



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y PROCESOS**

**TEMA:**

---

**CONTROL DE VARIABLES DEL PROCESO DE SOLDADURA PARA  
FABRICACIÓN DE PUENTES EN LA EMPRESA LABSOL UBICADA EN  
PASTAZA, 2024.**

---

Trabajo de Titulación Curricular previo a la obtención del título Magister en Diseño Industrial y Procesos.

**Autor**

Ing. Chimborazo Barrera Edison Marcelo.

**Tutora**

Mgr. Cáceres Miranda Marcela Alexandra.

AMBATO – ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Edison Marcelo Chimborazo Barrera, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “CONTROL DE VARIABLES DEL PROCESO DE SOLDADURA PARA FABRICACIÓN DE PUENTES EN LA EMPRESA LABSOL UBICADA EN PASTAZA, 2024”, como requisito para optar al grado de Magister en Diseño Industrial y Procesos y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 14 días del mes de septiembre de 2025, firmo conforme:

Autor: Ing. Chimborazo Barrera Edison Marcelo

Firma:

Número de Cédula: 1600314536

Dirección: Pastaza, Puyo, Barrio Libertad

Correo Electrónico: chimborazomarcelo@gmail.com

Teléfono: 0969096518

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Director del Trabajo de Titulación “CONTROL DE VARIABLES DEL PROCESO DE SOLDADURA PARA FABRICACIÓN DE PUENTES EN LA EMPRESA LABSOL UBICADA EN PASTAZA, 2024” presentado por Ing. Chimborazo Barrera Edison Marcelo, para optar por el Título de Magister en Diseño Industrial y Procesos.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinadores que se designe.

Ambato, 14 de septiembre del 2025

.....

Mgtr. Cáceres Miranda Marcela Alexandra

**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Diseño Industrial y Procesos, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 14 de septiembre del 2025

.....

Edisson Marcelo Chimborazo Barrera

1600314536

## **APROBACIÓN DE EXAMINADORES**

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “CONTROL DE VARIABLES DEL PROCESO DE SOLDADURA PARA FABRICACIÓN DE PUENTES EN LA EMPRESA LABSOL UBICADA EN PASTAZA, 2024”, previo a la obtención del Título de Magister en Diseño Industrial y Procesos reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 14 de septiembre del 2025

.....

Mgtr. Punina Guerrero Diego Javier  
PRESIDENTE

.....

Mgtr. Romero Morales Estalín José  
EXAMINADOR

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre Celestial, por el don de la vida, por permitirme llegar hasta este momento y por forjar en mí lo que hoy soy; a mis padres, por ser mi pilar y apoyo incondicional; a mis profesores, a quienes debo gran parte de mis conocimientos y formación académica; a mi esposa e hijos, por su fortaleza, amor y compañía constante, siendo siempre mi motivación para seguir adelante; y, finalmente, a esta prestigiosa Universidad, por abrirme sus puertas, brindarme las herramientas necesarias para un futuro competitivo y formarme como profesional y persona de bien.

**Edisson Marcelo Chimborazo Barrera**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la inteligencia y sabiduría concedidas desde mi nacimiento; a mi querida familia, por su apoyo incondicional y constante estímulo; a la empresa LABSOL, por brindarme la apertura necesaria para la elaboración de este trabajo; a mis compañeros de estudio y a mi tutora, por sus valiosos consejos y la generosidad de compartir sus amplios conocimientos; y a la Universidad Tecnológica Indoamérica, por los aprendizajes transmitidos a través de sus distinguidos docentes.

**Edisson Marcelo Chimborazo Barrera**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL.....	ii
APROBACIÓN DE TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE EXAMINADORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii

### CAPITULO I

#### INTRODUCCIÓN

Introducción:.....	1
Antecedentes:.....	3
Justificación:.....	4
Objetivo General:.....	5
Objetivos Específicos:.....	5

### CAPITULO II

#### INGENIERÍA DE PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa:.....	6
Área De Estudio:.....	7
Modelo operativo:.....	10

### CAPÍTULO III

#### PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación Propuesta:.....	11
Resultados esperados:.....	20
Cronograma de actividades:.....	21
Análisis de costos:.....	28

Componentes Ambientales:.....	31
-------------------------------	----

#### CAPITULO IV

##### EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Proceso de ejecución: .....	32
Resultados obtenidos:.....	46
Evaluación de la ejecución: .....	51

#### CAPITULO V

##### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones: .....	56
Recomendaciones:.....	56

##### LITERATURA CITADA

##### ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Aceros para la construcción de estructuras metálicas. ....	9
Tabla No. 2: Variables a controlar.....	10
Tabla No. 3: Ejecución De La Propuesta. ....	21
Tabla No. 4: Cronograma de Actividades de Control de Calidad y Seguimiento.....	23
Tabla No. 5: Plan Operativo de Control de Calidad.....	25
Tabla No. 6 Plan de Inspección, Evaluación y Documentación.....	27
Tabla No. 7: Control y seguimiento continuo .....	27
Tabla No. 8: Distribución de Recursos y Presupuesto por Actividades.....	29
Tabla No. 9: Variable De Control De Calidad. ....	29
Tabla No. 10: Resumen De Inversión Mensual. ....	30
Tabla No. 11: Tabla de soldadura de procesos después. ....	32
Tabla No. 12: Cronograma de implementación. ....	33
Tabla No. 13: Capacitación a técnicos. ....	33
Tabla No. 14: Características 1.....	37
Tabla No. 15: Características 2.....	38
Tabla No. 16: Planificación De Inspecciones.....	43
Tabla No. 17: Diseño tiempos de aprobación y documentación. ....	46
Tabla No. 18: Material base - control de desperdicios.....	47
Tabla No. 19: Material de aporte - deterioro y stock.....	48
Tabla No. 20: Control de calidad defectos .....	49
Tabla No. 21: Ensayos no destructivos. ....	51
Tabla No. 22: Gestión documental. ....	52
Tabla No. 23: Control de calidad.....	52
Tabla No. 24: Implementación. ....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1: Tablas enero, febrero.....	47
Gráfico No. 2: Material base, enero y febrero.....	48
Gráfico No. 3: Material de aporte, enero febrero. ....	49
Gráfico No. 4: Control de calidad. ....	50
Gráfico No. 5: Ensayos no destructivos. ....	51
Gráfico No. 6: Curvas S Labsol.....	55

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 1: Ubicación de la empresa LABSOL, Pastaza, Ecuador .....	8
Imagen No. 2: Modelo operativo del control de variables procesos de soldadura.....	8
Imagen No. 3: Puente sobre el río Tigre.....	12
Imagen No. 4 Verificación dimensional de tolerancias conforme a AWS D1.5:2020... 16	
Imagen No. 5: Inspección visual de perfiles estructurales acero ASTM A588.....	17
Imagen No. 6: Ensayo con líquidos penetrantes para detectar defectos en soldaduras..	17
Imagen No. 7: Control De Diseño. ....	34
Imagen No. 8: Control, Actual Implementado .....	34
Imagen No. 9: Control, Actual Implementado .....	36
Imagen No. 10: Control de diseño de material base.....	37
Imagen No. 11: Requerimientos químicos y mecánicos. ....	38
Imagen No. 12: Maquina oxicorte semiautomático.....	39
Imagen No. 13: Control de materia de aporte. ....	40
Imagen No. 14: Registro de Control de materia de aporte. ....	41
Imagen No. 15: Diagrama de flujo del material de aporte. ....	41
Imagen No. 16: Control de calidad visual de medidas.....	42
Imagen No. 17: Control de diseño de plano referencial .....	43
Imagen No. 18: Supervisión control visual y líquidos penetrantes .....	44
Imagen No. 19: Supervision control visual y líquidos penetrantes. ....	45
Imagen No. 20: Diagrama cordón de soldadura y zona afectada por el calor (ZAC). ..	45
Imagen No. 21: Lanzado de tablero del puente.....	46

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y PROCESOS**

**TEMA:** CONTROL DE VARIABLES DEL PROCESO DE SOLDADURA PARA FABRICACIÓN DE PUENTES EN LA EMPRESA LABSOL UBICADA EN PASTAZA, 2024.

**AUTOR:** Ing. Chimborazo Barrera Edison.

**TUTORA:** Mg. Cáceres Miranda Marcela.

**RESUMEN EJECUTIVO**

La compañía LABSOL, situada en la provincia de Pastaza y experta en la producción de puentes metálicos, se encuentra ante un desafío crucial vinculado a la ausencia de un control estandarizado de las variables del proceso de soldadura, lo que ha provocado fallos en estructuras, desperdicio de materiales y trabajos de reconstrucción costosos. En este contexto, el propósito de este trabajo fue instaurar un sistema completo de control de variables del proceso de soldadura, fundamentado en estándares internacionales como la AWS D1.5:2020, con el propósito de mejorar la calidad de las uniones, minimizar errores y potenciar la competitividad de la compañía. Se propuso la normalización y el monitoreo estricto de las variables técnicas voltaje, corriente, velocidad de avance temperatura de precalentamiento y calidad de los materiales, reducirían considerablemente los fallos en la soldadura. Para lograrlo, se utilizó un enfoque técnico-práctico de investigación aplicada, que abarcó el diagnóstico del proceso actual, la creación de procedimientos WPS, la calificación de soldadores, revisiones visuales y ensayos no destructivos. En consecuencia, se consiguió implementar un modelo operativo que potencia la rastreabilidad, disminuye el índice de soldaduras incorrectas y garantiza el acatamiento de las especificaciones técnicas. La puesta en marcha del sistema permitió una disminución en los gastos de rehacer trabajos, mejora en la utilización de materiales, prolongación de la durabilidad de los recursos y acatamiento de las regulaciones requeridas para estructuras metálicas. Se concluye que la regulación de variables en el proceso de soldadura es crucial para asegurar estructuras seguras y operativas.

**DESCRIPTORES:** Calidad estructural, Control de soldadura, Diseño industrial, Infraestructura vial, Normas AWS.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**Master's Degree in Industrial and Process Design**

**AUTHOR:** CHIMBORAZO BARRERA EDISSON

**TUTOR:** MG. CACERES MIRANDA MARCELA

**ABSTRACT**

**CONTROL OF WELDING PROCESS VARIABLES FOR BRIDGE MANUFACTURING  
AT LABSOL COMPANY LOCATED IN PASTAZA, 2024.**

The company LABSOL, located in the province of Pastaza and specialized in the production of metal bridges, faces a crucial challenge related to the lack of standardized control over the welding process variables, which has caused structural failures, material waste, and costly reconstruction work. In this context, the purpose of this project was to establish a comprehensive control system for the welding process variables based on international standards such as AWS D1.5:2020, aiming to improve joint quality, minimize errors, and enhance the company's competitiveness. The standardization and strict monitoring of technical variables—voltage, electricity, welding speed, preheating temperature, and material quality—were proposed to significantly reduce welding defects. To achieve this, a technical-practical applied research approach was used, which included diagnosing the current process, creating WPS procedures, qualifying welders, conducting visual inspections, and non-destructive testing. As a result, an operational model was implemented that enhances traceability, decreases the rate of defective welds, and ensures compliance with technical specifications. The system's implementation led to reduced rework costs, improved material usage, increased durability of resources, and adherence to required regulations for metal structures. It is concluded that regulating variables in the welding process is crucial to ensure safe and functional structures.

**KEYWORDS:** industrial design, road infrastructure, structural quality, welding control, AWS standards.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Introducción:**

En el contexto de la infraestructura de carreteras, los puentes de metal constituyen componentes estratégicos para la conexión territorial, el crecimiento económico y la integración regional. Su edificación requiere elevados criterios técnicos, siendo la calidad de las uniones soldadas un elemento crucial para asegurar la seguridad estructural, la longevidad de las construcciones y la observancia de regulaciones internacionales (AWS, 2020).

En todo el mundo, la industria de la soldadura ha progresado hacia la automatización y la supervisión estricta de factores clave del proceso, con el objetivo de reducir los errores humanos, minimizar los defectos y garantizar la rastreabilidad de las operaciones (Somasundaram et al., 2021).

En América Latina, esta tendencia ha crecido en años recientes gracias al robustecimiento de los marcos normativos y al aumento de la necesidad de proyectos con certificaciones técnicas rigurosas. Compañías como Petrobras (Brasil) y Pluspetrol (Argentina) han implementado sistemas de control de calidad integrales, en concordancia con normas como ASME, API y AWS, lo que les facilita la competencia en mercados internacionales y la supervisión de auditorías internacionales (Petrobras, 2024). Estos ejemplos muestran un cambio hacia una industria más avanzada en tecnología, en la que la regulación sistemática de parámetros como voltaje, corriente, velocidad de avance y temperatura de precalentamiento es esencial para prevenir fallos estructurales y maximizar recursos (Pérez y Tufaro, 2018).

En el ámbito ecuatoriano, la compañía LABSOL, situada en la provincia de Pastaza, se dedica a la producción y montaje de estructuras metálicas destinadas a la infraestructura vial, empleando únicamente acero estructural ASTM A588. A pesar de su trayectoria en el sector, LABSOL se enfrenta con retos técnicos relacionados con la variabilidad en la realización de procesos de soldadura, que se atribuyen a la ausencia de normalización y a la escasa sistematización de datos de producción. Esta circunstancia ha provocado fallos

en las uniones, trabajos repetitivos, desecho de material y posibles riesgos en el rendimiento estructural de los proyectos.

Como el acero ASTM A588 tiene propiedades específicas de soldabilidad, resistencia mecánica y reacción frente a la corrosión atmosférica, resulta imprescindible definir Procedimientos Específicos de Soldadura (Welding Procedure Specifications) de acuerdo con lo dictado en la norma AWS D1.5M/D1.5:2020. Esta reglamentación ofrece directrices para la calificación de procesos, certificación de soldadores, revisión de uniones y pruebas destructivas y no destructivas, garantizando que los procedimientos se ajusten a estrictos requisitos técnicos (AWS, 2020).

En respuesta a este desafío, este proyecto sugiere la creación y puesta en marcha de un sistema completo de control de variables del proceso de soldadura en LABSOL, con el objetivo de incrementar la calidad del producto final, maximizar la utilización de materias primas y potenciar la competitividad de la compañía. La propuesta se ajusta a los principios de mejora continua, incluyendo instrumentos de diagnóstico técnico, formación del personal y confirmación de resultados a través de indicadores de producción. La meta es incrementar las normas internas de la compañía, asegurando la fiabilidad de las estructuras metálicas producidas, particularmente en el ámbito de los puentes para construcciones públicas y privadas.

La empresa LABSOL es reconocida en la región amazónica ecuatoriana, especializada en brindar servicios de soldadura certificada para proyectos de construcción y mantenimiento. La soldadura es un proceso fundamental en la creación de estructuras, puentes y viviendas, lo que resalta la necesidad de contar con profesionales calificados en esta área. Sin embargo, la empresa enfrenta la urgente necesidad de mantener altos estándares en el control de variables y la calidad. La falta de un sistema formal y estandarizado de control de procesos certificados ha ocasionado inconsistencias en las soldaduras, afectando en algunos casos la eficiencia y la calidad del proceso.

Aunque disponemos de un equipo competente, se han detectado fallos en los parámetros de control tales como amperaje, voltaje, velocidad de avance, ángulo de conducción,

ángulo de trabajo y longitud del arco, además de la correcta documentación de los procedimientos. Estos fallos impactan de manera adversa en la habilidad de la compañía para garantizar la calidad de sus soldaduras.

La falta de un monitoreo constante y estricto amenaza el clima laboral y promueve la acumulación de errores, lo que podría ocasionar gastos extra y dañar la aceptación de la compañía. Una administración eficiente del proceso de soldadura permitirá a LABSOL incrementar la calidad de sus productos, garantizar la solidez estructural y satisfacer los estándares internacionales requeridos por los consumidores. La puesta en marcha de una solución robusta y estandarizada para monitorear las variables del proceso asegurará la competitividad de la compañía en el mercado, reducirá los peligros vinculados a soldaduras fallidas e impulsará la rentabilidad y expansión de la organización (LABSOL, 2024).

#### **Antecedentes:**

La soldadura estructural es un proceso ampliamente utilizado en la construcción de puentes, edificaciones y componentes metálicos de gran responsabilidad, debido a su capacidad de generar uniones permanentes de alta resistencia. Sin embargo, la calidad de estas uniones depende de la aplicación de procedimientos normalizados y de la correcta calificación de soldadores y procesos. En este sentido, organismos internacionales como la **American Welding Society (AWS)** han establecido normativas específicas, entre ellas la AWS D1.5: Bridge Welding Code, que regula los requisitos técnicos y de seguridad para la soldadura en puentes de acero (American Welding Society, 2020).

A nivel latinoamericano, varios estudios han evidenciado que la falta de procedimientos de soldadura calificados es una de las principales causas de fallas estructurales en obras de infraestructura metálica. La falta de controles técnicos adecuados en proyectos de construcción ha derivado en elevados costos de reparación y disminución en la vida útil de las estructuras.

No obstante, investigaciones realizadas en talleres de fabricación metálica muestran que aún persisten brechas en la aplicación de procedimientos de soldadura estandarizados, lo cual compromete la calidad y confiabilidad de las uniones.

En este marco, la implementación de procedimientos de soldadura calificados (WPS) constituye una necesidad prioritaria para asegurar la competitividad y calidad en la industria metalmecánica. Estudios recientes demuestran que la aplicación de un WPS reduce significativamente la variabilidad de los parámetros de soldadura, mejora la productividad y minimiza los defectos en las juntas.

### **Justificación:**

La regulación de variables durante el proceso de soldadura es un elemento crucial para garantizar la calidad estructural en la producción de puentes metálicos, en particular cuando se emplean aceros de gran resistencia como el ASTM A588. En la compañía LABSOL, situada en la provincia de Pastaza, se ha detectado una problemática habitual asociada a la ausencia de normalización en factores esenciales como el voltaje, amperaje, velocidad de progreso, temperatura de precalentamiento y método de ejecución. Esta carencia provoca un efecto perjudicial en la integridad de las uniones soldadas, provocando fallos que ponen en riesgo la longevidad, seguridad y acatamiento de las estructuras metálicas producidas.

La falta de procedimientos de soldadura calificados (WPS) y de sistemas de seguimiento técnico empeora la situación, pues obstaculiza una supervisión eficaz y complica la verificación de procesos según estándares internacionales como la AWS D1.5:2020, particularmente requerida en estructuras soldadas para puentes (AWS, 2020). Esta ausencia de documentación y supervisión sistemática restringe la competitividad de LABSOL en comparación con compañías que ya han implementado sistemas de garantía de calidad fundamentados en normas internacionales.

Los datos de producción interna entre 2021 y 2023 muestran un incremento constante tanto en la cantidad de producción como en el porcentaje de soldaduras con fallos.

Durante 2021, un 12% de las uniones experimentaron fallos; en 2022 un 14%, y en 2023 un 15%. Estos fallos han provocado un aumento en los gastos de reajuste, que ascendieron de 150 unidades monetarias en 2021 a 270 en 2023, impactando de manera directa la rentabilidad de los proyectos (Chimborazo, 2025) Este comportamiento demuestra la necesidad apremiante de instaurar un sistema de control técnico que facilite la disminución de errores y la optimización de la eficiencia en las operaciones.

A escala mundial, se ha evidenciado que la puesta en marcha de sistemas automatizados de seguimiento de variables y la formación constante del personal mejoran la calidad del producto final y disminuyen los trabajos repetitivos (Somasundaram et al., 2021). Compañías de América Latina como Petrobras y Pluspetrol ya incorporan sistemas conformes a las normas AWS, ASME y API, lo que les facilita afrontar auditorías internacionales y potenciar su posición en el mercado (Petrobras, 2024; Pérez; Tufaro, 2018).

En este escenario, este proyecto tiene una total justificación, pues tiene como objetivo establecer un sistema de control de variables del proceso de soldadura que se ajuste a las condiciones operativas de LABSOL y a las demandas de las normativas actuales.

### **Objetivo General:**

Implementar un sistema de control de variables del proceso de soldadura para la fabricación de puentes en la empresa LABSOL, ubicada en Pastaza, con el propósito de reducir defectos, optimizar recursos y garantizar la calidad del producto conforme a normativas internacionales.

### **Objetivos Específicos:**

1. Diagnosticar las condiciones actuales del proceso de soldadura para identificar variables críticas y determinar brechas respecto a estándares de calidad.
2. Establecer procedimientos específicos de soldadura (WPS) para controlar técnicamente las variables del proceso conforme a normativas internacionales.
3. Optimizar el uso del acero ASTM A588 mediante la correcta interpretación de planos de taller y control de preparación para soldadura.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **Diagnóstico de la situación actual de la empresa:**

En años recientes, la industria metalmeccánica ha presenciado un avance progresivo a escala mundial. El uso de procedimientos de soldadura es un elemento crucial en la producción de estructuras de metal. El avance en los métodos de soldadura ha permitido la creación de estructuras que brindan soluciones para viviendas e industrias. Las construcciones de metal ofrecen múltiples beneficios en comparación con las edificaciones de hormigón armado, entre los que sobresalen la disminución de los plazos de construcción, una elevada resistencia, dimensiones reducidas en los componentes estructurales y una eficiencia económica superior (Rodríguez, 2020).

La legislación actual se basa en las normas internacionales definidas en el código AWS D1.5, conocido como Código de Soldadura Estructural para Puentes de Acero. Este informe, redactado por la Sociedad Americana de Soldadura, define los requerimientos técnicos particulares para la soldadura en estructuras metálicas diseñadas para puentes. Su objetivo principal es asegurar la calidad y la seguridad estructural de las uniones soldadas, reduciendo el peligro de errores que puedan poner en riesgo la integridad del trabajo y la seguridad humana (AWS, 2020).

El código AWS D1.5, denominado "Código de Soldadura Estructural para Puentes de Acero", es una guía técnica indispensable para la producción y montaje de puentes de metal. Su relevancia se basa en que ofrece normas exactas para el diseño, realización, revisión y prueba de soldaduras, garantizando que estas satisfagan elevados criterios de calidad y resistencia. Es crucial implementar este código para asegurar la integridad estructural de los puentes, disminuir la posibilidad de errores en el servicio y salvaguardar la seguridad de los usuarios. Además, posibilita la estandarización de los procesos de soldadura, simplificando la supervisión del proceso y el seguimiento de los trabajos ejecutados en la obra.

Además, el código de referencia vigente para la soldadura estructural en acero es el AWS D1.1/D1.1M:2020, también otorgado por la Sociedad Americana de Soldadura. Este informe define normas para la elección de materiales, técnicas de soldadura, acreditación del personal y normas de revisión. Principalmente se centra en los aceros de baja aleación y al carbono, frecuentemente empleados en infraestructuras como edificaciones y puentes (AWS, 2020).

En este marco, la meta de este estudio de titulación es establecer las tolerancias técnicas de acuerdo con la normativa AWS D1.5, con el propósito de asegurar el seguimiento y la regulación de las variables que participan en el proceso de soldadura. Este control se implementará particularmente en la producción de puentes en el seno de la compañía LABSOL.

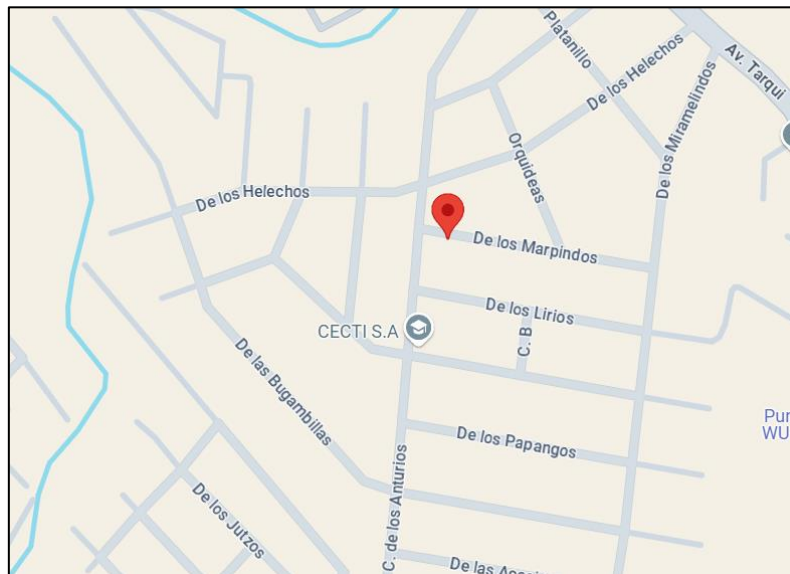
En la actualidad, la compañía se encuentra con la necesidad de llevar a cabo un estudio detallado del proceso de soldadura. En el contexto de una constructora de puentes, este proceso puede verse afectado por diversos elementos, tales como la calidad de los materiales utilizados y el grado de formación de los trabajadores. Además, factores externos como la rivalidad en el mercado y las variaciones en los precios también tienen un impacto considerable (Carrión, 2020).

Todas estas variables afectan de manera directa la calidad del producto final, los gastos de producción y la reputación de la compañía. Por lo tanto, es crucial reconocerlas y gestionarlas de forma eficiente para garantizar la excelencia en la realización de los proyectos.

### **Área De Estudio:**

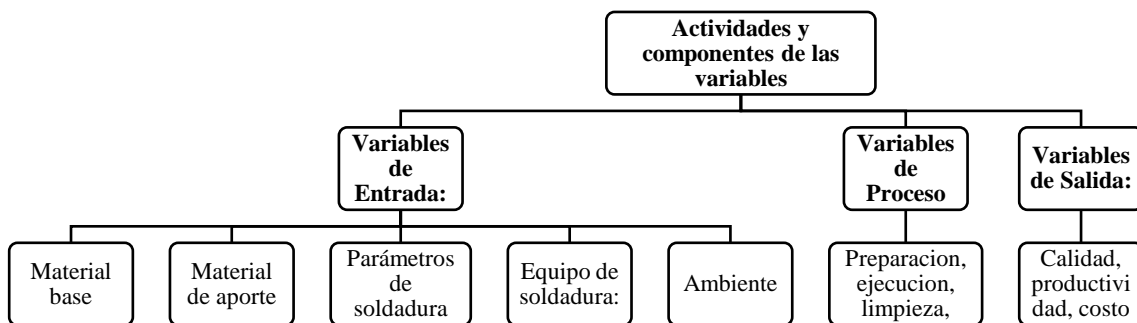
El estudio se lleva a cabo en la compañía LABSOL, situada en la provincia de Pastaza, Ecuador como se muestra en la imagen No.1, especializada en la producción de estructuras de metal, en particular puentes. Este ambiente proporciona las condiciones técnicas adecuadas para implementar un modelo de control de calidad en la soldadura. La puesta en marcha de este modelo se respalda en un esquema operativo creado para

garantizar la eficacia del proceso desde la planificación hasta la realización y evaluación como se muestra en la Imagen No.2.



**Imagen No. 1:** Ubicación de la empresa LABSOL, Pastaza, Ecuador

**Fuente:** Google Maps



**Imagen No. 2:** Modelo operativo del control de variables procesos de soldadura.

**Elaborado por:** Chimborazo,2025.

La implementación de la Normativa de Procedimientos de Soldadura (WPS) es esencial para asegurar la uniformidad en los procedimientos de soldadura. Este informe técnico establece parámetros fundamentales como la corriente, el voltaje, el tipo de electrodo y el gas de protección, lo que facilita la reducción de variaciones y fallos durante la implementación. Como indica Jordan (2023), el WPS funciona como orientación para el equipo técnico y simplifica la revisión de acuerdo a estándares como la norma AWS

D1.1/D1.5, garantizando así el cumplimiento de requisitos estructurales internacionales (AWS, 2020).

En esta situación, también se toman en cuenta las normas de la AWS D1.5, que se aplican a la soldadura de puentes. Esta norma define parámetros específicos para procedimientos, formación del personal e inspecciones, con el objetivo de asegurar la integridad estructural de las uniones soldadas.

En Ecuador, los requisitos para el acero estructural empleado en edificaciones metálicas incluyen alta resistencia a la tracción, ductilidad, soldabilidad y resistencia a la corrosión. El acero ASTM A588, utilizado por LABSOL, cumple con estos requerimientos. De acuerdo con SUMITEC (2020), este material muestra una excelente resistencia mecánica y longevidad ante entornos húmedos, típicos de regiones tropicales. La Tabla No.1 presenta las características mecánicas de los aceros más empleados en edificaciones metálicas en la nación.

**Tabla No. 1:** Aceros para la construcción de estructuras metálicas.

<b>Tipo de acero</b>	<b><i>F<sub>y</sub></i> (MPa)</b>	<b><i>F<sub>u</sub></i> (MPa)</b>
<b>ASTM A36</b>	250	400-550
<b>ASTM A572 Grado.50</b>	345	450
<b>ASTM A588</b>	345	450

**Fuente:** ASTM, 2021

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

Las uniones soldadas pueden tener discontinuidades internas o externas, como fisuras o inclusiones, que necesitan ser controladas a través de una revisión visual y pruebas no destructivas. Si no se identifican oportunamente, estas imperfecciones pueden poner en riesgo la calidad del producto final (Jhajj; Sharma; Singh, 2021). En este contexto, el modelo operativo sugerido incorpora sistemas de diagnóstico, formación, documentación, seguimiento y mejora continua, orientados a minimizar fallos y asegurar un proceso de soldadura acorde a las regulaciones (Mendez et al., 2021).

### Modelo operativo:

La supervisión de los factores vinculados al diseño, el estudio del material de base y de aporte, junto con las evaluaciones e inspecciones de calidad, es crucial para garantizar la resistencia, seguridad y longevidad de las estructuras metálicas. Estas variables posibilitan comprobar la aptitud del material a través de certificados y evaluaciones técnicas, mientras que requieren la formación del personal y la observancia de procedimientos particulares como el Registro de Calificación del Procedimiento de Soldadura (PQR) y la Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS). Adicionalmente, se establecen indicadores de rendimiento y auditorías regulares para promover un perfeccionamiento constante en el proceso de soldadura. La Tabla No. 2 condensa los elementos cruciales a tener en cuenta en la puesta en marcha del control de variables.

El estudio pretende abordar el reto técnico que supone la gestión eficaz de variables en la soldadura de puentes de metal, sugiriendo una solución tecnológica y metodológica apropiada para las circunstancias locales. Así, se pretende disminuir las pérdidas financieras, las fallas estructurales y los riesgos de seguridad, y aumentar los niveles de calidad en la compañía LABSOL.

**Tabla No. 2:** Variables a controlar.

<b>VARIABLES A CONTROLAR</b>					
Estudio de material base	Control de calidad y ensayos	Procedimiento WPS estandarizados	Incrementos de costos de reprocesos	No cumplimiento de D1.5	Parámetro de soldadura
<b>VARIABLES A PROCESO DE CONTROL</b>					
Aprobación del diseño, análisis de material base y material de aporte.			Control de calidad y ensayos de soldadura.		

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

#### **Presentación Propuesta:**

La propuesta que se presenta se centra en el diseño e implementación de un sistema de control para las variables clave del proceso de soldadura en la fabricación de puentes metálicos en la empresa LABSOL, ubicada en Puyo, Pastaza. Este trabajo final abarca un estudio detallado de las dos variables críticas que han sido identificadas, aplicadas en la ejecución del proyecto de fabricación de vigas metálicas para un puente.

Las variables del proceso de soldadura en las que se trabajará en el presente estudio son las siguientes:

- 1) Variable de aprobación del diseño, análisis del material base y material de aporte.
- 2) Variable de control de calidad y ensayos de soldadura.

#### **1) Variable de aprobación del diseño, análisis del material base y material de aporte.**

El plano referencial es el documento técnico que integra la geometría exacta del puente, alineación, elevación, secciones transversales, ubicación de componentes estructurales y conexiones viales, el detalle se muestra en el Anexo No. 4:.

#### **Plano de taller**

El plano de taller constituye la base fundamental para elaborar los detalles de cortes y uniones, la lista de materiales y la planificación de la optimización de materias primas, el detalle se muestra en el anexo 2. Este documento técnico es esencial para la producción de elementos estructurales de alta calidad, ya que reduce procesos repetitivos y asegura que el puente cumpla con los requisitos de durabilidad.

En este caso, el plano refleja la estructura del puente vehicular y su conexión sobre el río Tigre, ubicado en la parroquia Mera, cantón Mera, provincia de Pastaza. Además de ser una obra de infraestructura vial, el proyecto representa un precedente importante para la investigación y el desarrollo local, pues busca fortalecer la conexión de Mera con el resto de la provincia, el detalle se muestra en el anexo 3.

La construcción de este puente facilitará el acceso, promoverá el crecimiento económico y social de la zona, y optimizará el transporte de personas y mercancías, generando un impacto positivo en la calidad de vida de la población local.



**Imagen No. 3:** Puente sobre el río Tigre

**Fuente:** Chimborazo, 2025

### **Certificación de materiales**

Es crucial comprobar el material de construcción empleado en la construcción del puente vehicular sobre el río Tigre, ubicado en la parroquia Mera, Cantón Mera, provincia de Pastaza, para garantizar el cumplimiento de las exigencias estructurales definidas durante la etapa de planificación. La responsabilidad del proveedor es suministrar un certificado de calidad que confirme que los cortes de acero ASTM A588 cumplen con las especificaciones técnicas establecidas.

Este reporte debe contener información detallada sobre la rastreabilidad del material, asegurando así su origen, composición y calidad en cada etapa del proceso productivo.

Esta certificación no solo garantiza las propiedades mecánicas y químicas del acero, sino también su capacidad para procedimientos de soldadura en circunstancias críticas, conforme a la norma AWS D1.5:2020 Bridge Welding Code, en particular con lo detallado en la sección 3. El cumplimiento de esta normativa asegura que el acero sea resistente a la corrosión, resistiendo eficientemente los elementos del entorno y las cargas estructurales, un factor esencial para prolongar la vida útil del puente.

El acero ASTM A588 se caracteriza por su alta resistencia frente a la corrosión atmosférica y por su extraordinario rendimiento estructural. Como se evidencia en el certificado técnico correspondiente, este material cumple con los estándares de calidad necesarios para proyectos de infraestructura vial vital, asegurando su durabilidad y confiabilidad en las operaciones a través de los años.

### **Diseño del procedimiento de soldadura (WPS) y calificación de soldadores**

La elaboración y ejecución de una Normativa de Procedimientos de Soldadura (WPS) aprobada es un componente técnico crucial en la ejecución de soldaduras estructurales. En el puente del Tigre, se creó y capacitó específicamente el WPS para garantizar la integridad de las uniones en las vigas metálicas que conforman la superestructura. El método ha sido aprobado para su aplicación en todas las fases de producción, desde el taller hasta la instalación en terreno, incluyendo revisiones previas y posteriores a la soldadura, conforme a la norma AWS D1.5:2020.

El procedimiento identificado como WPS 901 indica la aplicación del método de Shielded Metal Arc Welding (SMAW), ideal para ambientes expuestos al viento dado que no requiere gas de protección (WPS 901, 2022). Este método se enriquecerá con el uso de la Flux-Cored Arc Welding (FCAW), que permite una mayor velocidad de deposición y un desempeño superior en posiciones difíciles o al manejar materiales de gran espesor (Gavrilovich, 2020).

Los dos procesos necesitan parámetros técnicos establecidos como el tipo de electrodo, la corriente, el voltaje, la geometría de la junta, la preparación de las superficies y las condiciones del entorno para la soldadura. Estas especificaciones son esenciales para

garantizar la homogeneidad del procedimiento, reducir fallos y satisfacer las demandas estructurales (Jordan, 2023).

Adicionalmente, la capacitación de los soldadores es un requerimiento fundamental. Solo los empleados acreditados tendrán la capacidad de realizar las uniones de acuerdo a los procedimientos establecidos. Esto garantiza que todo procedimiento de soldadura cumpla con los estándares de resistencia y seguridad establecidos (John, 2020). La formación técnica, el análisis regular y la acreditación del personal son elementos esenciales que influyen directamente en la calidad del trabajo realizado.

Como propuesta de optimización, se sugiere el desarrollo de WPS distintos para los procesos SMAW y FCAW, detallando con exactitud los parámetros técnicos y las condiciones operativas requeridas. Esta regulación del procedimiento asegurará la rastreabilidad, la eficiencia en las operaciones y la calidad estructural de las uniones soldadas durante todo el desarrollo del proyecto (Carll, 2020).

En el **Anexo No. 4:** se muestra la especificación del procedimiento de soldadura WPS.

El método WPS 902 dicta la utilización de material de aporte a través de alambre tubular con el proceso FCAW autoprotegido, el cual no requiere gas de protección externo, ya que el propio núcleo del alambre genera los gases y la escoria necesarios para proteger el baño de soldadura, permitiendo su aplicación en entornos al aire libre y con presencia de viento. En la producción de vigas metálicas para puentes, se pueden utilizar ambos métodos disponibles, lo que facilita el trabajo seguro tanto en la instalación industrial como en la construcción. Estos procedimientos han demostrado ofrecer resultados excepcionales en los ensayos de soldadura, garantizando su aprobación para la liberación y entrega del proyecto.

En el **Anexo No. 5** se muestra la especificación del procedimiento de soldadura WPS para FCAW.

Las directrices AWS D1.5:2020 definen rigurosas tolerancias técnicas para todos los procedimientos de soldadura requeridos para el montaje del puente metálico para uso vehicular. Según esta normativa, el tamaño del cordón de soldadura en uniones a tope debe fluctuar entre 0 y 3 mm, con una penetración que exceda el 100% del grosor del material. Además, la concavidad o convexidad de los cordones no debe exceder los 105 mm.

En relación a los defectos, se establece que el diámetro de la porosidad no debe superar los 3.2 mm, las mordeduras deben mantenerse a una profundidad de 0.8 mm, y las inclusiones de escoria no deben exceder los 25 mm de longitud en segmentos de 300 mm. Según la sección 6 de la AWS D1.5:2020, estas tolerancias aseguran la calidad estructural del puente. El inspector de soldadura por el método de líquidos penetrantes nivel II deberá examinar cualquier cambio generando un informe de no conformidad.

La Imagen No 7 ilustra el método para verificar las dimensiones de un componente estructural, que es uno de los elementos de control de calidad empleados durante la ejecución del proyecto. Es fundamental la supervisión dimensional para garantizar que los componentes metálicos se elaboren conforme a las especificaciones del diseño, evitando errores en la instalación que puedan comprometer la solidez de la estructura (Jordan, 2023). La correcta implementación asegura la calidad del producto final, simplifica la precisión en la construcción de los componentes y garantiza el cumplimiento de normas técnicas como AWS D1.5. Adicional, al detectar desviaciones a tiempo, se optimizan los recursos y se evitan labores superfluas.

Para perfeccionar este proceso, se recomienda la implementación de un sistema integral de verificación dimensional desde la fabricación hasta el montaje final (Tamborero, 2019). Este sistema debería contemplar el uso de herramientas de medición precisas como micrómetros y calibradores, además de realizar revisiones sistemáticas en cada fase del proyecto. Es vital mantener un registro detallado de todas las mediciones, además de capacitar al personal en el uso adecuado de los instrumentos y en la correcta interpretación de planos y tolerancias. Estas medidas contribuirán significativamente a garantizar estructuras seguras, duraderas y conforme a lo proyectado.



**Imagen No. 4** Verificación dimensional de tolerancias conforme a AWS D1.5:2020.

**Fuente:** Chimborazo,2025.

La evaluación visual de los componentes estructurales fabricados es un recurso crucial para garantizar la calidad y la seguridad en proyectos de construcción de metal. Promueve la identificación temprana de errores como fisuras, poros, deformaciones o uniones soldadas incorrectas, previo a la colocación de los componentes (Toapanta, 2021). La Ilustración No.8 muestra perfiles de acero ASTM A588, cuyo primer análisis visual asegura que no presenten deterioro a causa del traslado o almacenamiento. Esta técnica no destructiva se caracteriza por su rapidez, bajo costo y capacidad para detectar irregularidades superficiales. Su puesta en marcha asegura el cumplimiento de las especificaciones técnicas y promueve la prevención de fallos estructurales, evitando así trabajos de rehacer y optimizando los recursos. Además, al ser necesario por normativas como la AWS D1.5, es crucial para comprobar la calidad del proceso productivo.

En la Ilustración No. 9, se nota la aplicación del procedimiento de líquidos penetrantes para la revisión de una soldadura. Este método posibilita descubrir fisuras u otras discontinuidades que no son perceptibles a primera vista, asegurando una valoración más exacta.

En conclusión, la revisión visual ayuda a identificar defectos de manera oportuna, garantizar el cumplimiento de los planos y normativas, y prevenir inconvenientes de

mayor envergadura en la estructura final. Las imágenes demuestran su uso tanto en perfiles guardados como en uniones soldadas, destacando su relevancia en todo el proceso de construcción.



**Imagen No. 5:** Inspección visual de perfiles estructurales acero ASTM A588.

**Fuente:** Chimborazo,2025



**Imagen No. 6:** Ensayo con líquidos penetrantes para detectar defectos en soldaduras.

**Fuente:** Chimborazo,2025

El ensayo no destructivo con líquidos penetrantes es un procedimiento comúnmente empleado para detectar defectos superficiales en materiales y procedimientos de soldadura. Este procedimiento se basa en la capacidad de un líquido penetrante de infiltrarse en zonas discontinuas como fisuras, porosidades o falta de fusión. Luego, mediante el uso de un líquido revelador, estos defectos se presentan, lo que simplifica su reconocimiento visual. La implementación de este método es esencial para el control de

la calidad de los procesos de soldadura, especialmente en áreas donde la integridad estructural es esencial. Su uso permite cumplir con normas técnicas como la AWS D1.5, que regula la soldadura en estructuras metálicas y puentes (American National Standard, 2020).

En la categoría de pruebas no destructivas, el método de líquidos penetrantes destaca por su efectividad, bajo costo y facilidad de aplicación. Esta técnica potencia las revisiones visuales convencionales al simplificar la detección de imperfecciones que, en caso de no ser identificadas a tiempo, podrían comprometer la resistencia y seguridad de las estructuras. (Ferrer, 2021; Carrión, 2020a).

La compañía LABSOL, situada en Puyo, en la provincia de Pastaza, actualmente está llevando a cabo el proyecto "Ejecución del puente vehicular y accesos sobre el río Tigre, parroquia Mera, cantón Mera, provincia de Pastaza". Este proyecto implica la producción de vigas de metal, cuya calidad se basa en gran parte en la supervisión técnica durante el procedimiento de soldadura. LABSOL funciona bajo la dirección de Elise Chimborazo y dispone del apoyo administrativo de Gabriela Iglesias en el sector contable. La compañía emplea técnicos especializados de manera temporal de acuerdo a las demandas particulares de cada proyecto. No obstante, tiene dos puntos débiles técnicos cruciales: la aprobación adecuada del diseño con sus correspondientes análisis de materiales, y la administración del control de calidad y pruebas de soldadura.

En la actualidad, los retrasos en el proceso de aprobación del diseño impactan directamente en la planificación y realización de la obra. A menudo, la documentación técnica requerida se proporciona parcial o anticuada, lo que complica la toma de decisiones y provoca inconsistencias durante la producción. Estos inconvenientes incrementan la posibilidad de fallos en la construcción y demoras considerables. A esto se añade una planificación inadecuada en el corte del material base, lo que provoca desperdicio de acero por cortes incorrectos, a causa de la falta de supervisión y la falta de un sistema de seguimiento eficaz. Adicionalmente, el material de aporte experimenta degradaciones debido a la exposición a la humedad, lo que disminuye su calidad y provoca discontinuidades durante la soldadura.

Frente a estos obstáculos, se sugiere poner en marcha mejoras organizadas en tres sectores fundamentales: diseño, material de base y material de contribución. En cuanto al diseño, se aconseja fijar tiempos límite para cada etapa de revisión y agrupar toda la documentación técnica en un sitio web, lo que simplificará el acceso a los datos y optimizará la coordinación entre los distintos departamentos. Respecto al material básico, se recomienda implementar un sistema de aprobación anticipada de cortes y ordenar el almacenaje a través de codificación y señalización, mejorando de esta manera la gestión del inventario. En relación con el material de contribución, se sugiere un control estricto de las condiciones de almacenaje, con seguimiento de la humedad y la ventilación, además de un registro minucioso del uso de materiales para evitar pérdidas y mejorar la organización de compras.

En términos de supervisión de calidad y pruebas de soldadura, LABSOL actualmente muestra falencias en la estructuración de la documentación técnica y en la capacidad de seguimiento de los procesos. Esto complica el estudio de los resultados y provoca demoras por la identificación tardía de fallos, que implican reprocesos y desperdicio de materiales. Igualmente, la aplicación de pruebas no destructivas se topa con elevados gastos y una planificación inadecuada, lo que obstaculiza el progreso de la producción.

Para afrontar estos retos, se sugiere la aplicación de formularios digitales estandarizados para la supervisión de calidad, con registros al día de procedimientos, resultados de inspecciones y criterios de aprobación. Esta digitalización posibilitará una administración del proceso más eficaz y rastreada, disminuyendo fallos y simplificando la toma de decisiones técnicas en tiempo real. Respecto a los END, se recomienda la programación previa de las inspecciones dentro del calendario del proyecto, manteniendo un control estricto del progreso de producción, para garantizar que estas evaluaciones se lleven a cabo de forma puntual, sin interrumpir las otras tareas de construcción.

En última instancia, la implementación de esquemas de diseño proporcionados por el Gobierno Provincial de Pastaza ha sido esencial para la organización global del trabajo. A pesar de que estos diseños no tratan detalles constructivos específicos, su objetivo primordial ha sido guiar la disposición global de los componentes de la obra. Además,

facilitan la optimización del empleo del acero durante la corte de planchas, disminuyendo los residuos y aumentando la eficacia en la utilización de materiales. Por lo tanto, el diseño no solo cumple una función informativa y organizacional, sino que también se convierte en un instrumento esencial para la sostenibilidad del proyecto.

En conclusión, el empleo del método de líquidos penetrantes en el sistema de control de calidad de LABSOL, sumado a mejoras en la administración del diseño y los materiales, potenciará la capacidad operativa de la compañía, incrementará la calidad de sus productos y fortalecerá su posición competitiva en el sector de estructuras metálicas.

### **Resultados esperados:**

Los resultados previstos están en consonancia con las metas de LABSOL y reflejan tanto los objetivos numéricos como cualitativos que se buscan alcanzar a través de la aplicación del sistema de control de variables en el proceso de soldadura para la producción de puentes.

1) Mejora en la gestión de documentación para control de variables.

- Implementación exitosa del sistema de control documental de planos, normativas y certificaciones.
- Reducción de errores de documentación.

2) Optimización del Control de Materiales de base y aporte.

- Reducción de desperdicios de materiales
- Mejor control de inventarios de consumibles
- Aumento de la vida útil de los materiales base y de aporte mediante correcto almacenamiento

3) Mejora en la Calidad de Soldadura.

- Reducción de defectos de soldadura
- Asegurar la preparación de las juntas, preparación de biseles para que la soldadura sea exitosa.
- Mayor calidad de las soldaduras.

5) Cumplimiento de normativas.

- Cumplimiento con códigos y estándares aplicables

- Personal calificado según normativas vigentes.

6) Impacto económico.

- Reducción de costos por reprocesos
- Optimización del uso de materiales
- Mejor planificación de recursos
- Incremento en la rentabilidad del proyecto

**Cronograma de actividades:**

El calendario de tareas de mi trabajo de titulación está concebido para estructurar eficazmente cada fase del procedimiento. Incorpora tiempos concretos para la recolección de datos, análisis, escritura y evaluación, garantizando la realización de los objetivos y fechas fijadas.

**Tabla No. 3:** Ejecución De La Propuesta.

Actividades		Año 2024 / 2025				
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	
		Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	
Periodo 1	1	TEMA DE ESTUDIO				
	2	Evaluación y análisis de objetivos				
	3	Presentación del capítulo I				
	4	Corrección del capítulo				
	5	Información bibliográfica				
Periodo 2	6	Presentación del capítulo II				
	7	Análisis bibliográficos				
	8	Corrección del capítulo II				
	9	Análisis de variables				
Periodo 3	10	Selección de variables de estudio				
	11	Presentación del capítulo III				
	12	Corrección del capítulo III y avance del capítulo IV				
	13	Objetivos de estudios identificar y ejecutar				
	14	Implementar procedimientos específicos de soldadura (WPS)				
Periodo 4	15	Realizar talleres de actualización con capacitadores competentes				
	16	Elaborar formatos codificados manuales				

17	Establecer las tolerancias técnicas bajo normativa vigente AWS D1.5				
18	Capítulo v				
19	Conclusiones				
20	Recomendaciones				

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

Durante la etapa de implementación, se realizó un estudio detallado de las variables propuestas en el calendario de trabajo, con la finalidad de perfeccionar cada etapa del proceso de edificación. En esta fase, se realizaron evaluaciones minuciosas de las condiciones anteriores y presentes de los procedimientos operativos, detectando áreas esenciales que requerían modificaciones y mejoras en su implementación. Este estudio no solo proporcionó una perspectiva más precisa de los recursos existentes, sino también de los potenciales obstáculos que podrían impactar el progreso de la obra.

El calendario de implementación se organizó de tal forma que posibilitara un monitoreo constante y modificaciones dinámicas de acuerdo a las demandas surgidas durante el proceso. Se trataron factores como la aprobación del diseño, que anteriormente había sufrido demoras, garantizando que todos los documentos y procedimientos estuvieran finalizados y al día antes de comenzar la implementación. Así, se intentó reducir los efectos en los plazos de entrega y asegurar la disponibilidad de los recursos requeridos en el instante oportuno.

Entre las variables propuestas, también se incorporaron las vinculadas a la administración de materiales, tales como los planchones de acero y el material de aporte, instaurando protocolos más rigurosos para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad y seguimiento del material. Además, se establecieron controles más estrictos para prevenir inconvenientes como la humedad en los materiales, mejorando de esta manera el almacenamiento y la gestión del inventario, con el objetivo de prevenir tanto la falta como el exceso de stock.

Este enfoque holístico en la etapa de implementación posibilitó que cada una de las variables propuestas fuera analizada y modificada conforme a las demandas del proyecto,

favoreciendo una implementación más eficaz y en concordancia con los objetivos de calidad y tiempo fijados en el calendario. En consecuencia, se anticipa que estas mejoras influyan de manera positiva en la disminución de residuos, la optimización de recursos y la observancia de los tiempos de entrega, potenciando la competitividad de la compañía y la calidad del trabajo final.

**Tabla No. 4:** Cronograma de Actividades de Control de Calidad y Seguimiento

Actividades		Año 2024 / 2025				
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	
		noviembre	diciembre	enero	febrero	
variable 1	1	Control Planos Referenciales				
	2	Sistema de Certificación de Materiales				
	3	Control de Material Base				
	4	Control de Material de Aporte				
	5	Desarrollo de WPS y Calificación				
variable 2	6	Control Dimensional				
	7	Inspección Visual				
	8	Ensayos No Destructivos				
Actividades De Integración y Cierre						
	12	Evaluación de Resultados				
	13	Documentación Final				
Control y Seguimiento Continuo						
	15	Formatos para Reuniones de seguimiento				
	16	Auditorías internas				
	17	Formatos para Actualización de registros				

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Variable 1:**

Aprobación del diseño, análisis del material base y material de aporte.

Durante la edificación del puente vehicular, una de las variables clave a tener en cuenta es la aprobación del diseño, el estudio del material de base y el material de contribución. Esta variable influye directamente en la organización y realización de la obra, pues

asegura que todos los materiales y documentos requeridos para la edificación estén adecuadamente verificados antes de comenzar la etapa de construcción.

Es fundamental la aprobación del diseño para garantizar que el proyecto satisfaga los requisitos técnicos y las regulaciones vigentes, previniendo trabajos de rehacer o cambios en etapas subsiguientes. Sin la aprobación adecuada del diseño, los plazos de edificación pueden verse comprometidos, provocando demoras y problemas en la coordinación entre los distintos participantes en el proyecto.

Respecto al material de base, es esencial realizar un estudio detallado de los planchones de acero empleados para asegurar que satisfacen las especificaciones técnicas necesarias para la construcción. Este estudio garantiza que los materiales son idóneos para resistir las circunstancias del proyecto, previniendo posibles fallas en la estructura.

El material de suministro, como los electrodos de soldadura, también necesita ser evaluado para asegurar su calidad y condiciones de almacenaje. La humedad y otros elementos del entorno pueden deteriorar estos materiales, impactando la calidad de las uniones soldadas y la longevidad del puente. Por esta razón, se establecieron acciones para garantizar el correcto almacenamiento y manejo de estos materiales, impidiendo que se transformen en un elemento de riesgo.

Es esencial el estudio de estas variables para maximizar la utilización de los recursos, disminuir los residuos y asegurar la calidad del producto final. Dicho análisis permite no solo optimizar los procesos productivos, sino también garantizar un uso más responsable y sostenible de los insumos, lo que se traduce en beneficios económicos, ambientales y sociales.

En la etapa de implementación, se han puesto en práctica métodos y estrategias de control que permiten tratar eficazmente estas variables, minimizando los márgenes de error y aumentando la eficiencia en cada fase del proceso. Asimismo, se ha establecido un sistema de verificación continua que asegura que todos los materiales empleados sean

adecuados para la edificación, cumpliendo con los estándares técnicos, los criterios de seguridad estructural y las normas de calidad requeridas.

**Tabla No. 5:** Plan Operativo de Control de Calidad

Actividad	Recursos	Indicadores	Responsable	Relación con Objetivos
<b>1. Control Planos Referencial</b>	Software, Computador, Impresora	Porcentaje de planos, N.º de correcciones	Ingeniero de diseño	Apoya el objetivo 3 al garantizar la correcta interpretación de planos para optimizar el uso del acero ASTM A588 y el objetivo general al reducir errores que generan desperdicio.
<b>2. Sistema de Certificación de Materiales</b>	Base de datos, Personal técnico	Porcentaje de materiales certificados, N.º de no conformidades	Ingeniero de calidad	Vinculado al objetivo 1 y objetivo general, asegurando que los materiales cumplan con normas internacionales y reduciendo defectos en la soldadura.
<b>3. Control de Material Base</b>	Equipos de medición, Personal técnico	Porcentaje de material analizado, Resultado de composición	Ingeniero de materiales	Relacionado con objetivo 1 y objetivo general, validando que el acero ASTM A588 cumpla con las propiedades necesarias para uniones de calidad.
<b>4. Control de Material de Aporte</b>	Bodega, Personal de bodega	Control de inventario	Bodeguero	Contribuye al <b>OE2</b> y <b>OG</b> al asegurar que el material de aporte sea el adecuado y esté disponible para el proceso, evitando retrasos y errores.
<b>5. Desarrollo de WPS y Calificación</b>	Equipos de soldadura, Inspector certificado	N.º de WPS aprobados, Soldadores calificados	Inspector de soldadura	Directamente relacionado con <b>OE2</b> y <b>OG</b> , estableciendo procedimientos estandarizados que controlan variables críticas del proceso de soldadura.

**Fuente:** LABSOL, 2025.

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Variable 2:** Variable de control de calidad y ensayos de soldadura.

Durante el proceso de producción y edificación del puente vehicular, uno de los factores cruciales para asegurar la calidad y la longevidad de la estructura es el control de calidad y las pruebas de soldadura. Esta variable es esencial, dado que las uniones soldadas desempeñan un rol crucial en la resistencia y estabilidad del puente, lo que significa que cualquier fallo en el procedimiento de soldadura podría poner en riesgo la seguridad del trabajo.

El control de calidad en las soldaduras se establece a través de procedimientos estrictos que aseguran que cada unión cumpla con los requisitos técnicos y normativos. Se deben seguir procedimientos específicos, como los Procedimientos de Soldadura (WPS, por sus siglas en inglés), para regular las condiciones de ejecución y garantizar que se mantengan los estándares de calidad. Estos procedimientos especifican parámetros como la corriente de soldadura, el tipo de electrodo, la velocidad de avance, entre otros, que son esenciales para obtener un resultado satisfactorio en las uniones soldadas.

El control de calidad en las soldaduras se establece a través de procedimientos estrictos que aseguran que cada unión cumpla con los requisitos técnicos y normativos. Se deben seguir procedimientos específicos, como los Procedimientos de Soldadura (WPS, por sus siglas en inglés), para regular las condiciones de ejecución y garantizar que se mantengan los estándares de calidad. Estos procedimientos especifican parámetros como la corriente de soldadura, el tipo de electrodo, la velocidad de avance, entre otros, que son esenciales para obtener un resultado satisfactorio en las uniones soldadas.

Esta variable de control de calidad y pruebas de soldadura no solo asegura que las uniones metálicas sean seguras y perdurables, sino que también optimiza la utilización de los recursos al permitir la detección y rectificación temprana de cualquier imperfección antes de que esta se transforme en un problema de mayor envergadura. Dicho control incluye la aplicación de ensayos no destructivos, inspecciones visuales, verificación dimensional y pruebas mecánicas, que garantizan la confiabilidad de cada cordón de soldadura y la adecuada continuidad estructural del puente.

La implementación de un control estricto en este sector favorece la disminución de fallos recurrentes, reduce costos asociados a reparaciones y retrabajos, e incrementa la eficacia en la ejecución de las construcciones metálicas al mantener un flujo de trabajo uniforme.

**Tabla No. 6** Plan de Inspección, Evaluación y Documentación.

<b>Actividad</b>	<b>Recursos</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>
<b>1. Control Dimensional</b>	Equipos de medición Personal técnico	Porcentaje de elementos verificados	Inspector de calidad
<b>2. Inspección Visual</b>	Equipos de inspección Personal técnico	Porcentaje de juntas inspeccionadas	Inspector de calidad
<b>3. Ensayos No Destructivos</b>	Materiales de ensayo Personal técnico	Porcentaje de juntas ensayadas	Inspector de soldadura
<b>4. Evaluación de Resultados</b>	Documentación Equipo de análisis	Mejoras identificadas Objetivos cumplidos	Jefe de proyectos
<b>5. Documentación Final</b>	Personal administrativo	Sistema organizado Archivos completos	Coordinador de documentación

**Fuente:** LABSOL, 2025.

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Tabla No. 7:** Control y seguimiento continuo

<b>Actividad</b>	<b>Recursos</b>	<b>Respaldos</b>
Reuniones de seguimiento	Sala de reuniones Equipo técnico	Actas de reunión Informes de avance
Auditorías internas	Personal de calidad Documentación	Reportes de auditoría Planes de acción
Actualización de registros	Sistema informático Personal administrativo	Registros actualizados Base de datos

**Fuente:** LABSOL, 2025.

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

Es crucial considerar que las tareas del proyecto pueden interconectarse dependiendo de las necesidades particulares que surjan durante su ejecución. Los plazos establecidos son

calculados y pueden ser modificados en base al progreso real y las circunstancias del ambiente. Además, es necesaria una constante coordinación entre los diferentes departamentos implicados para garantizar una implementación eficaz. Finalmente, es crucial que los recursos estén accesibles de acuerdo al calendario fijado, para prevenir demoras y asegurar el logro de los objetivos.

### **Análisis de costos:**

### **Cronograma valorado de componentes y actividades.**

Los ensayos destructivos y no destructivos tienen una relación directa con el objetivo global de establecer y validar los procedimientos de soldadura (WPS), ya que constituyen la evidencia técnica que garantiza la calidad, confiabilidad y seguridad de las uniones soldadas en la fabricación de puentes.

Por un lado, los ensayos destructivos (tensión, doblado, impacto, dureza, etc.) permiten evaluar de manera precisa las propiedades mecánicas de la soldadura, verificando que las juntas cumplen con las especificaciones de resistencia y ductilidad exigidas por normas internacionales. Estos resultados sirven para calificar los WPS y confirmar que el procedimiento propuesto es adecuado para el acero ASTM A588 y las condiciones de servicio de la estructura.

Por otro lado, los ensayos no destructivos (líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonido, radiografía, entre otros) se aplican durante la ejecución para inspeccionar la integridad de las soldaduras sin dañar la estructura. Su función es detectar discontinuidades internas o superficiales, lo que permite garantizar la confiabilidad del proceso y reducir la probabilidad de fallas prematuras.

En conjunto, los ensayos de soldaduras por el método de líquidos penetrantes y ultrasonidos aseguran que las variables críticas del proceso de soldadura como material base, material de aporte, parámetros de soldadura y habilidad del soldado estén controladas y validadas. Esto se traduce en un cumplimiento efectivo de los WPS, en la reducción de defectos, en el aprovechamiento óptimo de los recursos y, sobre todo, en el

aseguramiento de la calidad y durabilidad de los puentes que fabrica la empresa LABSOL.

**Variable 1: Aprobación del diseño, análisis del material base y material de aporte**

**Tabla No. 8:** Distribución de Recursos y Presupuesto por Actividades.

Actividades	Mes 1 \$	Mes 2 \$	Mes 3 \$	Mes 4	Mes 4	Total \$
<b>Plano referencial de diseño</b>						
Software	2,500					2,500
Consumibles	1,800					1,800
Personal técnico	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	6,000
<b>Certificación de materiales</b>						
- Archivo digital	1,500					1,500
<b>- Equipos de oficina</b>	1,000					1,000
<b>- Personal administrativo</b>	800	800	800	800	800	4,000
<b>Análisis material base</b>						
<b>- Equipos de medición</b>		3,500				3,500
<b>- Laboratorio de pruebas</b>		2,500	2,500			5,000
<b>- Personal especializado</b>		1,500	1,500	1,500	1,500	6,000
<b>- Análisis material aporte</b>						
<b>- Equipos de control</b>		2,000				2,000
<b>- Almacenamiento especial</b>		1,500				1,500
<b>- Personal técnico</b>		1,000	1,000	1,000	1,000	4,000
<b>WPS y calificación</b>						
<b>- Equipos de soldadura</b>			4,000			4,000
<b>- Materiales de prueba</b>			2,000			2,000
<b>- Personal certificado</b>			2,500	2,500		7,000

Fuente: LABSOL, 2025.

Elaborado por: Chimborazo, 2025.

**Variable 2: Variable de control de calidad y ensayos de soldadura.**

**Tabla No. 9:** Variable De Control De Calidad.

Actividades	Mes 1 \$	Mes 2 \$	Mes 3 \$	Mes 4 \$	Total \$
<b>Control dimensional</b>					
<b>Equipos de medición</b>		3,000			3,000
<b>Calibración</b>		1,000			1,000

<b>Personal técnico</b>		1,200	1,200	1,200	3,600
<b>Inspección visual</b>					
<b>Equipos de inspección</b>		2,500			2,500
<b>Herramientas especiales</b>		1,000			1,000
<b>Inspector certificado</b>		1,800	1,800	1,800	5,400
<b>Ensayos por líquidos penetrantes y ultrasonidos.</b>					
<b>Equipos END</b>		5,000			5,000
<b>Materiales de ensayo</b>		1,500	1,500		3,000
<b>-Personal certificado END</b>		2,000	2,000	2,000	6,000

Fuente: LABSOL, 2025.

Elaborado por: Chimborazo, 2025.

**Tabla No. 10:** Resumen De Inversión Mensual.

<b>Mes</b>	<b>Inversión (\$)</b>	<b>Acumulado (\$)</b>	<b>% del total</b>
<b>Mes 1</b>	8,000	8,800	12.2 %
<b>Mes 1-2</b>	14,000	22,800	31.7 %
<b>Mes 2-3</b>	29,200	52,000	72.2 %
<b>Mes 3</b>	12,000	64,000	88.9 %
<b>Mes 3-4</b>	8,000	72,000	100 %

Fuente: LABSOL, 2025.

Elaborado por: Chimborazo, 2025.

Los costos incluyen:

- Adquisición de equipos y materiales
- Contratación de personal especializado
- Capacitación y certificación
- Implementación de sistemas
- La mayor inversión se concentra en el mes 3 debido a:
- Adquisición de equipos END

- Implementación de sistemas de control
- Certificación de personal
- Consideraciones adicionales:
- Los costos son estimados y pueden variar
- Se incluye un margen para imprevistos
- Los precios están en dólares americanos
- La inversión total es de \$72,000

### **Componentes Ambientales:**

Durante la implementación del proyecto a llevar a cabo, la compañía LABSOL lleva a cabo el proceso de soldadura de los componentes prefabricados del puente en la planta LABSOL. Estos serán llevados a la obra para el montaje y ensamblaje del puente. La meta de esta acción previa es proteger el medio ambiente y disminuir la polución del agua en los ríos, causando perjuicios al ecosistema y a la flora. Dado que los desechos producidos durante el proceso de fabricación de prefabricados en planta, son almacenados directamente y enviados a los administradores. Además, al contar con una producción en planta, se disminuyen los elementos que pueden incidir en la soldadura, lo que resultaría en un incremento en el número de reprocesos y residuos. El uso de este método disminuye el efecto ambiental que puede generar el proceso de producción de un puente.

La fase subsiguiente a la producción en planta es la de montaje en terreno, lo que implica el desplazamiento de los productos prefabricados a la ubicación del proyecto. En esta fase se lleva a cabo el montaje del puente. Al concluir la labor, se recolectarán todos los desechos de materiales para su reciclaje futuro.

Al igual que el proceso de soldadura, el proceso de pintura se lleva a cabo en el 80% de la planta industrial y el 20% en la obra, con el objetivo de optimizar el tiempo y regular la contaminación.

El acero es un material de gran reutilización, lo que facilita su reaprovechamiento en varias industrias, incluyendo la fabricación de nuevos productos de acero. En el marco

de la compañía, a pesar de que no se lleva a cabo el reciclaje interno del acero, se delega a administradores expertos en reciclaje de metales, quienes se responsabilizan de procesarlo de manera correcta. Este método garantiza que el acero sobrante o desecho no se transforme en un desecho ambientalmente dañino, sino que se utilice de forma eficaz.

## **CAPITULO IV**

### **EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS**

#### **Proceso de ejecución:**

La implementación de la propuesta se basa en la necesidad de solucionar las variables cruciales que inciden en la calidad del proceso de soldadura de LABSOL. Es esencial mejorar la aprobación de diseños, la gestión de materiales y la supervisión de la calidad para perfeccionar la producción, disminuir gastos y asegurar la satisfacción del cliente.

Para llevar a cabo el control de variables conforme a las regulaciones vigentes, se desarrolla un proyecto que contempla la puesta en marcha de procedimientos específicos para la soldadura. Esto nos permitirá gestionar las variables mediante un enfoque técnico, lo que conducirá a un incremento en la calidad de las soldaduras.

**Tabla No. 11:** Tabla de soldadura de procesos después.

<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCION TOTAL</b>	<b>UNIDADES RECHAZADAS</b>	<b>PORCENTAJE DE RECHAZO</b>	<b>COSTOS DE REPARACION</b>
2024	1000	24	2.4 %	30
2025	1250	35	2.8 %	42
2026	1500	45	3 %	54

**Fuente:** LABSOL, 2025.

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

#### **Desarrollo y seguimiento**

El presente proyecto se desarrolló en 3 fases, de la siguiente manera:

1) Fase de planificación:

- Se elaboró un cronograma detallado de implementación.

**Tabla No. 12:** Cronograma de implementación.

<b>FECHAS</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>EJECUCIÓN</b>
ENERO	Elaboración y revisión de procedimientos de soldadura	OK
ENERO	Diseño de formatos y registros	OK
FEBRERO	Implementación de procedimientos	OK
FEBRERO	Monitoreo y ajuste	OK

**Fuente:** LABSOL, 2025.

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

Se llevó a cabo una formación preliminar al personal de LABSOL acerca de los procedimientos nuevos. Implementar la formación. que se realizó, de qué se hablará y cuál es la formación, todo detallando la formación.

**Tabla No. 13:** Capacitación a técnicos.

<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	Interpretación del WPS	Por cada proyecto.
2	Implementación del WPS	Al iniciar y en todas las fases del proyecto
3	Seguimiento del WPS	En todo el proyecto
4	Pruebas de calidad	Antes de entrega de proyecto

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

Se establecieron indicadores de desempeño por medio de tablas para medir el progreso de las mejoras.

2) Fase de implementación:

**Diseño:** Se implementó el control de tiempos máximos de revisión y la documentación digital. Se capacitó al personal en el uso de tablas de control.



 <b>LABSOL</b> CONTROL DE DISEÑO DE PLANO REFERENCIAL				
<b>PROYECTO:</b> Puente Río Tigre		<b>DOCUMENTO:</b> 313		
<b>CLIENTE:</b> Ing Alejandro Cajamarca				
<b>FECHA:</b> nov-24				
<b>DIRECCIÓN:</b> Pastaza.				
ITEM	DOCUMENTO	PLANO REFERENCIAL	PLANO DE TALLER	OBSERVACIONES
1	Plano referencial	SI	SI	Detalles de diseño completos
<b>NOTA:</b> PROCEDER CON EL PLANO DETALLADO				

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

La modificación sugerida en la gestión se fundamenta en incluir, en el formato de diseño del plano referencial, la petición obligatoria del plano de trabajo. Esta mejora posibilita el análisis más exacto del documento técnico y disponer de los detalles requeridos para la producción. En consecuencia, es posible iniciar de inmediato la creación del plan de corte de materiales, mejorando los tiempos y minimizando errores.

**Plano de taller.**

El plano de taller es un documento esencial en la fabricación de vigas metálicas para puentes. Este plano se diferencia de los planos de diseño referencial, contiene información detallada y precisa sobre cada elemento:

**Material Base:** Se implementó el sistema de aprobación de cortes y la señalización de áreas con códigos. Se capacitó al personal en el nuevo sistema y se realizaron pruebas de seguimiento para asegurar su correcta aplicación.

El control se basa en el formato de material base el fabricante de la materia prima facilita al comprador un certificado de material que garantiza las propiedades del mismo.

Ventajas: Se analiza el documento con un plano referencial.

Desventajas: No posee plano referencial lo cual no hay detalles.

Observaciones: obligatoriamente se necesita al calculista para que realice un seguimiento.

<b>LABSOL</b>				
<b>CONTROL DE MATERIAL BASE</b>				
				
<b>PROYECTO:</b> Puente Río Tigre		<b>DOCUMENTO:</b> 315		
<b>CLIENTE:</b> Ing Alejandro Cajamarca				
<b>FECHA:</b> oct-24				
<b>DIRECCIÓN:</b> Pastaza.				
ITEM	DOCUMENTO	PLANO REFERENCIAL	PLANO DE TALLER	OBSERVACIONES
1	CERTIFICACION DEL MATERIAL BASE	SI		
2	PLANO DE CORTE MATERIAL BASE		NO	Tratar de optimizar
<b>NOTA:</b> REUNIÓN CON EL CALCULISTA				

**Imagen No. 9:** Control, Actual Implementado

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

### **Control actual implementado**

El control se basa en el formato de material base que es la materia prima como las planchas de acero, el fabricante de la materia prima facilita al comprador un certificado de material que garantiza las propiedades del mismo.

Ventajas: Se analiza el documento con un plano de corte.

Desventajas: Ninguna.

Observaciones: Se procede a realizar los cortes del material base y se optimizan los cortes de materiales, lo cual permite medidas precisas.

 <b>LABSOL</b> <b>CONTROL DE DISEÑO DE MATERIAL BASE</b>				
<b>PROYECTO:</b> Puente Río Tigre		<b>DOCUMENTO:</b> 316		
<b>CLIENTE:</b> Ing Alejandro Cajamarca				
<b>FECHA:</b> nov-24				
<b>DIRECCIÓN:</b> Pastaza.				
ITEM	DOCUMENTO	PLANO REFERENCIAL	PLANO DE TALLER	OBSERVACIONES
1	CERTIFICACION DEL MATERIAL BASE	SI		
2	PLANO DE CORTE MATERIAL BASE		SI	Optimización correcta
<b>NOTA:</b> PROCEDER CON EL CORTE DEL MATERIAL BASE.				

**Imagen No. 10:** Control de diseño de material base

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

La composición química es muy importante para cumplir con el diseño del proyecto para determinar las características.

El material utilizado en la construcción de puentes es el acero ASTM A-588.

**Tabla No. 14:** Características 1.

Elemento	Unidad (%)	Mínimo	Máximo
Fósforo	%	–	0,04
Azufre	%	–	0,05
Silicio	%	0,30	0,65
Níquel	%	–	0,40
Cromo	%	0,40	0,65
Cobre	%	0,25	0,40
Carbono	%	–	0,19

Fuente: LABSOL, 2025

Elaborado por: Chimborazo, 2025.

Tabla No. 15: Características 2.

Propiedad	Grado	Unidad	Mínimo	Máximo
Resistencia a la tracción	A	MPa	485	—
Límite de fluencia	A	MPa	345	—
Alargamiento en 50 mm %	A	%	21	—
Alargamiento en 200 mm %	A	%	18	—

Fuente: LABSOL, 2025

Elaborado por: Chimborazo, 2025.

Imagen No. 11: Requerimientos químicos y mecánicos.

TABLA N. 3 REQUERIMIENTOS QUÍMICOS Y MECÁNICOS ASTM A588


 A588/A588M – 19

TABLE 1 Chemical Requirements (Heat Analysis)

NOTE 1—Where “...” appears in this table, there is no requirement.

Element	Composition, %		
	Grade A	Grade B	Grade K
Carbon <sup>A</sup>	0.19 max	0.20 max	0.17 max
Manganese <sup>A</sup>	0.80–1.25	0.75–1.35	0.50–1.20
Phosphorus <sup>C</sup>	0.030 max	0.030 max	0.030 max
Sulfur <sup>C</sup>	0.030–0.65	0.15–0.50	0.25–0.50
Silicon	0.40 max	0.50 max	0.40 max
Chromium	0.40–0.65	0.40–0.70	0.40–0.70
Molybdenum	...	...	0.10 max
Copper	0.25–0.40	0.20–0.40	0.30–0.50
Vanadium	0.02–0.10	0.01–0.10	...
Columbium/ niobium <sup>D</sup>	...	...	0.005–0.05 <sup>B</sup>

<sup>A</sup> For each reduction of 0.01 percentage point below the specified maximum for carbon, an increase of 0.06 percentage point above the specified maximum for manganese is permitted, up to a maximum of 1.50 %.

<sup>B</sup> For plates under ½ in. [13 mm] in thickness, the minimum columbium (niobium) is waived.

<sup>C</sup> A maximum phosphorus content of 0.04 % and a maximum sulfur content of 0.05 % are permitted for the following materials:

• Structural shapes

• Bars

• Plates with widths up to and including 15 in. [380 mm]

<sup>D</sup> Columbium (Cb) and niobium (Nb) are considered interchangeable names for the same element and both names are acceptable.

TABLE 2 Tensile Requirements<sup>A</sup>

NOTE 1—Where “...” appears in this table, there is no requirement.

	Plates and Bars			Structural Shapes
	For Thick- nesses Over 4 in. [100 mm] and Under	For Thick- nesses Over 4 in. [100 mm] to 5 in. [125 mm] incl	For Thick- nesses Over 5 in. [125 mm] to 8 in. [200 mm] incl	
Tensile strength, min, ksi [MPa]	70 [485]	67 [460]	63 [435]	70 [485]
Yield point, min, ksi [MPa]	50 [345]	46 [315]	42 [290]	50 [345]
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	18 <sup>B,C</sup>	...	...	18 <sup>C</sup>
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 <sup>B,C</sup>	21 <sup>B,C</sup>	21 <sup>B,C</sup>	21 <sup>D</sup>

<sup>A</sup> See specimen orientation under the Tension Tests section of Specification A6/A6M.

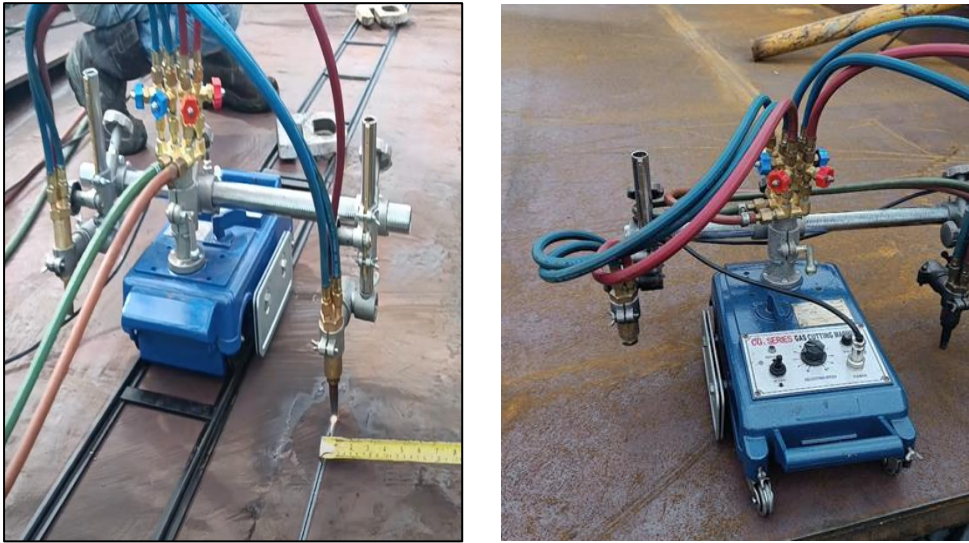
<sup>B</sup> Elongation not required to be determined for floor plate.

<sup>C</sup> For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See elongation requirement adjustments in the Tension Tests section of Specification A6/A6M.

<sup>D</sup> For wide flange shapes with flange thickness over 3 in. [75 mm], elongation in 2 in. [50 mm] of 18 % minimum applies.

Fuente: ASTM, 2019

La preparación del corte del material base es muy importante para que el control de medidas de elementos coincida con los planos aprobados.



**Imagen No. 12:** Máquina oxicorte semiautomático.

**Fuente:** Chimborazo, 2025.

**Material de Aporte:** Se implementó el control de condiciones de almacenamiento de material de aporte. El material de aporte sin un almacenamiento adecuado puede sufrir deterioro en la capacidad del elemento fundente de proporcionar una atmósfera protectora a la soldadura y ocasionar defectos en las juntas soldadas. Para implementar este control, se adquirieron equipos de almacenamiento adecuados y se capacitó al personal sobre la importancia del uso.

El control se basa en el formato de control de material de aporte.

Ventajas: Se analiza el documento que nos señala que si tenemos electrodos y alambre.

Desventajas: Se tiene problemas de almacenar adecuadamente para proteger de la humedad.

Observaciones: Obligatoriamente se necesita desechar el material de aporte deteriorado y adquirir material de aporte en buen estado.

<b>LABSOL</b>				
<b>CONTROL DE MATERIAL DE APORTE</b>				
				
<b>PROYECTO:</b>	Puente Río Tigre	<b>DOCUMENTO:</b> 320		
<b>CLIENTE:</b>	Ing Alejandro Cajamarca			
<b>FECHA:</b>	oct-24			
<b>DIRECCIÓN:</b>	Pastaza.			
ITEM	DOCUMENTO	BODEGA	ESTADO	OBSERVACIONES
1	ELECTRODO AWS 7018 5/32	SI	NORMAL	Proteger de la humedad
2	ALAMBRE E 71-T1	SI	NORMAL	Proteger de la humedad
<b>NOTA:</b> AISLAR DE LA HUMEDAD				

**Imagen No. 13:** Control de materia de aporte.

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

### **Control actual implementado**

El control se basa principalmente en el formato de verificación del material de aporte, el cual permite analizar y respaldar mediante documentos la disponibilidad de electrodos, alambre y demás insumos necesarios para la ejecución de los trabajos de soldadura. Este procedimiento garantiza la trazabilidad de los materiales, desde su recepción hasta su utilización en obra, asegurando que correspondan a las especificaciones técnicas requeridas y que cuenten con los certificados de calidad del fabricante.

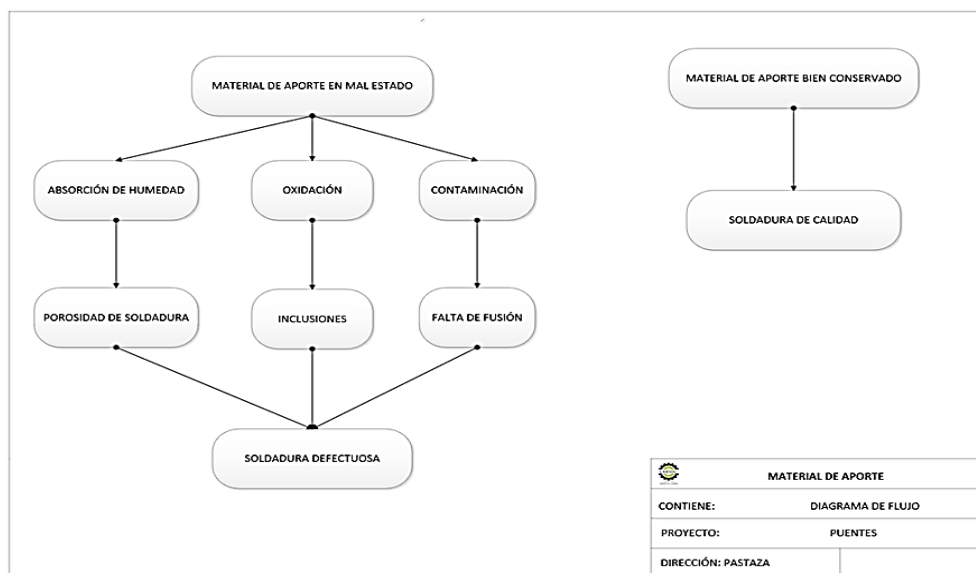
En lo que respecta al almacenamiento, no se presentan inconvenientes significativos, ya que se han implementado medidas de conservación adecuadas que incluyen ambientes secos, control de humedad y clasificación por lotes, evitando así la pérdida de propiedades de los consumibles. Gracias a ello, el material se mantiene en óptimas condiciones durante todo el proceso constructivo, minimizando riesgos de fallas en la soldadura por insumos defectuosos o deteriorados.

 <b>LABSOL</b> <b>CONTROL DE MATERIAL DE APORTE</b>				
<b>PROYECTO:</b> Puente Río Tigre <b>CLIENTE:</b> Ing Alejandro Cajamarca <b>FECHA:</b> nov-24 <b>DIRECCIÓN:</b> Pastaza.			<b>DOCUMENTO:</b> 321	
ITEM	DOCUMENTO	PLANO REFERENCIAL	PLANO DE TALLER	OBSERVACIONES
1	ELECTRODO AWS 7018 5/32	SI	EXCELENTE	Protegido en termo
2	ALAMBRE E 71-T1	SI	EXCELENTE	Protegido en termo
<b>NOTA:</b> PROCEDER EL MATERIAL DE APORTE SE ENCUENTRA EN EXCELENTE ESTADO				

**Imagen No. 14:** Registro de Control de materia de aporte.

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.



**Imagen No. 15:** Diagrama de flujo del material de aporte.

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

## Control de Calidad:

Se elaboró un registro detallado y se implementaron formularios digitales actualizados. Se instruyó al equipo en el uso de los formatos nuevos y se realizaron auditorías para verificar su cumplimiento, la normativa se basa en el modelo para el control de la calidad visual, las ventajas son que se analiza el documento que únicamente nos muestra los componentes de forma referencial y las desventajas son que surgen problemas con la exactitud de las mediciones.

<b>LABSOL</b>				
<b>CONTROL DE CALIDAD VISUAL</b>				
				
<b>PROYECTO:</b>	Puente Río Tigre	<b>DOCUMENTO:</b> 325		
<b>CLIENTE:</b>	Ing Alejandro Cajamarca			
<b>FECHA:</b>	oct-24			
<b>DIRECCIÓN:</b>	Pastaza.			
ITEM	DOCUMENTO	MEDIDA DE DISEÑO	PINTURA	OBSERVACIONES
1	VIGA PRINCIPAL	MEDIDA REFERENCIAL	OK	EXCESO
2	VIGA SECUNDARIA	MEDIDA REFERENCIAL	OK	EXCESO
3	RIGIDIZADORES	MEDIDA REFERENCIAL	OK	NORMAL
4	ANGULOS	MEDIDA REFERENCIAL	OK	NORMAL
<b>NOTA:</b> COMPLETAR DIMENSIONES				

**Imagen No. 16:** Control de calidad visual de medidas.

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

## Control actual implementado

El control se fundamenta en el formato de control de calidad visual, utilizado para verificar y comprobar las medidas de fabricación de los elementos estructurales. Entre sus ventajas destaca la posibilidad de analizar documentos técnicos como el plano referencial y el plano de taller, lo que permite una evaluación más precisa del cumplimiento dimensional. No obstante, se presentan dificultades relacionadas con la

exactitud de las medidas, lo que puede afectar la calidad final. A pesar de ello, este control permite liberar los elementos prefabricados con mayor seguridad y reducir la ocurrencia de reprocesos en la etapa posterior.

 <b>LABSOL</b> <b>CONTROL DE DISEÑO DE PLANO REFERENCIAL</b>				
<b>PROYECTO:</b> Puente Río Tigre <b>CLIENTE:</b> Ing Alejandro Cajamarca <b>FECHA:</b> nov-24 <b>DIRECCIÓN:</b> Pastaza.		<b>DOCUMENTO:</b> 326		
ITEM	DOCUMENTO	MEDIDA DE DISEÑO	PINTURA	OBSERVACIONES
1	VIGA PRINCIPAL	OK	OK	APROBADO
2	VIGA SECUNDARIA	OK	OK	APROBADO
3	RIGIDIZADORES	OK	OK	APROBADO
4	ANGULOS	OK	OK	APROBADO
<b>NOTA:</b> PRODEDER A LIBERAR EL PREFABRICADO				

**Imagen No. 17:** Control de diseño de plano referencial

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Procedimientos No Destructivos:** Se fijó una programación de revisiones y se instauró un control de ensayos actualizado, se firmaron convenios con los proveedores.

**Tabla No. 16:** Planificación De Inspecciones

PLANIFICACIÓN	INICIO	EJECUCIÓN	FINALIZACIÓN
Ensayos de soldadura	Se realizará siempre en las probetas de prueba	Según el área crítica.	En áreas establecidas para su liberación.

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

## Control anterior


La supervisión se fundamenta en el esquema de control para la revisión de soldadura utilizando el método de líquidos penetrantes (PT).

Beneficios: Se llevan a cabo las revisiones en los componentes estructurales.

Inconvenientes: El reporte no posee simbología de defectos, lo que le dificulta entender los defectos.

Observaciones: es imprescindible registrar los eventuales fallos con su simbología.

## Imagen No. 18: Supervisión control visual y líquidos penetrantes

SUPERVISIÓN CONTROL VISUAL Y TINTAS PENETRANTES											
<b>TEMA:</b>		Reporte de inspección de soldadura por método PT						 <b>LABORATORIO DE SOLDADURA</b> <b>INGENIERÍA-FISCALIZACIÓN-CONSTRUCCIÓN</b> LABSOL AWS END API ASME GTAW FCAW Tec. M Gallo / R. Tapia			
<b>CLIENTE:</b>		Ing Alejandro Cajamarca									
<b>PROYECTO:</b>		Mantenimiento del puente carroable via a la comunidad Jatún Vinillo									
<b>FECHA:</b>		oct- 2024									
<b>ESPEC:</b>		MET - L - CHEC / Muestreo 40%									
<b>ELEMENTO:</b>		VIGAS									
CÓDIGO	CLEANER	TIEMPO CONTROL MIN.	PENETRANT	TIEMPO CONTROL MIN.	DEVELOPER	TIEMPO CONTROL MIN.	LONGITUD ENSAYADA	APROBAR	REPARAR	RESULTADO	OBSERVACIONES
J1	*	20	*	22	*	18	30 cm	OK	NO	OK	RECHAZADA
J2	*	20	*	22	*	18	30 cm	OK	NO	OK	APROBADO
J3	*	20	*	22	*	18	30 cm	OK	NO	OK	RECHAZADA
J4	*	20	*	22	*	18	30 cm	OK	NO	OK	APROBADO
<b>RESULTADOS:</b>		Las juntas de soldadura sometidas a inspección cumplen tolerancias establecidas en la norma AWS D1.5 - 2020									
<b>EVALUACION FINAL:</b>		Parcialmente aprobado.									

Fuente: LABSOL, 2025


Elaborado por: Chimborazo, 2025.

## Control Actual Implementado

La supervisión se fundamenta en el formato de revisión de soldadura mediante el método de líquidos penetrantes, técnica ampliamente utilizada en la industria para la detección de discontinuidades superficiales en los componentes estructurales. Este método permite identificar fisuras, porosidades, grietas o defectos que no son visibles a simple vista, garantizando así un mayor nivel de seguridad en las uniones soldadas. El proceso se caracteriza por su accesibilidad y practicidad, ya que no requiere equipos de alta complejidad y ofrece resultados confiables en un tiempo relativamente corto. Una de sus principales ventajas es la claridad en la evaluación, pues se basa en una simbología técnica

estandarizada que facilita la interpretación de los resultados tanto para supervisores como para personal operativo, minimizando el margen de error.

**Imagen No. 19:** Supervisión control visual y líquidos penetrantes.

SUPERVISIÓN CONTROL VISUAL Y TINTAS PENETRANTES																																									
<b>TEMA:</b> Reporte de inspección de soldadura por método PT <b>CLIENTE:</b> Ing Alejandra Cajamarca <b>PROYECTO:</b> Mantenimiento del puente carrasable via a la comunidad Jatún Vinillo <b>FECHA:</b> nov- 2024 <b>ESPEC:</b> MET - L - CHEC / Muestreo 40% <b>ELEMENTO:</b> VIGAS								 <b>LABSOL</b> <small>LABORATORIO DE SOLDADURA</small>				<b>LABORATORIO DE SOLDADURA</b> <b>INGENIERÍA-FISCALIZACIÓN-CONSTRUCCIÓN</b> <b>LABSOL</b> <small>AWS END API ASME GTAW FCAW</small> <small>Tec. M Gallo / R. Tapia</small>																													
CÓDIGO	CLEANER	TIEMPO CONTROL MIN.	PENETRANT	TIEMPO CONTROL MIN.	DEVELOPER	TIEMPO CONTROL MIN.	LONGITUD ENSAYADA	APROBAR	REPARAR	RESULTADO	OBSERVACIONES																														
J1	*	20	*	22	*	20	30 cm	OK	NO	OK	APROBADO																														
J2	*	20	*	22	*	20	30 cm	OK	NO	OK	APROBADO																														
J3	*	20	*	22	*	20	30 cm	OK	NO	OK	APROBADO																														
J4	*	20	*	22	*	20	30 cm	OK	NO	OK	APROBADO																														
<b>ANÁLISIS METALÚRGICO:</b> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>M</td><td>Mordedura</td> <td>F</td><td>Fisura</td> <td>CR</td><td>Cráter</td> <td>C</td><td>Comensidad</td> <td>SB</td><td>Soldadura baja</td> </tr> <tr> <td>P</td><td>Poros</td> <td>IF</td><td>Incompleta fusión</td> <td>CC</td><td>Concavidad</td> <td>R</td><td>Reforzamiento</td> <td>OL</td><td>Solape</td> </tr> <tr> <td>L1</td><td>Pierna de filete</td> <td>L2</td><td>Pierna de filete</td> <td>CI</td><td>Reforzo de cara</td> <td>C2</td><td>Reforzo de raíz</td> <td>G</td><td>Garganta efectiva</td> </tr> </table>												M	Mordedura	F	Fisura	CR	Cráter	C	Comensidad	SB	Soldadura baja	P	Poros	IF	Incompleta fusión	CC	Concavidad	R	Reforzamiento	OL	Solape	L1	Pierna de filete	L2	Pierna de filete	CI	Reforzo de cara	C2	Reforzo de raíz	G	Garganta efectiva
M	Mordedura	F	Fisura	CR	Cráter	C	Comensidad	SB	Soldadura baja																																
P	Poros	IF	Incompleta fusión	CC	Concavidad	R	Reforzamiento	OL	Solape																																
L1	Pierna de filete	L2	Pierna de filete	CI	Reforzo de cara	C2	Reforzo de raíz	G	Garganta efectiva																																
<b>RESULTADOS:</b> Las juntas de soldadura sometidas a inspección cumplen con los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.5 - 2020 <b>EVALUACION FINAL:</b> Aprobado.																																									

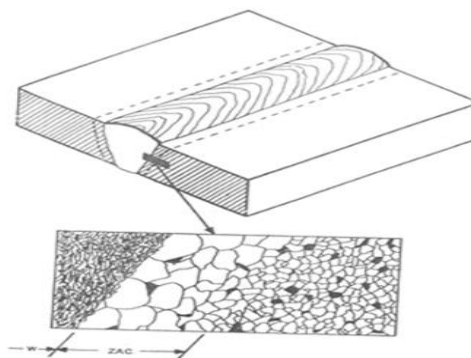
**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

### Metalurgia de la soldadura

La metalurgia de la soldadura es fundamental, nos permite conocer y controlar el charco de la soldadura en el momento de la fundición.

1. Se evitará el sobrecalentamiento controlando su temperatura.
2. Se evitará humedad para conservar su microestructura interior.
3. La oscilación del charco estable y continua.
4. El material de aportación tiene que estar libre de humedad.



**Imagen No. 20:** Diagrama cordón de soldadura y zona afectada por el calor (ZAC).

**Fuente:** Kou, 2003

3) Fase de seguimiento:

Se realizaron reuniones periódicas de seguimiento para revisar el progreso y abordar cualquier problema o desafío.



**Imagen No. 21:** Lanzado de tablero del puente.

**Fuente:** Chimborazo, 2025.

Se recopilaron datos sobre los indicadores de desempeño para evaluar el impacto de las mejoras.

**Resultados obtenidos:**

Los resultados obtenidos se desarrollaron en los siguientes puntos.

**Diseño:** Se logró una reducción del 50% en los tiempos de aprobación de diseños y una mejora en la documentación.

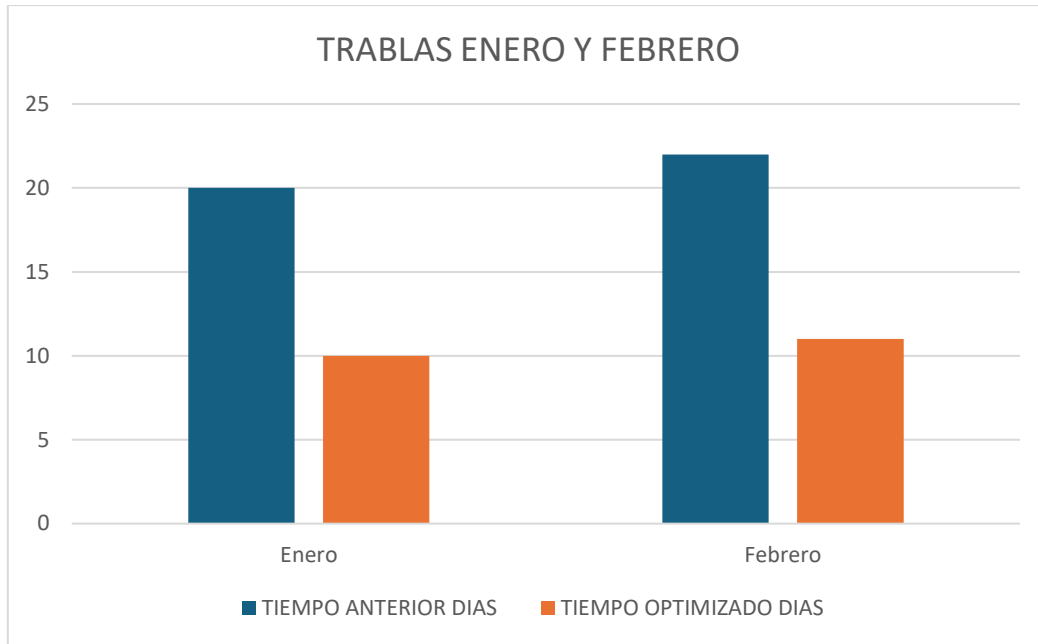
**Tabla No. 17:** Diseño tiempos de aprobación y documentación.

ITEM	MES	TIEMPO ANTERIOR DIAS	TIEMPO OPTIMIZADO DIAS	MEJORA%
1	Enero	20	10	50%
2	Febrero	22	11	50%
3	Promedio	21	10.5	50%

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Gráfico No. 1:** Tablas enero, febrero.



**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Material Base:** Se observó una disminución del 30% en los desperdicios por cortes incorrectos de los materiales.

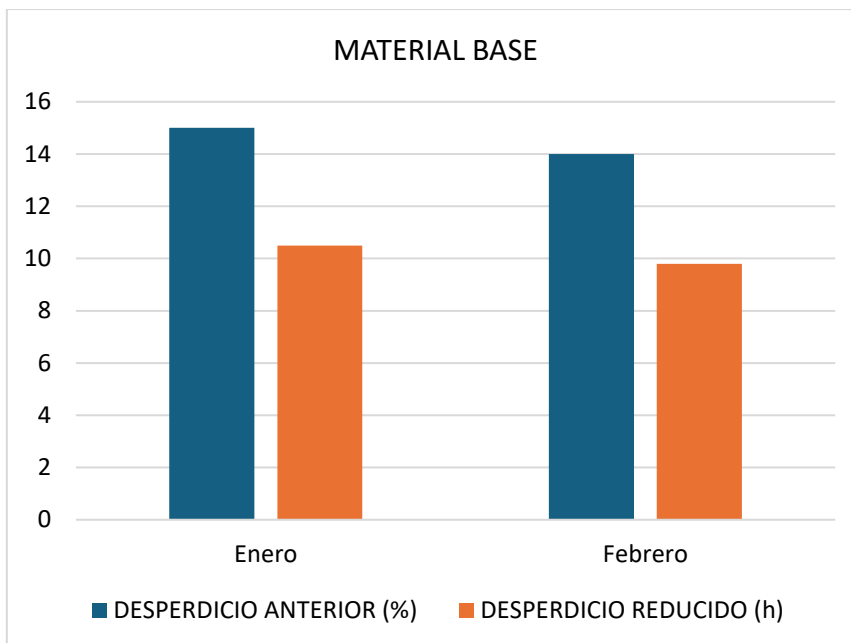
**Tabla No. 18:** Material base - control de desperdicios.

ITEM	MES	DESPERDICIO ANTERIOR (%)	DESPERDICIO REDUCIDO (h)	MEJORA%
1	Enero	15	10.5	30%
2	Febrero	14	9.8	30%
3	Promedio	14.5	10.15	30%

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Gráfico No. 2:** Material base, enero y febrero



**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Material de Aporte:** Se redujo el deterioro de materiales en un 20% y se optimizó el stock.

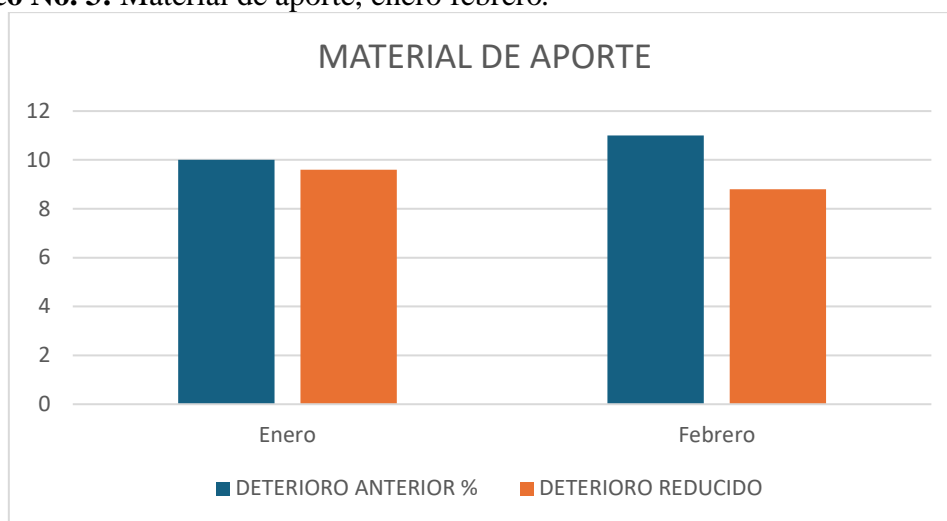
**Tabla No. 19:** Material de aporte - deterioro y stock.

ITEM	MES	DETERIORO ANTERIOR %	DETERIORO REDUCIDO	MEJORA %
1	Enero	10	9.6	20%
2	Febrero	11	8.8	20%
3	Promedio	11.5	9.2	20%

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado:** Chimborazo, 2025.

**Gráfico No. 3:** Material de aporte, enero febrero.



**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Control de Calidad:** Se logró una mejora del 40% en la detección temprana de defectos y una reducción en los costos de reproceso.

**Tabla No. 20:** Control de calidad defectos

ITEM	MES	DEFECTOS ANTERIORES (%)	DEFECTOS REDUCIDOS (%)	MEJORA%
1	Enero	25	15	40%
2	Febrero	23	13.8	40%
3	Promedio	24	14.4	40%

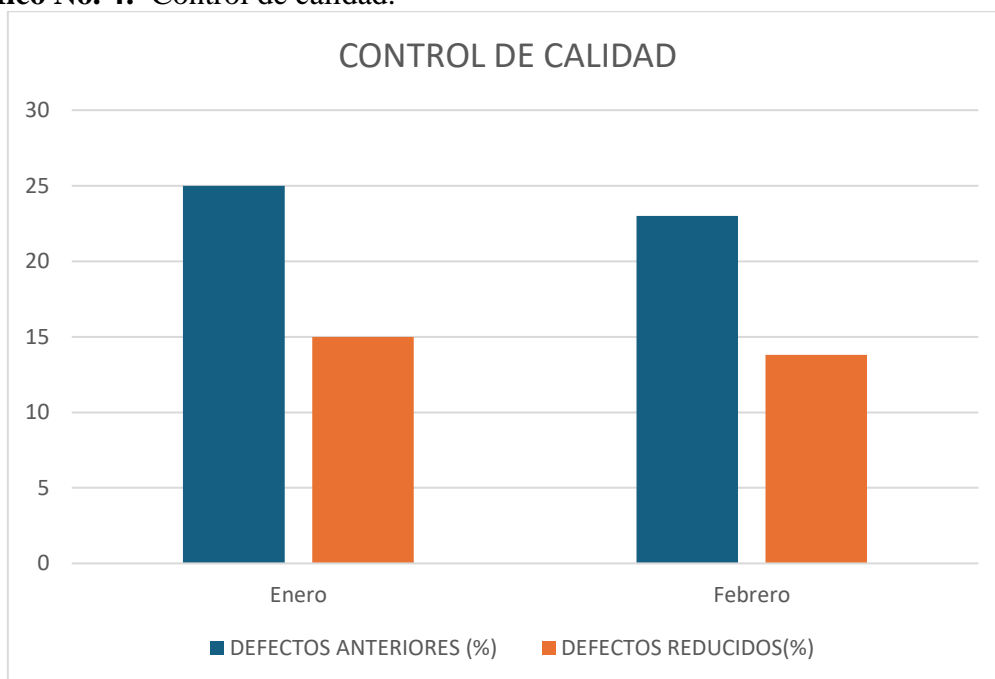
**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

La toma de datos para el control de defectos se realizó aplicando herramientas de control de procesos industriales, entre ellas listas de verificación y registros de inspección visual, complementados con ensayos no destructivos (líquidos penetrantes y ultrasonido) en puntos críticos de las uniones soldadas. Las muestras correspondieron a la totalidad de

cordones producidos en los meses de enero y febrero, de los cuales se seleccionó un porcentaje representativo conforme a lo establecido en la norma AWS D1.5 para inspección por lotes. El método consistió en comparar los defectos detectados previamente al inicio del sistema de control con los obtenidos tras su implementación, lo que permitió calcular los porcentajes de reducción y la mejora relativa. Este procedimiento garantiza objetividad en la medición, al basarse en criterios normalizados de aceptación y rechazo, y proporciona información confiable para la toma de decisiones técnicas orientadas a la mejora continua del proceso de soldadura.

**Gráfico No. 4:** Control de calidad.



**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Ensayos No Destructivos:** Se optimizaron los tiempos de producción en un 15% gracias a la planificación de inspecciones organizadas con el equipo técnico, la excelente comunicación entre los técnicos y gerencia estableció un seguimiento continuo para que el departamento financiero suministre recursos al control de los ensayos de soldadura por el método de líquidos penetrantes y ultrasonidos.

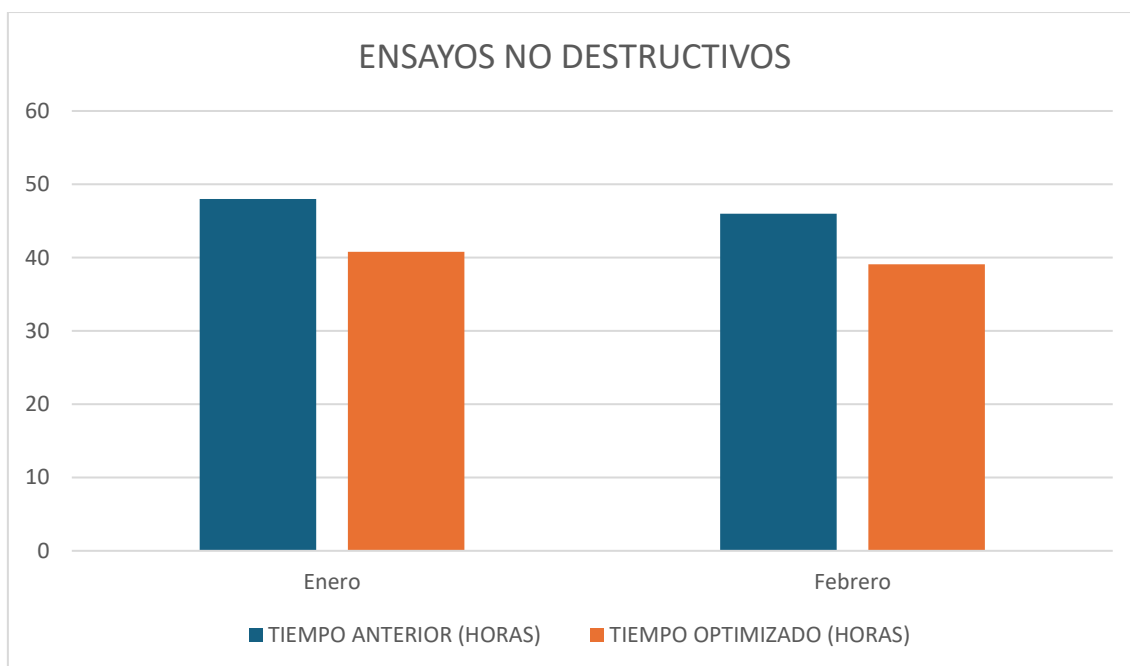
**Tabla No. 21:** Ensayos no destructivos.

ITEM	MES	TIEMPO ANTERIOR (HORAS)	TIEMPO OPTIMIZADO (HORAS)	MEJORA%
1	Enero	48	40.8	15%
2	Febrero	46	39.1	15%
3	promedio	47	39.95	15%

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Gráfico No. 5:** Ensayos no destructivos.



**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025.

**Evaluación de la ejecución:**

El análisis comparativo de la situación inicial de la empresa LABSOL con sus problemas de variables identificadas y la situación luego de la implementación, se puede incluir pronósticos estadísticos.

Se realizó un análisis comparativo entre la situación inicial de LABSOL y la situación después de la implementación de las mejoras. Se elaboraron gráficos y tablas para visualizar el progreso y el impacto de las mejoras en cada variable crítica. Los resultados mostraron una mejora significativa en todos los indicadores de desempeño y el éxito de la propuesta.

**Gestión Documental:**

- Inicial: 50 % de cumplimiento
- Actual: 90% de cumplimiento
- Proyección a 12 meses: 98%

**Tabla No. 22:** Gestión documental.

<b>ESTADO</b>	<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>
Actual	50%
Proyección a 12 meses	90%
	98%

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025

a) Control de Calidad

- Inicial: 80 % de conformidad
- Actual: 90 % de conformidad
- Proyección a 12 meses: 95%

**Tabla No. 23:** Control de calidad

<b>ESTADO</b>	<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>
inicial	80%
Actual	90%
Proyección a 12 meses	95%

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025

## **Evaluación Económica**

Se llevó a cabo un estudio financiero para medir la rentabilidad de la puesta en marcha de la propuesta. Se determinaron los gastos de implementación y las ganancias financieras producidas por la disminución de residuos, el incremento en la eficiencia y la reducción de los costos de reprocesamiento. Los hallazgos del estudio económico revelaron que la propuesta es lucrativa y produce un rendimiento de la inversión favorable para la compañía LABSOL.

## **Análisis de la curva S**

Se llevó a cabo un estudio financiero con el objetivo de medir la rentabilidad de la puesta en marcha de la propuesta, considerando tanto los costos iniciales de implementación como los beneficios económicos generados en el mediano y largo plazo. Para ello, se identificaron y cuantificaron los gastos asociados a la adquisición de equipos, capacitación del personal, adecuación de procesos y controles de calidad, así como los costos indirectos relacionados con la gestión administrativa.

Paralelamente, se calcularon las ganancias financieras derivadas de la disminución de residuos de material, el incremento en la eficiencia productiva y la reducción significativa de los costos de reprocesamiento, factores que impactan directamente en la productividad global de la empresa. Además, se incluyó un análisis de ahorro en tiempo operativo, lo que contribuye a mejorar la capacidad de respuesta de LABSOL frente a nuevos proyectos y demandas del mercado.

### **1. Fase de Implementación (4 meses):**

- Noviembre 2024: Avance planificado 25% vs real 23% (desviación -2%)
- Diciembre 2024: Avance planificado 50% vs real 47% (desviación -3%)
- Enero 2025: Avance planificado 75% vs real 72% (desviación -3%)
- Febrero 2025: Avance planificado 100% vs real 95% (desviación -5%)

## 2. Ajustes y Estabilización:

- El proyecto mantiene una desviación máxima del 5%
- La pendiente de la curva muestra un progreso constante
- Los ajustes más significativos se realizaron en la fase final

## 3. Observaciones Clave:

- La mayor desviación se presenta en el último mes es del (-5%)
- El ritmo de implementación fue constante
- Se mantuvo dentro de los parámetros aceptables del proyecto

## 4. Conclusiones:

- Cumplimiento global del 95% respecto a lo planificado

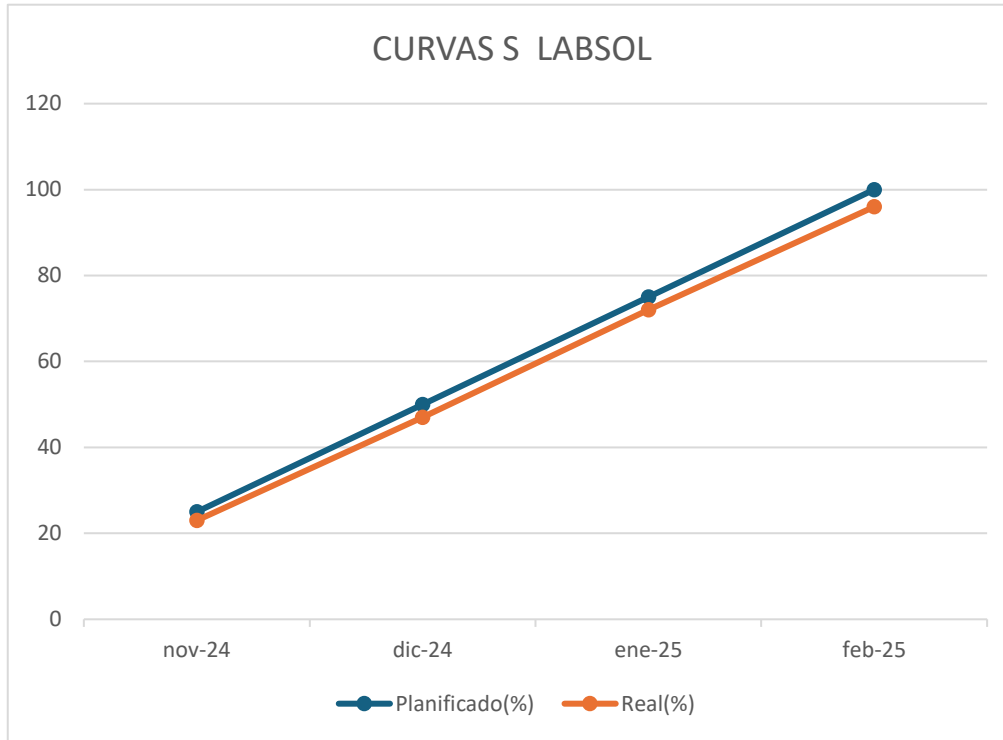
**Tabla No. 24:** Implementación.

<b>Mes</b>	<b>Planificado(%)</b>	<b>Real(%)</b>	<b>Desviación(%)</b>	<b>Fase</b>	<b>Actividades principales</b>
<b>Nov-24</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>-2</b>	Implementación	Control de diseño y documentación
<b>Dic-24</b>	<b>50</b>	<b>47</b>	<b>-3</b>	Implementación	Gestión de materiales
<b>Ene-25</b>	<b>75</b>	<b>72</b>	<b>-3</b>	Implementación	Control de calidad y capacitación
<b>Feb-25</b>	<b>100</b>	<b>96</b>	<b>-5</b>	Implementación	Optimización y ajustes finales

**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025

**Gráfico No. 6:** Curvas S Labsol



**Fuente:** LABSOL, 2025

**Elaborado por:** Chimborazo, 2025

### 5. Interpretación de la curva S:

Se muestra las fases naturales de todo el proyecto, inicio lento, aceleración intermedia, estabilización final. El progreso es sostenido no presenta caídas abruptas ni aceleraciones excesivas. Las desviaciones están dentro del rango de  $\pm 5\%$  considerado aceptable. La consistencia en las desviaciones permite proyecciones confiables.

El estudio económico reveló que la implementación, a pesar de las desviaciones menores, generó:

Reducción de desperdicios de material ASTM A588 incremento en eficiencia productiva del proceso de soldadura ahorro en tiempo operativo para nuevos proyectos mejora en capacidad de respuesta al mercado

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones:**

El análisis técnico efectuado posibilitó la identificación precisa de las variables principales no reguladas en los procesos de soldadura en LABSOL, lo que mostró detalles considerables entre la práctica vigente y las exigencias de normativas internacionales como la AWS D1.5.

La puesta en marcha de Procedimientos de Soldadura Calificados (WPS) facilitó la normalización de los parámetros esenciales del procedimiento, disminuyendo la variabilidad técnica y potenciando la repetibilidad y fiabilidad de las uniones soldadas.

El análisis detallado en el plano de taller redujo los desperdicios de materia prima del acero A-588, demostró un aumento en la calidad de las soldaduras, reduciendo defectos y controlando las tolerancias técnicas.

#### **Recomendaciones:**

Las recomendaciones planteadas se fundamentan en la necesidad de consolidar y proyectar los resultados alcanzados durante la implementación del sistema de control de variables del proceso de soldadura en LABSOL. A diferencia de las actividades ejecutadas, que respondieron a objetivos inmediatos de diagnóstico, estandarización y control de calidad, las recomendaciones buscan asegurar la continuidad, actualización y expansión de dichas acciones en el tiempo, lo que convierte al sistema en un mecanismo sostenible y adaptable.

En este sentido, preservar el sistema de regulación de variables no es solo una repetición del control aplicado en el proyecto, sino la garantía de que la metodología se convierta en una práctica institucionalizada, utilizada en todos los futuros procesos de fabricación. La actualización periódica de los WPS y documentos técnicos es complementaria, pues parte

de los resultados ya obtenidos, pero agrega un valor adicional: la incorporación de nuevas tecnologías, aprendizajes prácticos y modificaciones normativas que mantengan vigente la calidad del sistema.

La formación técnica constante también se concibe como un refuerzo complementario. Si bien el proyecto calificó procedimientos y personal, la recomendación amplía el enfoque hacia la capacitación continua, lo que permitirá sostener y mejorar las competencias del personal frente a los retos de la producción y la evolución de las normas. Las auditorías internas periódicas son otra sugerencia clave, pues amplían el alcance de la verificación puntual realizada durante el proyecto hacia un mecanismo de seguimiento permanente. Esto contribuye a identificar oportunidades de mejora, asegurar la trazabilidad de los procesos y mantener el cumplimiento con la normativa AWS D1.5 de manera sistemática.

Finalmente, la ampliación del modelo operativo a otros sectores o como servicio técnico externo no se deriva directamente del trabajo inicial, sino que lo proyecta hacia nuevas áreas de aplicación. Esta recomendación no solo refuerza la eficiencia interna, sino que posiciona a LABSOL como un referente regional en la supervisión de calidad en soldadura, generando valor añadido y nuevas oportunidades de negocio.

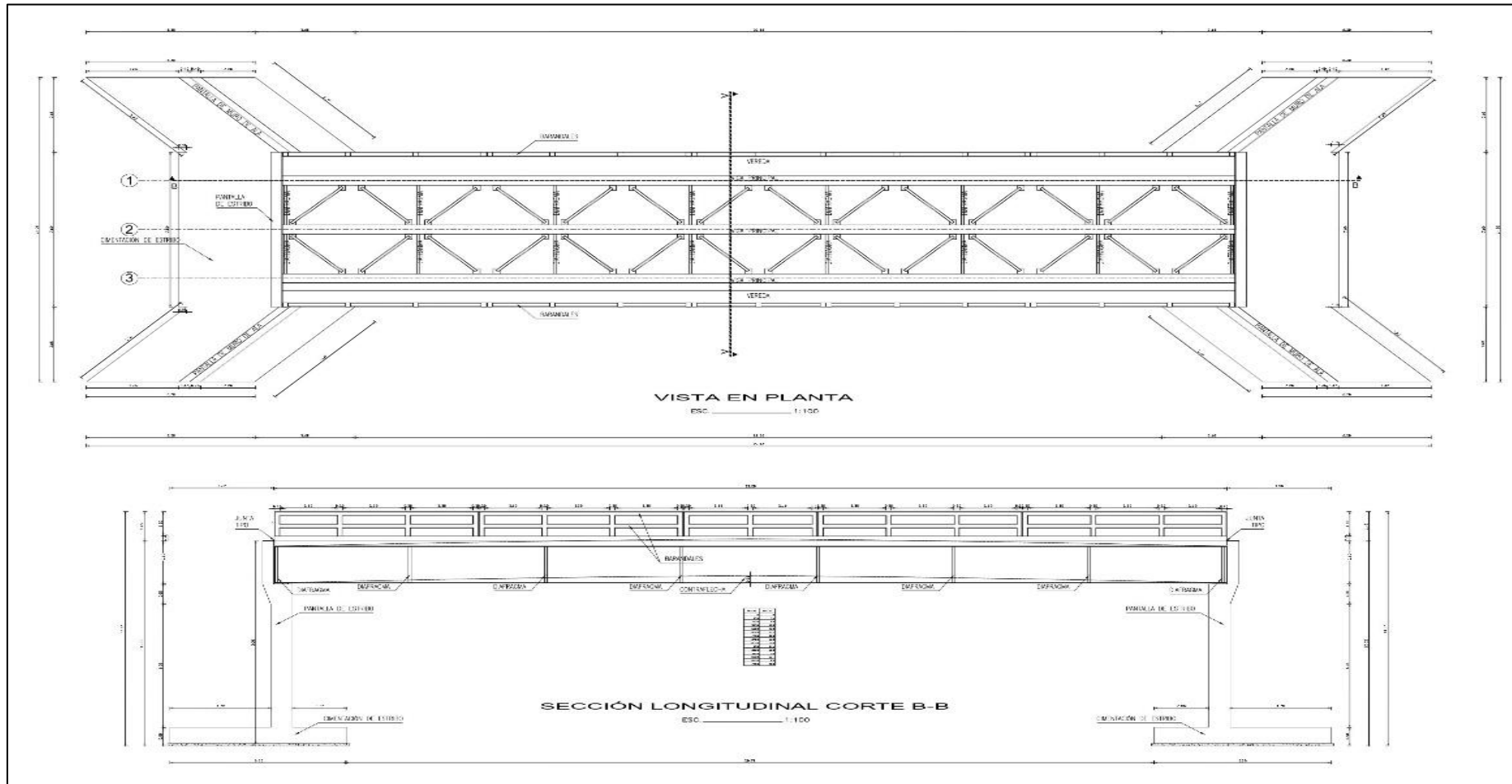
## LITERATURA CITADA

- American Welding Society. (2018). *AWS D1.1/D1.1M:2018. Structural Welding Code – Steel*. Miami, FL: Author.
- American Welding Society. (2020). *AWS D1.1/D1.1M:2020. Structural Welding Code – Steel*. Miami, FL: Author.
- ASTM International. (2019). *ASTM A588/A588M–19: Standard specification for high-strength low-alloy structural steel, up to 50 ksi [345 MPa] minimum yield point, with atmospheric corrosion resistance*. West Conshohocken, PA: Author. Recuperado el 3 de julio de 2025, de [https://www.astm.org/a0588\\_a0588m-19.html](https://www.astm.org/a0588_a0588m-19.html)
- Carll, J. (2020). Welding procedures in civil infrastructure. *Journal of Structural Welding*, 34(2), 112–127. <https://doi.org/10.1016/jsw.2020.03.005>
- Carrión, A. (2020). Gestión de calidad en procesos metalmecánicos en el sector de la construcción. *Revista Técnica de Ingeniería*, 12(2), 67–75.
- Gavrilovich, M. (2020). Modern welding techniques in bridge construction. *International Journal of Civil Engineering*, 28(4), 305–319. <https://doi.org/10.1007/s40940-020-00123>
- Jhajj, R., Sharma, M., & Singh, S. (2021). Review on welding defects and their inspection techniques. *Materials Today: Proceedings*, 47, 6003–6007. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.247>
- John, R. (2020). Welding process standardization for bridge projects. *Welding and Materials Review*, 12(1), 45–58. <https://doi.org/10.1002/wmr.20200102>
- Jordan, M. (2023). The relevance of WPS in structural steelworks. *Engineering Weld Studies*, 9(3), 201–214. <https://doi.org/10.3233/ews.202309>
- Jordan, T. (2023). Welding procedure specifications and their role in structural integrity. *Journal of Welding Technology*, 39(1), 12–19.
- Kou, S. (2003). *Welding metallurgy* (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. ISBN 978-0471430561
- LABSOL. (2024). *Informe interno de calidad y control de procesos*. Pastaza, Ecuador: LABSOL.

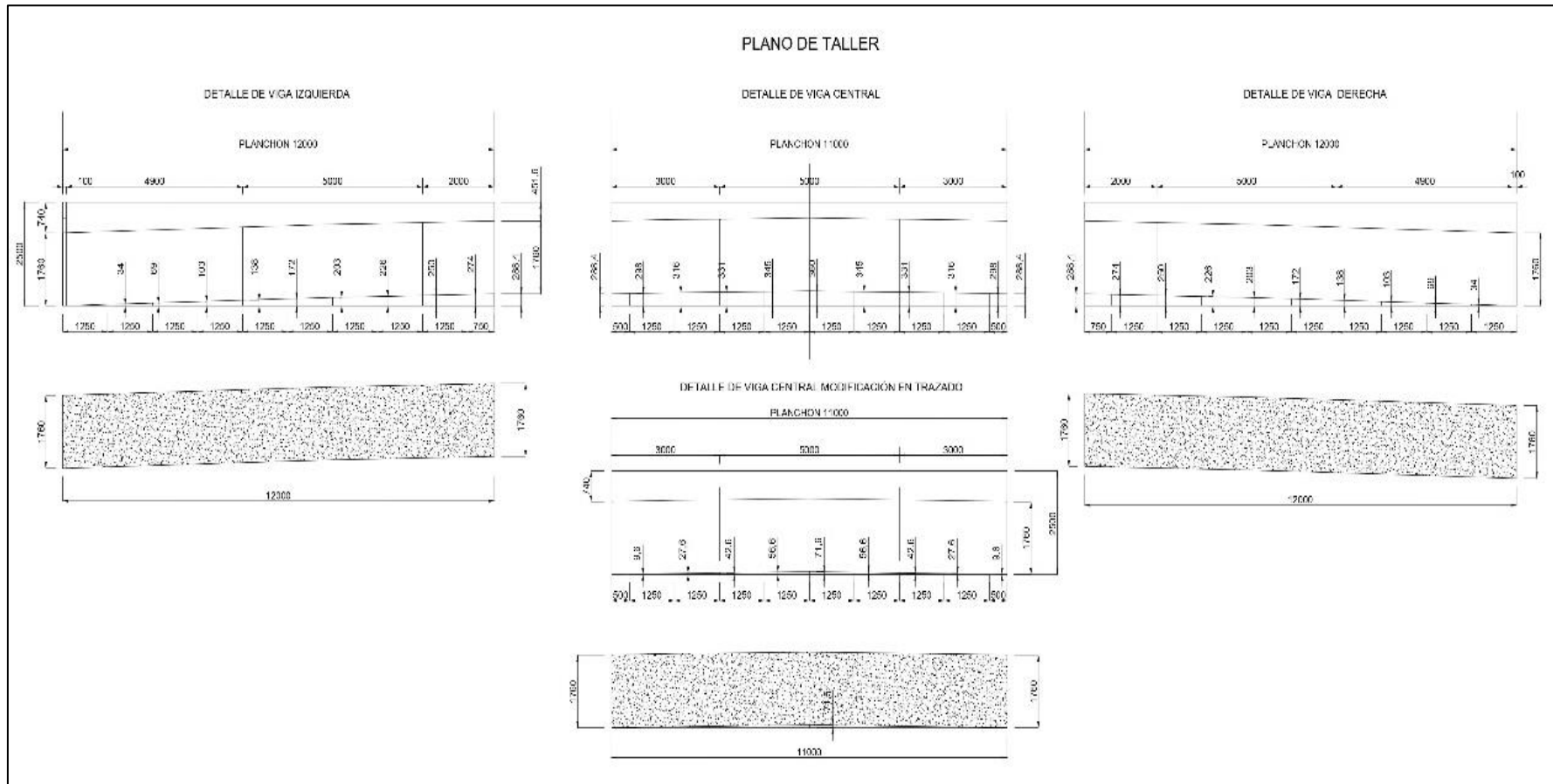
- Mendez, P., et al. (2021). Control strategies for welding quality assurance in steel bridge fabrication. *Journal of Constructional Steel Research*, 180, Article 106592. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2021.106592>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI]. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Diseño de estructuras metálicas*. Quito, Ecuador: MIDUVI.
- Pérez, J., & Tufaro, M. (2018). Control de procesos en soldadura estructural. *Revista Latinoamericana de Ingeniería y Desarrollo*, 22(3), 145–158.
- Petrobras. (2024). *Relatório anual de qualidade industrial 2024*. Río de Janeiro: Petrobras.
- Rodríguez, C. (2020). Ventajas estructurales del acero en edificaciones modernas. *Revista de Ingeniería Civil y Arquitectura*, 10(1), 22–30.
- Somasundaram, S., Ramesh, A., & Ravi, K. R. (2021). Recent advances in automated welding: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, 64, 222–237. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.01.031>
- Sumitec. (2020). Especificaciones de acero estructural en la construcción ecuatoriana. *Revista Técnica de Ingeniería*, 12(2), 45–53.
- WPS 901. (2022). *Procedimiento calificado de soldadura estructural para vigas de acero* [Documento técnico interno]. Proyecto Puente Río Tigre, LABSOL S.A.

# ANEXOS

## Anexo No. 1: Plano referencial de diseño.

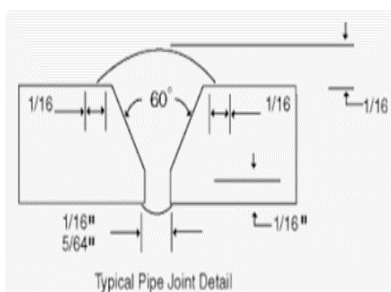


**Anexo No. 2:** Plano de taller detalle viga izquierda, derecha y central.





**Anexo No. 4:** Especificación de Procedimiento de Soldadura SMAW.

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)							
EMPRESA: CONSORCIO RÍO TIGRE			Número de Identificación: 938				
WPS Precalificado: si * no			Fecha 03/10/2024				
Según norma AWS D1.5			Realizado por: Ing. Marcelo Chimborazo (AWS)				
			Revisado por: LABSOL.				
<b>Junta Utilizada</b> Soldadura a: Un lado * Dos lados * Respaldo: si <input type="checkbox"/> no * Material respaldo Preparar junta: si * no Método Mecánico – Semiautomático Bisel 30° +- 5° Abertura raíz 3 mm +- 0.5mm			<b>Técnica de soldadura</b> Proceso de soldadura: SMAW / MMA  Tipo de Soldadura: Empuje lineal. Manual * Automática <input type="checkbox"/>  Posición de soldadura: Varios				
<b>Metal Base</b> Especificación: Acero A-588 Espesor: 10 – 30 mm Longitud: Varios Diámetro: N / A			Técnica: Un pase * Varios pases *  Limpieza: Pase raíz Cepillo metálico. Pases siguientes Cepillo metálico.				
<b>Metal de Aporte</b> Marca del Electrodo: Lincoln / Equivalente. Denominación AWS: E7018. Material del Electrodo: Bajo hidrógeno. Color: Plomo – gris. Porcentaje de Torio: N / A Diámetro (s): Varios. Aporte: Electrodo.			<b>Notas</b> -Cepillado antes y después. -Tiempo de suelda: 20 – 25 cm / min. -Atmosfera: Seca -Purgado antorcha: N/A -Refrigeración: Aire atmosférico -Longitud de arco: 3.2 +- 3 mm -Técnica: Múltiple.				
<b>Precaentamiento</b> Temp. De Precaentamiento 40 °C min. Temp. Entre pases: 60 °C min. 80 °C máx.							
No de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de trabajo (V)	Vel. De avance (cm/min)	Detalles de la Junta
	Clase	Diam (mm)	Tipo y polari.	Amp.			
1 Raíz	E7018	3.2	DC+	95	14	42	 <p>Typical Pipe Joint Detail</p>
2 Rell.	E7018	3.2	DC+	135	24.5	40	
3 Rell.	E7018	3.2	DC+	140	24.5	35	
4 Cap.	E7018	3.2	DC+	132	24	40	

**Anexo No. 5:** Especificación de Procedimiento de Soldadura FCAW.

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)							
EMPRESA: CONSORCIO RÍO TIGRE			Número de Identificación: 939				
WPS Precalificado: si * no			Fecha 03/10/2024				
Según norma AWS D1.5			Realizado por: Ing. Marcelo Chimborazo (AWS)				
			Revisado por: Fiscalización.				
<b>Junta Utilizada</b> Soldadura a: Un lado * Dos lados * Respaldo: si <input type="checkbox"/> no * Material respaldo Preparar junta: si * no Método Mecánico - Semiautomático Bisel 30° +- 5° Abertura raíz 3.2mm +- 0.5mm			<b>Técnica de soldadura</b> Proceso de soldadura: FCAW Tipo de Soldadura: Empuje lineal. semiautomática * Automática <input type="checkbox"/> Posición de soldadura: Varios				
<b>Metal Base</b> Especificación: Acero / A-588 planchones. Espesor: 10 – 30 mm Longitud: Varios Diámetro: N / A			Técnica: Un pase * Varios pases * Limpieza: Pase raíz Cepillo metálico. Pases siguientes Cepillo metálico.				
<b>Metal de Aporte</b> Marca del Electrodo: Lincoln / Equivalente Denominación AWS: E 81 Material del Electrodo: Acero al carbono- Al. Color: Plomo – amarillo. Porcentaje de Torio: N / A Diámetro (s): Varios Aporte: Alambre tubular – T			<b>Notas</b> -Cepillado antes y después. -Tiempo de suelda: 30 – 45 cm / min. -Atmosfera: CO2 / Inerte -Purgado antorcha: 20 – 30 LT / min +- 5 -Refrigeración: Aire atmosférico. -Longitud de arco: 8 mm +- 3 mm -Técnica: Múltiple.				
<b>Pre calentamiento</b> Temp. De Pre calentamiento 30 °C min. Temp. Entre pases: 60 °C min. 120 °C máx.							
No de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de trabajo (V)	Vel. De avance (cm/min)	Detalles de la Junta
	Clase	Diam (mm)	Tipo y polari.	Amp.			
1 Raíz	E81	1.2	DC+	220	25.5	42	<p>α = Producción del ángulo de ranura (60° recomendado)</p> <p>1/8 in. (3 mm) MAX</p> <p>1/8 in. (3 mm) MAX</p>
2 Rell.	E81	1.2	DC+	240	26	40	
3 Rell.	E81	1.2	DC+	245	26.5	35	
4 Capa	E81	1.2	DC+	250	27.5	45	

**Anexo No. 6:** Informe técnico de inspección de soldadura por el método de líquidos penetrantes.

**SUPERVISIÓN CONTROL VISUAL Y TINTAS PENETRANTES**

**LABORATORIO DE SOLDADURA**

INGENIERÍA-FISCALIZACIÓN-CONSTRUCCIÓN

Ing. Marcelo Chimboraço.

AWS END API ASME GTAW FCAW

Tec. M Gallo / R. Tapia



**TEMA:** Reporte de inspección de soldadura por método PT

**CUENTE:** CONSORCIO RÍO TIGRE

**PROYECTO:** Construcción del puente vehicular y accesos sobre el Río Tigre, Parroquia Mera, Canton Mera.

**FECHA:** 08-MAYO- 2025

**ESPEC:** MET - L - CHEC / Muestreo 40%

**ELEMENTO:** VD

CÓDIGO	CLEANER	TIEMPO CONTROL MIN.	PENETRANT	TIEMPO CONTROL MIN.	DEVELOPER	TIEMPO CONTROL MIN.	LONGITUD ENSAYADA	APROBAR	REPARAR	RESULTADO	OBSERVACIONES
J1	*	20	*	20	*	22	30 cm	OK	NO	OK	CORRECTO
J2	*	20	*	20	*	22	30 cm	OK	NO	OK	CORRECTO
J3	*	20	*	20	*	22	30 cm	OK	NO	OK	CORRECTO
J4	*	20	*	20	*	22	30 cm	OK	NO	OK	CORRECTO
J5	*	20	*	20	*	22	30 cm	OK	NO	OK	CORRECTO
J6	*	20	*	20	*	22	30 cm	OK	NO	OK	CORRECTO
J7	*	20	*	20	*	22	30 cm	OK	NO	OK	CORRECTO
J8	*	20	*	20	*	22	30 cm	OK	NO	OK	CORRECTO

ANÁLISIS METALÚRGICO:	M	Moledura	F	Fisura	CR	Cráter	C	Convexidad	S8	Soldadura baja
P	Poros <td>IF</td> <td>Incompleta fusión <td>CC</td> <td>Convexidad <td>R</td> <td>Reforzamiento <td>OL</td> <td>Solape</td> <td></td> </td></td></td>	IF	Incompleta fusión <td>CC</td> <td>Convexidad <td>R</td> <td>Reforzamiento <td>OL</td> <td>Solape</td> <td></td> </td></td>	CC	Convexidad <td>R</td> <td>Reforzamiento <td>OL</td> <td>Solape</td> <td></td> </td>	R	Reforzamiento <td>OL</td> <td>Solape</td> <td></td>	OL	Solape	
LI	Pierna de filete <td>L2</td> <td>Pierna de filete <td>CI</td> <td>Refuerzo de cara <td>C2</td> <td>Refuerzo de raíz <td>G</td> <td>Garganta efectiva</td> <td></td> </td></td></td>	L2	Pierna de filete <td>CI</td> <td>Refuerzo de cara <td>C2</td> <td>Refuerzo de raíz <td>G</td> <td>Garganta efectiva</td> <td></td> </td></td>	CI	Refuerzo de cara <td>C2</td> <td>Refuerzo de raíz <td>G</td> <td>Garganta efectiva</td> <td></td> </td>	C2	Refuerzo de raíz <td>G</td> <td>Garganta efectiva</td> <td></td>	G	Garganta efectiva	


**RESULTADOS:**

Las juntas de soldadura sometidas a inspección cumplen con los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.5 - 2020

**EVALUACION FINAL:**

Aprobado.

Anexo No. 7: Informe técnico de inspección de soldadura por el método de ultrasonidos.

	Fecha: 05/08/2025.	Rep: P. TIGRE-UT 01.	Hoja 4 de 7
	<b>REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA.</b> <b>MÉTODO: ULTRASONIDO INDUSTRIAL.</b>		
	<b>PROYECTO: CONSTRUCCIÓN PUENTE RIO TIGRE.</b>		
	<b>UBICACIÓN: CANTÓN MERA-PROVINCIA DE PASTAZA.</b>		

**REPORTE DE INSPECCIÓN DE JUNTAS SOLDADAS.**  
**MÉTODO ULTRASONIDO, HAZ ANGULAR.**

<b>1.- GENERAL</b>													
LUGAR Y FECHA:	MERA, 04/06/2025.				CÓDIGO SOLDADURA:	AWS D1.5			NOMENCLATURA:				
REPORTE N°	P. TIGRE-UT 01.				MATERIAL BASE:	ASTM – A588			ACEP: ACEPTADO				
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN PUENTE RIO TIGRE.				ORIGEN:	MONTAJE			RECH: RECHAZADO				
					PROCEDIMIENTO	NDT-PLUS-UT-01							
<b>2.- MEDIOS DE INSPECCIÓN.</b>													
MARCA:	EQUIPO SIUI.		ZAPATA: PANAMETRICS ABWS 70° STEEL.				BLOQUE CAL: IIW, TIPO 1		TRANSDUCTOR: PANAMETRICS – NDT C432		TIPO: PULSO-ECO		
MODELO:	SMARTOR.		ACOPLANTE: CARBOMETIL CELULÓSICO				FRECUENCIA: 2.25 MHZ				TÉCNICA: CONVENCIONAL		
SERIE:	M06320220157R.												
<b>3.- DETALLE DE JUNTAS INSPECCIONADAS.</b>													
JUNTA DE PENETRACIÓN COMPLETA, JUNTA A TOPE.													
<b>4.-DATOS DE INSPECCIÓN.</b>													
<b>INSPECCIÓN</b>													
IDENTIFICACIÓN DE JUNTA					UBICACIÓN DE LA DISCONTINUIDAD				EVALUACIÓN DISCONTINUIDAD			REINSPECCIÓN	
EJE	JUNTA	LONGITUD.	ESPESOR.	SOLDADOR	D- PROFUNDIDAD (mm)	LONGITUD (mm)	DESDE CARA	PIERNA (UT)	INDICACIÓN LIMITE (db)	CLASE.	RESULTADO	FECHA	RESULTADO
<b>JUNTAS INSPECCIONADAS EN MONTAJE.</b>													
A	J-1. Patín Sup.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J-1. Patín Inf.	-	20	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
	J-1. Alma.	-	15	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
A	J-2. Patín Sup.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J-2. Patín Inf.	-	20	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
	J-2. Alma.	-	15	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
B	J-1. Patín Sup.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J-1. Patín Inf.	-	20	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
	J-1. Alma.	-	15	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
B	J-2. Patín Sup.	-	20	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
	J-2. Patín Inf.	-	20	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
	J-2. Alma.	-	15	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
C	J-1. Patín Sup.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J-1. Patín Inf.	-	20	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
	J-1. Alma.	-	15	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
C	J-2. Patín Sup.	-	20	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
	J-2. Patín Inf.	-	20	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-
	J-2. Alma.	-	15	-	-	-	A	IY II	-	-	ACEP	-	-

ELABORADO POR: NDT-PLUS.  
ndtplus79@gmail.com 0999332563  
SANGOLQUÍ-ECUADOR