	AWS D1.1	Estado de la superficie: LISO						
Criterio de aceptación:	AWS D1.1	Espesor: HASTA 15mm						
Ultrasonic Testing Equipment		WELD JOINT SKETCH						
GENERAL ELECTRIC								
KRAUTKRAMER								
MODEL								
USM GO								
COUPLANT								
CMC								
METHOD								
PULSE ECHO								
CALIBRATION BLOCK								
IIW TYPE 1								
TRANSDUCTOR								
GAMMA								
ANGLE	60,4	Do calibración	52 dB					
SOUND SPEED	3240 m/seg							
ELEMENTO.	ESTP.	DECIBELIOS				DEFECTOS / Indicaciones (mm)		RECHAZADO
		a	b	c	d	PROFUNDIDAD	LONGITUD	
COLUMNA 1 S1	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
COLUMNA 1 S2	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
COLUMNA 1 S3	S.E	54	52	2	0	10-15	170	SI (ver observaciones)
COLUMNA 2 S1	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
COLUMNA 2 S2	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
COLUMNA 2 S3	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
COLUMNA 3 S1	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
COLUMNA 3 S2	S.E	54	52	2	0	11-15	140	SI (ver observaciones)
COLUMNA 3 S3	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
VIGA 1 S1	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
VIGA 1 S2	S.E	54	52	2	0	7-10	150	SI (ver observaciones)
VIGA 1 S3	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
VIGA 2 S1	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
VIGA 2 S2	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
VIGA 2 S3	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
VIGA 3 S1	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
VIGA 3 S2	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
COLUMNA 3 S3	S.E	****	52	****	****	****	****	NO
FIN INSPECCION								
Note: P: Porosity C:Crack CP: Clustered Porosity S: Slag IP: Incomplete Penetration LF: Lack of fusion UC: Undercut								
Name		NDT Inspector				Approved by		
Signature		GUSTAVO A. VILLEGAS M.						
Level		Level 2: U2 C125 329 0522						
Date		NOVIEMBRE 11 DE 2022						
Observaciones Generales: Se evidenciaron indicaciones relevantes durante la inspección las cuales correspondían a inclusiones de escoria (S) al interior del depósito se logró observar después de remover la soldadura aplicada. se realizó la reparación y se reinspecciona de nuevo encontrándose conforme.								

NOTA: Suministrado por la constructora y realizado por el Ing. Gustavo Adolfo Villegas

4.4 Problemas y soluciones en la fabricación de estructuras metálicas

- Errores en procedimientos de soldadura:**

Los errores en los procedimientos de soldadura se identifican mediante la inspección de las estructuras y la realización de ensayos no destructivos. Entre los defectos más comunes se encuentran poros, socavación y falta de espesor en la soldadura, siendo este

último el más frecuente debido a una inadecuada preparación de los elementos, lo que impide alcanzar la penetración requerida en el diseño de las conexiones. La corrección de estos defectos debe realizarse conforme a los criterios establecidos en la norma AWS D1.1.

Solución: Cuando se presentan discontinuidades en la soldadura, se debe retirar completamente el cordón afectado y realizar nuevamente la preparación de bordes, utilizando técnicas que permitan identificar posibles defectos adicionales que afecten la fusión del material. También es fundamental asegurar la correcta calibración de los equipos de soldadura para garantizar su adecuado desempeño.

En soldaduras de penetración completa, puede emplearse **backing metálico** para mejorar la fusión y asegurar una penetración uniforme sin discontinuidades. Estos elementos deben ser identificados para la realización de ensayos de ultrasonido. Según la norma AWS D1.1, si la remoción de una soldadura compromete significativamente el material base, el elemento afectado debe ser reemplazado completamente siguiendo criterios ingenieriles.

- **Corrección en perforaciones para conexiones pernadas:**

Muchas de las conexiones en obra fueron pernadas mediante placas tipo end plate, cuyas perforaciones se realizaron en taller con una holgura de 1/16" (1,5 mm) respecto al diámetro de los pernos, utilizando equipos que garantizaran precisión y uniformidad, evitando procesos como plasma u oxicorte.

Durante el montaje, las perforaciones desalineadas o no uniformes fueron corregidas, aplicando soldadura tapón conforme a la norma AWS D1.1, recomendándose su ejecución en taller para facilitar el proceso. Como alternativa en campo, se consideró el

uso de bujes metálicos para corregir desalineaciones, lo cual requirió la aprobación del ingeniero estructural al no estar contemplado directamente en la norma, asegurando así la integridad de la conexión.

- **Otros problemas encontrados en la fabricación y montaje de estructuras metálicas:**

La aplicación de soldadura no siempre es posible en todos los puntos indicados en los planos de diseño, lo que puede generar zonas con grietas o espacios susceptibles a la infiltración de líquidos y posterior corrosión. Por ello, las juntas que no puedan soldarse deben sellarse de manera hermética para evitar filtraciones que afecten la estructura, y cualquier procedimiento no previsto debe ser aprobado por el personal de control del proyecto.

Asimismo, en cordones de soldadura de gran longitud es común la pérdida de geometría por el calor generado. Para reducir este efecto, se recomienda aplicar la soldadura por tramos, evitando deformaciones en los elementos estructurales.

En la figura 9, se evidencian algunos de las fallas encontradas y su solución.

Figura 9. Solución problemas de fabricación

NOTA: registro fotográfico en taller y en obra.

4.5 Seguridad de los operarios y correcto uso de las herramientas

Para la identificación de peligros, análisis de consecuencias y establecimiento de medidas de prevención, en la empresa CE INGENIEROS SAS se implementa el Análisis de Trabajo Seguro (ATS). Este documento se socializa con los operarios antes del inicio de cualquier actividad, tanto en taller como en obra, con el fin de asegurar que cada trabajador conozca los

riesgos asociados y la forma correcta de ejecutar sus labores sin comprometer su integridad física.

De manera complementaria, para la ejecución de actividades en obra, es obligatorio contar con los permisos de trabajo correspondientes y con la capacitación vigente del personal. Entre los más comunes se encuentran el permiso de trabajo en caliente, permiso de trabajo en alturas y permiso de espacios confinados, según aplique a la actividad. Estos permisos deben ser diligenciados y autorizados antes de iniciar cualquier labor, garantizando el cumplimiento de los controles de seguridad establecidos. *(Ver apéndice C)*

Asimismo, se debe asegurar que cada operario utilice correctamente los elementos de protección personal (EPP) asociados a la actividad específica, así como las herramientas y equipos adecuados para la ejecución del trabajo.

Previo al inicio de las actividades, se realiza la verificación del estado, vigencia y condiciones operativas de herramientas y equipos, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y evitar incidentes durante la fabricación y el montaje de estructuras metálicas. Adicionalmente, se pueden requerir otros formatos de control como listas de chequeo de equipos, inspecciones preoperacionales, permisos de izaje de cargas y registros de mantenimiento, los cuales contribuyen al control integral de la seguridad en obra.

4.6 Alcance, calculo de costos y estimación de tiempos en la fabricación y montaje de estructuras metálicas

Dentro del desarrollo de las estructuras metálicas en taller, en este caso la fabricación del puente peatonal, se buscó cumplir al máximo con los requisitos exigidos en el proceso de

ensamble de los diferentes elementos, así como con las cantidades establecidas en el contrato y los tiempos estipulados tanto para la fabricación como para el montaje.

En cuanto al alcance, se contempló el desarrollo de actividades propias del proceso de fabricación de estructuras metálicas, incluyendo la organización del personal, la interpretación de planos estructurales, el despiece de elementos, el corte de perfiles, el armado, la soldadura y los tratamientos superficiales, tales como limpieza y pintura. Asimismo, se consideraron los procesos de inspección y control de calidad de los productos terminados, garantizando el cumplimiento de los requisitos establecidos en normas como la AWS D1.1 para soldadura estructural en acero y la NSR-10 en lo relacionado con estructuras metálicas.

Teniendo en cuenta los planos de diseño y de taller de los diferentes elementos y sus conexiones, se obtienen las cantidades mediante cálculos métricos de materiales, incluyendo acero estructural, pernos, consumibles de soldadura y demás insumos necesarios para la ejecución de la estructura. Con base en estas cantidades, se calculan los costos directos de fabricación, apoyados en referencias de mercado o mediante la realización de cotizaciones reales. *(Ver apéndice D)*

Para lograr una mayor precisión en los costos de fabricación, se emplea el análisis de precios unitarios (APU). El APU en taller se desarrolla descomponiendo cada actividad en sus recursos: materiales (acero y consumibles de soldadura), mano de obra (soldadores, armadores y ayudantes) y costos asociados al uso de equipos (máquinas de corte, soldadura e izaje).

Seguidamente, se elaboró un registro de las actividades a ejecutar, en el cual se detallan los rendimientos de producción por jornada dentro del taller, generalmente expresados en kg/día. Con esta información, se obtiene una estimación más precisa de los costos y los tiempos de fabricación, lo que permite la elaboración del cronograma de fabricación. *(ver apéndice D)*

Dado los costos de fabricación y con el fin de no excederlos, se implementó un control de producción basado en el peso de la estructura. Para ello, se realizaron verificaciones de cada subestructura fabricada, apoyándose en las fichas técnicas de los materiales para calcular el peso de las mismas.

El control del avance de la producción también se llevó a cabo considerando el peso fabricado por jornada, lo que permite hacer un seguimiento adecuado del rendimiento y cumplimiento de los objetivos establecidos. (*Ver apéndice D*)

En la Figura 10, podemos observar el montaje de cada uno de los elementos que conforman la estructura, principalmente la rampa derecha, siendo esta la mas compleja debido a la geometría de sus elementos y conexiones.

Figura 10. Instalación puente peatonal metálico

REGISTRO FOTOGRAFICO FABRICAIÓN Y MONTAJE		
PROYECTO	Puente peatonal km 42+100	ITEM
CONSTRUCTORA	CE INGENIEROS S.A.S	MONTAJE PUENTE METÁLICO
		
		
MONTAJE EN OBRA DE COLUMNAS, VIGAS MENSULA, DINTEL Y ARMADO DE VIGAS GUALDERAS		
		
INSTALACIÓN Y SOLDADURA DE VIGAS TRANSVERSALES		
		
INSTALACIÓN DE BARANDAY PASAMANOS		
		
VISUALIZACION GENERAL DEL PUENTE YA INSTALADO		

4.7 Aportes como practicante en la fabricación de estructuras metálicas en taller

El desarrollo de la práctica empresarial en la empresa CE Ingenieros S.A.S. se realizó en un 80 % en taller y un 20 % en el montaje de estructuras en obra. En el taller desempeñé diversos roles como auxiliar de ingeniería civil, donde estuve a cargo de la ejecución de estructuras metálicas, realizando actividades de interpretación de planos de diseño. Asimismo, elaboré planos de taller de los diferentes elementos que se iban a empalmar en las distintas conexiones que componen una estructura. *(Ver apéndice A)*

Durante la etapa de fabricación, estuve encargado de organizar y supervisar las cuadrillas de trabajo, con el fin de alcanzar el rendimiento esperado. También llevé el control de la ejecución de la estructura, verificando que los procedimientos se realizaran correctamente. *(ver apéndice B)*. Durante la fabricación surgen diferentes tipos de problemas al momento de ejecutar empalmes; en este aspecto, desempeñé un papel importante en la toma de decisiones para solucionar dichas fallas, procurando no afectar la estabilidad de las estructuras. Cada decisión fue consultada con el ingeniero estructural, con el fin de evitar inconsistencias en las intervenciones realizadas.

Adicionalmente, manejé un control de producción por jornada de trabajo, verificando que las cantidades y los tiempos se cumplieran de acuerdo con lo programado. En caso de presentarse bajos rendimientos, se realizaban ajustes en las cuadrillas o se implementaban nuevos métodos de trabajo que garantizaran una mayor eficiencia, siempre con el objetivo de entregar la estructura en óptimas condiciones y conforme a las especificaciones de diseño. *(Ver apéndice D)*

Asimismo, acompañé al personal encargado de realizar los diferentes ensayos no destructivos (NDT), documentando los procedimientos ejecutados para su posterior análisis. En

caso de detectarse fallas, se identificaban los elementos afectados y se procedía a su reparación de acuerdo con los parámetros exigidos por las normas aplicables, como la AWS D1.1.

Finalmente, la otra parte de mi práctica se desarrolló en obra, donde desempeñé un papel importante en la toma de decisiones para lograr montajes exitosos, siguiendo lineamientos propios de izaje de cargas. Supervisé cada empalme, organicé las cuadrillas de trabajo de acuerdo con las habilidades de los operarios según la actividad a realizar y evalué los riesgos con el fin de prevenirlos por medio de formatos para poder proteger la seguridad de los obreros. (*ver apéndice C*). Todo lo anterior se llevó a cabo con el propósito de cumplir los objetivos del proyecto y entregar una estructura de calidad.

5 Conclusiones.

- Dentro de la fabricación de las estructuras metálicas en taller y el ensamblaje en obra de los diferentes elementos, es fundamental contar con un plan de control de ejecución que garantice la viabilidad de la estructura; es decir, que asegure una alta calidad y brinde seguridad a los usuarios que se beneficiarán de ella. Desde las primeras etapas de fabricación, es indispensable realizar verificaciones rigurosas, que abarquen desde la certificación de los materiales a utilizar hasta la supervisión de los procedimientos de unión en las conexiones, ya sea mediante soldadura u otros sistemas. Asimismo, el plan de control debe estar siempre alineado con los requisitos establecidos en las normas vigentes para estructuras metálicas, entre las más utilizadas se encuentra la norma AWS D1.1.
- Para una estructura metálica, es indispensable realizar diferentes tipos de inspecciones, ya sean visuales o mediante ensayos, teniendo en cuenta la criticidad y función de los

elementos. Estas inspecciones permiten detectar y prevenir fallas tanto superficiales como internas, asegurando la integridad estructural y la confiabilidad del proyecto.

- En la ejecución de las conexiones de los elementos que conforman una estructura pueden presentarse múltiples fallas. Entre las más comunes se encuentran los errores en los procedimientos de soldadura, evidenciados en discontinuidades, falta de fusión del material o falta de penetración, los cuales suelen estar asociados principalmente a una inadecuada preparación de los elementos a empalmar. Guiándose por los parámetros de la norma AWS D1.1, es posible identificar y corregir estas deficiencias de manera eficiente mediante técnicas como la remoción del material defectuoso, la adecuada preparación de bordes y la correcta calibración de los equipos. De esta manera, se asegura la calidad de las uniones, la integridad del material base y el desempeño estructural esperado
- Si hablamos de conexiones en estructuras metálicas, estas no solo se realizan mediante soldadura; también existen las conexiones pernadas, en las cuales se debe llevar un adecuado control durante su ejecución que garantice un correcto ensamble, la calidad de la estructura y la seguridad en su desempeño. Pueden presentarse errores en el trazado o falta de uniformidad en los orificios, generalmente asociados al uso de métodos inadecuados, lo que puede comprometer la integridad de las conexiones. Sin embargo, mediante la aplicación de técnicas adecuadas es posible corregir estas fallas, siempre que estén validadas técnicamente por normas vigentes (como AWS D1.1 o NSR-10) o mediante la verificación con cálculos estructurales que demuestren que no se afecta el desempeño de la estructura.
- El proceso de fabricación de una estructura metálica evidencia la importancia de una adecuada planificación, control y gestión integral en taller, con el fin de cumplir

simultáneamente con los requisitos técnicos, contractuales y de tiempo. La correcta ejecución de actividades como la interpretación de planos, el despiece, la fabricación y los controles de calidad, bajo el cumplimiento de normas como la AWS D1.1 y la NSR-10, garantiza la confiabilidad de los elementos producidos. Asimismo, la cuantificación precisa de materiales, el análisis de costos mediante APU y el seguimiento del control de producción permiten optimizar recursos, mejorar la eficiencia del proceso y asegurar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

6 Recomendaciones

Como recomendación a la empresa, desde mi experiencia como practicante, sugiero implementar un mayor control de la producción, con el fin de optimizar el uso de los recursos y materiales disponibles y así obtener mayores rendimientos en las diferentes actividades. Asimismo, se evidenció la necesidad de fortalecer la coordinación en los procedimientos ejecutados, ya que en algunos casos se presentaron dificultades asociadas a la falta de articulación entre el personal involucrado.

De igual manera, se recomienda la implementación de nuevas tecnologías que contribuyan a un estudio y diseño más eficiente de los proyectos. En particular, el uso de herramientas que permitan el modelado en 3D para el diseño de conexiones y la elaboración de planos de taller facilitaría una mejor visualización de los procedimientos constructivos, lo que a su vez mejoraría la comunicación con el personal encargado de su ejecución.

Adicionalmente, se sugiere modernizar los procesos de supervisión mediante el uso de tecnologías que permitan llevar a obra modelos tridimensionales de las conexiones, facilitando la identificación de los elementos en ejecución. Esto también permitiría registrar de manera más

eficiente las observaciones y fallas detectadas, generando información útil para su posterior análisis y mejora continua de los procesos.

Finalmente, es importante como practicante informarse previamente de cada una de las actividades que se vayan a adelantar en taller o en obra, para así tener ideas más claras de como coordinar las diferentes actividades sin saltarse los lineamientos de las normas que rigen el proceso constructivo.

Referencias Bibliográficas

American Institute of Steel Construction (AISC). (2020). *Steel Construction Manual* (15th ed.).

American Welding Society (AWS). (2020). *AWS D1.1/D1.1M: Structural Welding Code – Steel*.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). *NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*.

Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (1997). *Mechanics of materials*. PWS Publishing Company.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (s.f.). *Normas Técnicas Colombianas (NTC)*.

Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing engineering and technology*. Pearson.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Decreto 926 de 2010.

Ministerio del Trabajo. (2012). *Resolución 1409 de 2012*. Por la cual se establece el reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas.

Ministerio del Trabajo. (2015). *Decreto 1072 de 2015*. Decreto único reglamentario del sector trabajo.