



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes emperrnados y anclajes con soldadura tapón.

AUTOR:

Pazmiño Moreno Pablo Sebastián
Villacis Vergara Gabriel Víctor

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Civil**

TUTOR:

Cali Proaño, Ángela Francisca

Guayaquil, Ecuador

17 de febrero de 2023

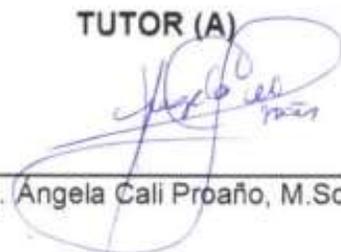


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Pazmiño Moreno Pablo Sebastián, Villacis Vergara Gabriel Víctor**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR (A)

f. 
Ing. Angela Cali Proaño, M.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 
Ing. Stefany Alcivar Bastidas, M.Sc.

Guayaquil, a los 17 días del mes de febrero del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: **Pazmiño Moreno Pablo Sebastián**
Villacis Vergara, Gabriel Víctor

DECLARAMOS QUE:

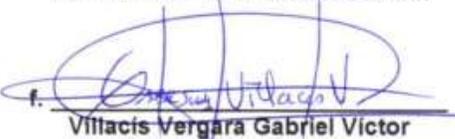
El Trabajo de Titulación: **Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes emperrnados y anclajes con soldadura tapón**, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR


f. _____
Pazmiño Moreno Pablo Sebastian


f. _____
Villacis Vergara Gabriel Víctor



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Nosotros: **Pazmiño Moreno, Pablo Sebastián**
Villacis Vergara, Gabriel Víctor

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes emperrados y anclajes con soldadura tapón**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR:


f. _____
Pazmiño Moreno Pablo Sebastian


f. _____
Villacis Vergara Gabriel Victor

REPORTE URKUND

Document Information

| | |
|-------------------|---|
| Analyzed document | TEMA TITULACIÓN - FAZMIÑO-VILLACIS - 2022.docx (D158494991) |
| Submitted | 2/13/2023 8:55:00 AM |
| Submitted by | |
| Submitter email | angela.cali@cu.ucsg.edu.ec |
| Similarity | 0% |
| Analysis address | angela.cali@ucsg@analysis.orkund.com |

Sources included in the report

| | | | |
|----------|--|---|----------|
| W | URL: http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/3195/1/IDENTIFICACI%C3%93N%20DE%20ERRORES%20... |  | 1 |
| | Fetched: 4/24/2021 9:57:36 PM | | |

Entire Document

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

"Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes emperrados y anclajes con soldadura tapón"

AUTOR:

Pazmiño Moreno Pablo Sebastián Villacis Vergara Gabriel Victor

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TUTOR: Ing. Ángela Cali Proaño, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador 25 de octubre de 2022

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACION

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Pazmiño Moreno Pablo Sebastian, Villacis Vergara Gabriel Victor, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Civil.

TUTOR (A)

f. _____ Ing. Ángela Cali Proaño, M.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____ Ing. Stefany Alcivar Bastidas, M.Sc.

Guayaquil, a los 25 días del mes de septiembre del año 2022

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Pablo Sebastián Pazmiño Moreno Gabriel Victor Villacis Vergara

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, "Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes emperrados y anclajes con soldadura tapón", previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

f. _____ Pazmiño Moreno Pablo Sebastian Villacis Vergara Gabriel Victor

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a Dios y a toda mi familia por acompañarme en este camino y poder terminar una etapa más de mi vida, siempre apoyándome en todas mis decisiones y dándome consejos para ser un mejor hijo y persona.

A todos mis compañeros que sin ellos esta etapa universitaria no hubiese sido la mejor, todos los recuerdos y experiencias que nos llevamos serán recuerdos para toda la vida, nos propusimos una meta y por fin la estamos culminando con altos y altibajos, pero al fin logramos cumplir nuestro objetivo.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a Dios y a toda mi familia por acompañarme en este camino y poder terminar una etapa más de mi vida, siempre apoyándome en todas mis decisiones y dándome consejos para ser un mejor hijo y persona.

A todos mis compañeros que sin ellos esta etapa universitaria no hubiese sido la mejor, todos los recuerdos y experiencias que nos llevamos serán recuerdos para toda la vida, nos propusimos una meta y por fin la estamos culminando con altos y altibajos, pero al fin logramos cumplir nuestro objetivo.

A todo el personal de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por ayudar a todos sus estudiantes en el proceso de enseñar y preparar para esta carrera con mucho futuro y consiguiendo las mejores bases, para emplearlas más adelante.

Gracias Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y por último gracias, Pablo Iván Pazmiño Manrique, Jessica del Carmen Moreno Granja y Doménica Alejandra Pazmiño Moreno, no es solo mi logro, esto también es de ustedes.

Pablo Pazmiño

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, primeramente, por darme la salud y la perseverancia que se necesita para lograr esta meta tan importante de mi vida.

Agradezco a mis padres por ser un pilar fundamental, guiándome a lo largo de este largo camino, brindándome su amor, su paciencia y su comprensión aconsejándome para ser cada día una mejor persona, este logro también les pertenece.

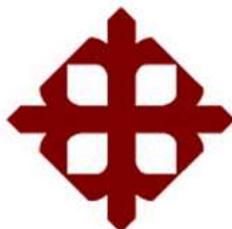
Agradezco a mis abuelos que desde el cielo sé que me están cuidando y dándome la fuerza para seguir adelante.

Agradezco a mis compañeros que han sido parte importante dentro de esta experiencia que es ser estudiante ya que hemos compartido muchas experiencias juntos apoyándonos siempre para sobrellevar las adversidades.

Agradezco a mi pareja por tener la paciencia y estar a mi lado en todo momento alentándome a seguir.

Y finalmente un agradecimiento especial a mi tutora la Ing. Angela Cali porque a más de ser una excelente docente y siempre aconsejarme de la mejor manera para no decaer en el objetivo, se convirtió en una excelente amiga.

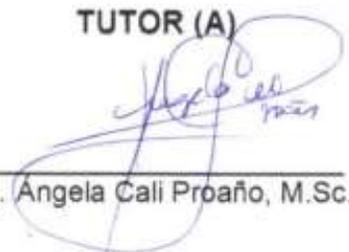
Gabriel Villacís

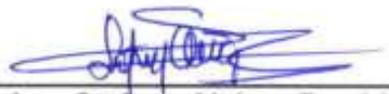


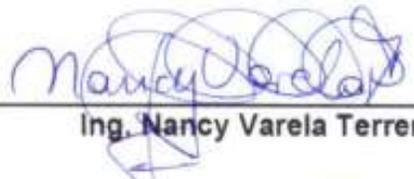
**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

TUTOR (A)

f. 
Ing. Angela Cali Proaño, M.Sc.

f. 
Ing. Stefany Alcivar Bastidas, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. Nancy Varela Terreros, Ph.D.
DOCENTE DELEGADA

f. 
Ing. José Barros Cabezas, M. Sc.
OPONENTE

REPORTE URKUND

Document Information

| | |
|-------------------|---|
| Analyzed document | TEMA TITULACIÓN - PAZMIÑO-VILLACIS - 2022.docx (D158494991) |
| Submitted | 2/13/2023 8:55:00 AM |
| Submitted by | |
| Submitter email | angela.cali@cu.ucsg.edu.ec |
| Similarity | 0% |
| Analysis address | angela.cali@ucsg@analysis.orkund.com |

Sources included in the report

| | | | |
|----------|--|---|----------|
| W | URL: http://repositorio.uces.edu.ec/bitstream/123456789/3195/1/IDENTIFICACION%20C3%93N%20DE%20ERRORES%20... |  | 1 |
| | Fetched: 4/24/2021 9:57:36 PM | | |

Entire Document

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

"Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes emperrados y anclajes con soldadura tapón"

AUTOR:

Pazmiño Moreno Pablo Sebastián Villacis Vergara Gabriel Víctor

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TUTOR: Ing. Ángela Cali Proaño, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador 25 de octubre de 2022

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Pazmiño Moreno Pablo Sebastian, Villacis Vergara Gabriel Victor, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Civil.

TUTOR (A)

f. _____ Ing. Ángela Cali Proaño, M.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____ Ing. Stefany Alcivar Bastidas, M.Sc.

Guayaquil, a los 25 días del mes de septiembre del año 2022

FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Pablo Sebastián Pazmiño Moreno Gabriel Víctor Villacis Vergara

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, "Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes emperrados y anclajes con soldadura tapón", previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

f. _____ Pazmiño Moreno Pablo Sebastian Villacis Vergara Gabriel Victor

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a Dios y a toda mi familia por acompañarme en este camino y poder terminar una etapa más de mi vida, siempre apoyándome en todas mis decisiones y dándome consejos para ser un mejor hijo y persona.

A todos mis compañeros que sin ellos esta etapa universitaria no hubiese sido la mejor, todos los recuerdos y experiencias que nos llevamos serán recuerdos para toda la vida, nos propusimos una meta y por fin la estamos culminando con altos y altibajos, pero al fin logramos cumplir nuestro objetivo.

<https://secure.orkund.com/view/151320786-126011-272894#details/fulltext>



1/17

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| Resumen | XX |
| Abstract | XXI |
| Introducción | 2 |
| Antecedentes..... | 2 |
| Antecedentes Investigativos | 2 |
| Objetivos | 3 |
| Objetivo General..... | 3 |
| Objetivos Específicos | 3 |
| Metodología..... | 3 |
| Aporte Académico | 5 |
| 1. Marco Teórico..... | 6 |
| 1.1 Acero | 6 |
| 1.2.1 Beneficios del Acero | 6 |
| 1.2 Gráfica Esfuerzo – Deformación | 8 |
| 1.3 Placa Base..... | 10 |
| 1.3.1 Generalidades | 11 |
| 1.4 Conexiones | 12 |
| 1.4.1 Ubicación de Soldadura y Pernos..... | 14 |
| 1.4.2 Tipos de Conexiones | 14 |
| 1.4.2.1 Pernos de Anclaje..... | 14 |
| 1.4.2.2 Soldadura | 18 |
| 1.5 Soldadura FCAW | 22 |
| 1.5.1 Equipo de Soldadura FCAW | 22 |
| 1.5.2 Variables de Procesos..... | 24 |
| 1.5.2.1 Corriente de Soldadura | 24 |
| 1.5.2.2 Voltaje del Arco..... | 24 |
| 1.5.2.3 Velocidad de Soldadura | 25 |
| 1.5.2.4 Electrodo..... | 25 |
| 2. Ensayo de Laboratorio..... | 27 |
| 2.1 Información Previa a las Pruebas..... | 27 |
| 2.2 Ensayo de Especímenes..... | 28 |
| 2.3 Procedimiento de Ensayos..... | 36 |
| 3. Resultados | 41 |
| 3.1 Análisis de Resultados | 51 |
| Conclusiones y Recomendaciones..... | 60 |

| | |
|------------------|----|
| Referencias..... | 61 |
| Anexos..... | 64 |

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diámetro de perforación de acuerdo con el diámetro del perno de anclaje.
..... 16

Tabla 2 Significado del sufijo alambre FCAW..... 26

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Placa base con anclajes por medio de soldadura tapón en etapa de fabricación e instalado. | 5 |
| Figura 2 Estructura de acero..... | 7 |
| Figura 3 Módulo de Elasticidad de acero estructural A36, A50..... | 8 |
| Figura 4 Placa base..... | 10 |
| Figura 5 Placas de anclaje..... | 11 |
| Figura 6 Pernos de anclaje. | 15 |
| Figura 7 Soldadura con gas..... | 19 |
| Figura 8 Soldadura SWAM. | 20 |
| Figura 9 Soldadura TIG. | 20 |
| Figura 10 Soldadura GMAW..... | 21 |
| Figura 11 Equipo de soldadura por arco bajo gas protector metálico. | 23 |
| Figura 12 Clasificación de electrodos FCAW..... | 26 |
| Figura 13 Centro de investigaciones en Ingeniería Estructural Sismo Resistente. | 28 |
| Figura 14 V&V Construcimet Cia. Ltda. | 28 |
| Figura 15 Vista lateral de placa base con anclaje soldadura tapón sin biselado. | 29 |
| Figura 16 Detalle de placa "A". | 29 |
| Figura 17 Corte de plancha de acero A36. | 30 |
| Figura 18 Perforación de la placa con un taladro con una broca de 5/8"..... | 30 |
| Figura 19 Perforación en la placa. | 31 |
| Figura 20 Varilla corrugada 60cm, diámetro 14mm | 31 |
| Figura 21 Varillas insertadas en las perforaciones. | 32 |
| Figura 22 Vista lateral de placa base con anclaje soldadura tapón con biselado. | 33 |
| Figura 23 Vista lateral de placa base con anclaje soldadura tapón con biselado. | 33 |
| Figura 24 Detalle de placa "B". | 34 |

| | |
|---|----|
| Figura 25 Biselado de la plancha de acero..... | 35 |
| Figura 26 Vista lateral de placa base con anclaje empernado..... | 35 |
| Figura 27 Vista de placa "C"..... | 35 |
| Figura 28 Vista de placa "C"..... | 36 |
| Figura 29 Ensayos en máquina universal..... | 37 |
| Figura 30 Estado de los anclajes post prueba, Soldadura tapón (sin biselado) | 38 |
| Figura 31 Estado de los anclajes post prueba, Soldadura tapón (con biselado) | 38 |
| Figura 32 Estado de los anclajes post prueba, Anclaje empernado..... | 38 |
| Figura 33 Resultados CEINVES..... | 39 |
| Figura 34 Programa Digitizeit..... | 40 |
| Figura 35 Datos extraídos del programa Digitizeit, para la elaboración de los gráficos..... | 40 |
| Figura 36 Ensayo Espécimen soldado sin biselar #1..... | 41 |
| Figura 37 Ensayo espécimen soldado sin biselar #2..... | 43 |
| Figura 38 Ensayo Espécimen soldado sin biselar #3..... | 44 |
| Figura 39 Ensayo espécimen soldado con biselado #1..... | 45 |
| Figura 40 Ensayo espécimen soldado con biselado #2..... | 46 |
| Figura 41 Ensayo espécimen soldado con biselado #3..... | 47 |
| Figura 42 Ensayo espécimen empernado #1..... | 48 |
| Figura 43 Ensayo espécimen empernado #2..... | 49 |
| Figura 44 Ensayo espécimen empernado #3..... | 50 |
| Figura 45 Curva “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados sin bisel..... | 51 |
| Figura 46 Curva “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados sin bisel..... | 52 |
| Figura 47 Curva “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados con bisel..... | 53 |
| Figura 48 Comparativa entre curvas “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” de especímenes soldados con bisel..... | 54 |
| Figura 49 Curva “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes | |

| | |
|---|----|
| empernados..... | 55 |
| Figura 50 Comparativa entre curvas “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” de especímenes empernados..... | 56 |
| Figura 51 Comparativa entre curvas “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados sin biselar y biselados. | 57 |
| Figura 52 Comparativa entre curvas “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados con bisel y empennados..... | 58 |

Resumen

El presente trabajo de titulación es un estudio sobre los tipos de anclajes más utilizados en el medio de construcción en Ecuador sobre una placa base de acero, los cuales son: anclajes emperrados y anclaje soldadura tapón.

El principal propósito es analizar y comparar la diferencia entre los dos tipos de anclajes, su fabricación en los talleres, su precio en el mercado actualmente, cuál es su esfuerzo máximo, y con esto, evitar problemas durante el proceso de construcción; dependiendo de la elección de uno de los tipos de anclajes.

La metodología empleada corresponde a una profunda investigación bibliográfica; así como investigaciones de campo, cuya información se ha mantenido en total confidencialidad. Se analizaron los problemas para cada una de las fallas e identificó cual es mejor para cada caso que se presente en la vida profesional.

Tras exponer los antecedentes, se definirá el enfoque de la investigación; así como los objetivos empleados, para así exponer los resultados. En el presente trabajo se mostrará el desarrollo del proceso de fabricación de los elementos en Constructora Civil y Metálica V&V Construcimet Cia. Ltda., el uso de la maquina universal de ensayos a tracción facilitada por el laboratorio CEINVES de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil y la aplicación de software Digizeit para el ingreso de datos y obtención de gráficas esfuerzo y deformación.

Palabras Claves: Placa Base, Soldadura, Anclaje, Pernos.

Abstract

The present degree work is a study on the types of anchors most used in the construction environment in Ecuador on a steel base plate, which are: bolted anchors and plug welding anchors.

The main purpose is to analyze and compare the difference between the two types of anchors, their manufacture in the workshops, their price in the market at present, what is their maximum effort, and with this, avoid problems during the construction process: depending on the choice of one of the types of anchors.

The methodology used corresponds to a thorough bibliographic research; as well as field investigations, whose information has been kept in total confidentiality. The problems were analyzed for each of the failures and identified which one is better for each case presented in professional life.

After the background, the research approach will be defined, as well as the objectives used, in order to present the results. This work will show the development of the manufacturing process of the elements in Constructora Civil y Metálica V&V Construcimet Cia. Ltda., the use of the universal tensile testing machine provided by the CEINVES laboratory of the Universidad Católica Santiago de Guayaquil and the application of Digizeit software for data entry and obtaining stress and deformation graphs.

Keywords: Base Plate, Welding, Anchoring, Bolting.

Introducción

Antecedentes

Uno de los aspectos más importantes del diseño de estructuras de acero es la selección correcta de varias juntas estructurales para garantizar la estabilidad estructural. La solución para conectar elementos estructurales individuales depende de muchos factores, como: los estándares y la experiencia del ingeniero civil, el fabricante y el instalador, la buena construcción del concepto del proyecto, la forma y el tamaño de las partes a conectar, el efecto sobre la estructura afectada, el tamaño y distribución de la fuerza sobre el elemento, el tipo de conexión (soldada o atornillada). En esta investigación se estudiará si el diseño de estos dos tipos conexiones utilizadas cotidianamente en placas base metálicas funciona de manera correcta.

Las placas base son los elementos estructurales; a través de estos las columnas transmiten sus cargas axiales, de momento y transversales, a la cimentación para que pueda soportarlas. Debido a este cambio de resistencia, de acero a hormigón, es necesario ensanchar la base para asegurar que la carga se distribuya lo más uniformemente posible al cimiento. En relación a los anclajes en las placas base, dentro del medio se manejan diferentes tipos, en este caso específico se analizaron las placas base con anclajes empernados y con soldadura tapón.

Antecedentes Investigativos

Para comprender cómo se resolvió este problema en el pasado, se revisaron estudios previos realizado hacia las conexiones empernadas en placas base; como la investigación efectuada por Pacheco (2016), donde presenta una propuesta de normativa integral que se puede aplicar para el diseño de placas base, con el propósito de brindar a los ingenieros civiles un conjunto de normas

que les permita diseñar y construir con los niveles de eficiencia y seguridad que requieren. Por otra parte, se ha revisado el trabajo efectuado por Arízaga y Ortiz (2014), presentando un análisis de la construcción donde se aplica diseños sismorresistentes que utilizan columnas de perfiles tubulares que han sido rellenados de hormigo.

El antecedente también nos permite garantizar la originalidad del trabajo que desarrollamos.

Objetivos

Objetivo General

Estudiar el comportamiento estructural de las placas base utilizando dos tipos diferentes de anclaje empernado, el cual es utilizado tradicionalmente y está comprobado su efectividad, mientras que con soldadura tapón se realizan análisis para verificar su efectividad e identificar con cuál de los casos se obtiene el funcionamiento correcto del elemento.

Objetivos Específicos

- a. Realizar los ensayos de laboratorio para ver los tipos de fallas que se presentan y la resistencia a la tracción de las placas con los diferentes tipos de anclajes.
- b. Comparar la capacidad resistente de cada una de las placas base, con anclajes empotrados y con anclajes con soldadura tapón.
- c. Evaluar la factibilidad de utilizar anclaje con soldadura tapón.

Metodología

El presente caso de estudio implica realizar tres ensayos a tracción de los dos tipos de anclaje, empernada y soldadura tapón, en placa base. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Católica Santiago de

Guayaquil; las muestras a ensayar se fabricaron en las instalaciones de la constructora Construcimet, especializada en fabricación de estructuras metálicas.

La fabricación de las probetas con anclaje soldadura tapón se realiza de la siguiente manera:

1. Corte de plancha a medida de las placas.
2. Perforado de la placa de acuerdo con el diámetro de la varilla de anclaje con taladro de pedestal.
3. Paso de una broca para realizar un avellanado para que la soldadura penetre de manera correcta.
4. Corte de la varilla de anclaje a la longitud establecida.
5. Inserción de varillas en las perforaciones realizadas.
6. Realización de cordón de soldadura en la parte superior e inferior (FCAW) en el caso de anclaje de soldadura tapón.
7. Realización de una prueba de ultrasonido por la empresa SOLFITEN a la soldadura realizada para verificar que no exista socavación
8. Ensayo a tracción por lo menos 3 especímenes de cada tipo de conexión.

Figura 1

Placa base con anclajes por medio de soldadura tapón en etapa de fabricación e instalado.



Fuente: Autor.

Aporte Académico

- a. Aporte investigativo sobre el comportamiento estructural de las placas base dependiendo el tipo de anclaje utilizado.
- b. Comparación entre el comportamiento estructural de una placa base empernada y una placa base soldada.
- c. Presentación de la forma más eficaz y confiable para su aplicación en el medio.

CAPÍTULO I

1. Marco Teórico

1.1 Acero

En nuestro medio el acero, como material, es muy utilizado para la construcción de: edificaciones comerciales, muelles, puentes, etc.; debido a su alta ductilidad, su capacidad de deformación es muy elevada.

Los aceros modernos están compuestos de aleación de hierro (98 %) con carbono (0.15 % al 1.7 %) junto con otros elementos.

1.2.1 Beneficios del Acero

La popularidad del acero se debe a su gran facilidad de alcanzar varias formas y grandes luces, para cualquier proyecto que se necesite; dado a su gran versatilidad ha aumentado en gran proporción su popularidad dentro del medio constructivo local; además de otras ventajas como son: su gran resistencia, poco peso, facilidad de fabricación; que se explicarán brevemente a continuación:

- **Uniformidad.** Al contrario de los elementos de concreto, los elementos de acero no cambian sus propiedades con el pasar del tiempo.
- **Elasticidad.** En los elementos de concreto los momentos de inercia de una estructura no pueden ser calculados de manera precisa, al contrario de las estructuras construidas en acero ya que gracias a la ley de Hooke se puede calcular de manera exacta.
- **La ductilidad.** Es la propiedad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo esfuerzos de tensión altos. Cuando se prueba a tensión un acero dulce o con bajo contenido de carbono, ocurre una reducción considerable de la sección transversal y un gran alargamiento en el punto de falla, antes de que se presente la fractura. (McCormac y Csernak, 2012).

- **Tenacidad.** Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aun capaz de resistir grandes fuerzas. Ésta es una característica muy importante porque implica que los miembros de acero pueden someterse a grandes deformaciones durante su fabricación y montaje, sin fracturarse, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos y taladrarlos sin daño aparente. (McCormac y Csernak, 2012).

Estas características se dan porque el acero es un material que posee un amplio rango plástico y elástico muy bien definido antes de llegar al punto de ruptura o fallo.

Figura 2

Estructura de acero

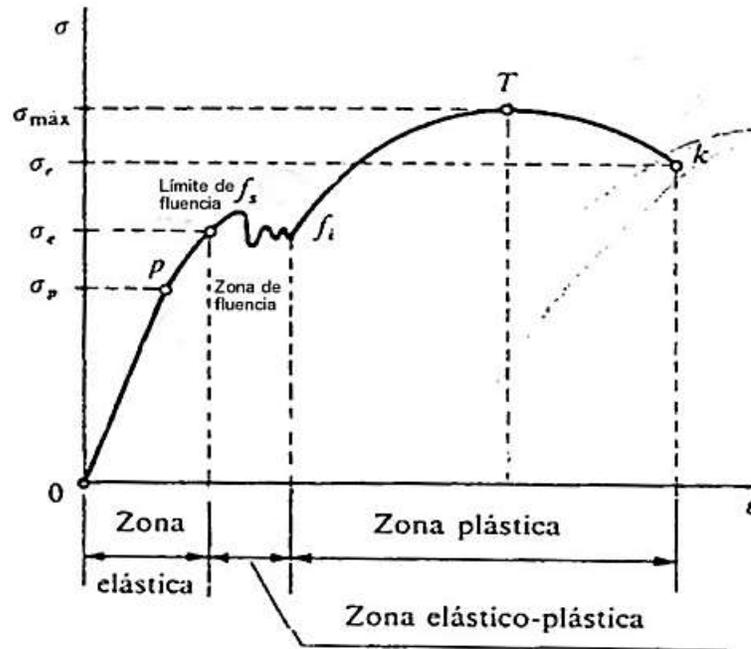


Fuente: Chazaro (s.f.)

1.2 Gráfica Esfuerzo – Deformación

Figura 3

Módulo de Elasticidad de acero estructural A36, A50.



Fuente: Pacheco (2016).

En Ingeniería Civil es fundamental saber el comportamiento de los materiales. Es vital conocer la deformación que sufre un material con determinado esfuerzo que se le aplique para la utilización del mismo.

De acuerdo con De Ingenierías (2019):

El diagrama esfuerzo deformación es una representación gráfica, que resulta de representar los esfuerzos que sufre un material en función de la deformación que experimenta al mismo tiempo. Este diagrama comprende varios puntos clave con sus respectivos valores que servirán para tomar decisiones de ingeniería.

A continuación, se proporciona mayor explicación sobre las partes de la Figura 3:

1. **Resistencia a la tensión.** La resistencia última a la tensión es considerada el punto máximo de la curva esfuerzo- deformación; al lograr el valor máximo de la curva se genera un decremento del diámetro del elemento analizado; así, el esfuerzo continúa aumentado hasta conseguir la ruptura de dicho elemento. En la Figura 3 se puede observar que, después de lograr el máximo esfuerzo, se aprecia que el esfuerzo soportado disminuye considerablemente; esto sucede por la ruptura la que es inmediata.
2. **Límite de fluencia.** El límite de fluencia se puede observar en la gráfica esfuerzo- deformación, en donde existe un gran aumento de deformación, con ningún o un poco de aumento del esfuerzo. Esta propiedad es el alargamiento que sufrirá el material, de una forma plástica y permanente.

Con el fin de comprender mejor el desempeño del material analizado, se determina este punto a través de un método de compensación, donde se traza una línea recta paralela a la porción recta del diagrama esfuerzo-deformación, a la derecha en una cantidad que en general es el 0.20% de la deformación unitaria. (Rodriguez y Alvarez, 2018)

3. **Zona Elástica.** Esta zona se caracteriza porque cuando terminan las tensiones aplicadas, los materiales vuelven a su longitud inicial.
4. **Zona Plástica.** Una vez rebasado la tensión del límite elástico, y aún sí se sigue aplicando tensiones de esfuerzo a tracción, el material ya no recupera su longitud inicial original. Después de sobrepasar la zona plástica podemos encontrar la zona de fluencia, en la que se da una deformación considerable, sin que varíe la tensión aplicada. Este proceso es denominado fluencia y la tensión en dicha zona o punto se denomina la tensión de fluencia.

1.3 Placa Base

Este elemento está diseñado para soportar el peso de la estructura y proporciona resistencia a la carga lateral parcial (carga terremoto o impacto de viento). La Figura 4 muestra una placa base.

Figura 4

Placa base.

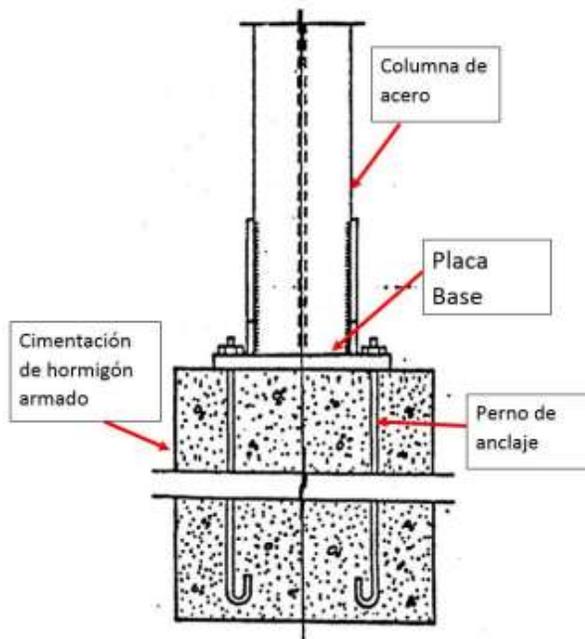


Fuente: Pacheco (2016).

De acuerdo a Pacheco (2016):

Los sistemas de placa base de anclaje son elementos metálicos conectados a cubos de hormigón armado que sirven para transferir el esfuerzo soportado por la estructura de acero hasta sus cimientos de hormigón armado. Este sistema tiene dos elementos principales: placa base y pernos de anclaje. Siendo las placas el único que conecta los elementos estructurales a los cimientos, que es una parte crítica en estructuras de acero. Igual que cualquier elemento, el diseño de la placa base tiene que seguir algunos criterios en su diseño y elaboración, para que este sea eficiente, seguro y efectivo.

Figura 5
Placas de anclaje.



Fuente: Pacheco (2016)

En las normas vigentes dentro de la NEC-15, podemos darnos cuenta de que esta abarca de una manera muy ligera a la implementación y diseño de placas base metálicas de anclaje para estructuras de acero en cimentaciones de hormigón. Dentro de la NEC Capítulo 2 “Estructuras de Acero” sección 7 “Diseño de conexiones, juntas y sujetadores” desde la pág. 36 a 40. En este capítulo se habla de placas de anclaje y otros elementos de conexión, pero de forma muy superficial en lugar de ser muy detallada.

1.3.1 Generalidades

Generalmente, la metodología más utilizada para la elaboración de edificaciones donde su estructura principal es metálica, es anclarla a las cimentaciones de hormigón armado. Actualmente, la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC, contiene secciones para el diseño de estas; brinda una guía de diseño y especificaciones técnicas para cumplir con los requerimientos para

dichas estructuras. No obstante, estas normas no cubren por completo una de las partes más importantes en la metodología de construcción, que son las placas metálicas de anclaje para columnas de acero sobre cimentaciones de hormigón armado. Debido a la rápida adaptación del acero como material de construcción, prácticamente opacando a los métodos tradicionales, no se pueden adoptar de manera efectiva los estándares necesarios para así lograr un diseño totalmente eficiente y seguro (Ministerio de Desarrollo Urbano [MIDUVI] y Secretaría de Gestión de Riesgo [SGR], 2016).

1.4 Conexiones

En términos generales, una conexión se define como el conjunto de elementos que se interceptan en un nodo, con el fin de transmitir esfuerzos entre sí, apegándose a las condiciones del modelo ideal de la estructuración; las conexiones pueden ser unidas mediante tornillos de alta resistencia y/o soldadura. (Charazo, s.f.).

La resistencia de los anclajes depende de las propiedades del acero y del tamaño del anclaje. La resistencia de la porción empotrada del anclaje depende de su longitud de empotramiento, de la resistencia del hormigón, de la proximidad de otros anclajes, de la distancia a los bordes libres, y de las características del extremo empotrado del anclaje. (Cabrera y Suquillo, 2013)

De acuerdo con la Norma AISC, las características del acero que se necesitan para el diseño de conexiones de columnas y vigas metálicas, para los métodos ASD y LRFD son las siguientes:

En el caso de las Placas Base:

- Acero ASTM A36/A36 M-08
 $F_y = 2540 \text{ kg/cm}^2$
 $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$
 $E = 2043000 \text{ kg/cm}^2$

- Acero ASTM A588/A588 M – 05
 $F_y = 3520 \text{ kg/cm}^2$
 $F_u = 4930 \text{ kg/cm}^2$
 $E = 2043000 \text{ kg/cm}^2$

En cambio, la Norma AISI declara la utilización de otras características en el material como lo son:

Para Placa Base:

- Acero A42E
 $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$
 $F_u = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 $E = 2070000 \text{ kg/cm}^2$

Para Pernos de Anclaje:

- Pernos A325 2
 $F_y = 5695.92 \text{ kg/cm}^2$ a $2\ 6469.44 \text{ kg/cm}^2$
 $F_u = 7383.60 \text{ kg/cm}^2$ a $2\ 8438.40 \text{ kg/cm}^2$
- Pernos A490
 $F_y = 8086.80 \text{ kg/cm}^2$ a $2\ 9141.60 \text{ kg/cm}^2$
 $F_u = 10548 \text{ kg/cm}^2$
- Varillas de Anclaje
 $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 $F_u = 6300 \text{ kg/cm}^2$

Donde:

- F_y = Esfuerzo de fluencia del acero, $[\text{kg/cm}^2]$
- F_u = Resistencia mínima a la tracción especificada del acero, $[\text{kg/cm}^2]$
- E = Módulo de elasticidad del acero, $[\text{kg/cm}^2]$

1.4.1 Ubicación de Soldadura y Pernos

El centro de gravedad de los pernos y del grupo de soldadura deberán coincidir, cuando se transmite una carga axial en sus extremos, de lo contrario se deberá tomar en cuenta la excentricidad en el diseño.

Para formar una edificación de acero, las conexiones forman una parte fundamental, debido a que estas unen todos los elementos que conforman la estructura. Los elementos tales como los tornillos, los que pueden ser de baja o alta resistencia, y la soldadura son los encargados de realizar estas uniones funcionen de la manera más adecuada y segura posible.

1. Pernos anclajes para placas (tipos, resistencias)
2. Uniones con soldadura en placas (anclaje empernado y soldadura tapón)

1.4.2 Tipos de Conexiones

1.4.2.1 Pernos de Anclaje

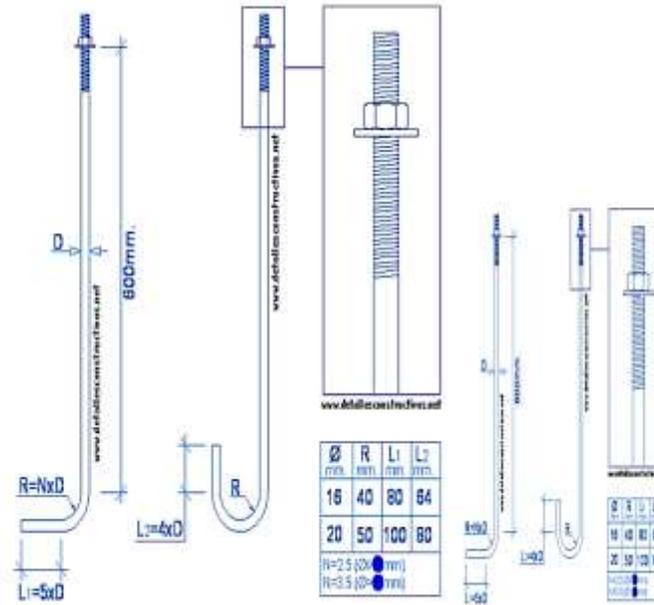
Los pernos de anclaje es otro de los elementos clave el cual que componen el sistema de anclaje para estructuras metálicas sobre cimentaciones de hormigón armado. Estos son los elementos de conexión que conectan las columnas y su respectiva placa base al cubo de hormigón armado. En muchos casos, la falla de una estructura o elementos estructurales no está relacionada con el elemento en sí, sino con el diseño incorrecto de la conexión de los elementos, que es un factor de diseño incluso para los pernos de anclaje. (Chávez, 2011)

Los pernos de anclaje para una placa base, no son pernos que normalmente utilizamos, debido a que su fabricación según el diseño otorgado tiene como funcionalidad soportar fuerzas de cortante y momento. Estos son de mayor espesor y más largos que los pernos utilizados normalmente en diferentes tipos de conexiones. Son similares a una varilla con su parte final doblada, la

parte expuesta tiene forma de rosca y diseñada para ser anclada con tuercas las cuales tienen forma hexagonal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Pernos de anclaje.



Fuente: Pacheco (2016).

Los pernos de anclaje deben ser diseñados con la sección J3, utilizando las siguientes formulas:

$$Rn = Fn * Ab$$

$$Fn = 0.75 * Fu$$

- $\phi = 0.75$ (LRFD)
- $\Omega = 2.00$ (ASD)

Donde:

- Rn = Tracción de diseño del perno [N]
- Fn = Tracción nominal del perno [MPa]
- Ab = Área nominal de perno sin hilo [mm²]
- Fu = Tracción última del perno [MPa]

Por lo general, en donde se concentra la mayor tracción de los pernos de anclaje es por el momento de en la base de la columna, por lo que se tiene que diseñar en función del momento, teniendo en cuenta el levantamiento debido a las cargas laterales por un posible volcamiento del edificio.

Tabla 1

Diámetro de perforación de acuerdo con el diámetro del perno de anclaje.

| TABLA DE VARILLAS | | | | | | | | |
|-------------------|-------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|------------|
| Diám /mm | Kg/m | 12 m | | 9m | | 6 m | | TOLERANCIA |
| | | Kg | Var x Qq | Kg | Var x Qq | Kg | Var x Qq | |
| 8 | 0.395 | 4.740 | 9.568 | 3.555 | 12.757 | 2.370 | 19.136 | ± 50mm |
| 10 | 0.617 | 7.404 | 6.125 | 5.553 | 8.167 | 3.702 | 12.251 | |
| 12 | 0.888 | 10.656 | 4.256 | 7.992 | 5.675 | 5.328 | 8.512 | |
| 14 | 1.208 | 14.496 | 3.129 | 10.872 | 4.171 | 7.248 | 6.257 | |
| 16 | 1.578 | 18.936 | 2.395 | 14.202 | 3.193 | 9.468 | 4.790 | |
| 18 | 1.998 | 23.976 | 1.892 | 17.982 | 2.522 | 11.988 | 3.783 | |
| 20 | 2.466 | 29.592 | 1.533 | 22.194 | 2.043 | 14.796 | 3.065 | |
| 22 | 2.984 | 35.808 | 1.267 | 26.856 | 1.689 | 17.904 | 2.533 | |
| 25 | 3.853 | 46.236 | 0.981 | 34.677 | 1.308 | 23.118 | 1.962 | |
| 28 | 4.834 | 58.008 | 0.782 | 43.506 | 1.042 | 29.004 | 1.564 | |
| 32 | 6.313 | 75.756 | 0.599 | 56.817 | 0.798 | 37.878 | 1.197 | |
| 36 | 7.990 | 95.880 | 0.473 | 71.910 | 0.631 | 47.940 | 0.946 | |

| PROPIEDADES MECÁNICAS | | MPa | kgf/mm ² |
|----------------------------------|--|-----|---------------------|
| Límite de fluencia mínimo | | 420 | 42 |
| Límite de fluencia máximo | | 540 | 55 |
| Resistencia a la tracción mínima | | 550 | 56 |

| ALARGAMIENTO (%) MÍNIMO CON PROBETA | | Lo=200mm |
|-------------------------------------|--|----------|
| Diámetro nominal (mm) | | % |
| 8-20 | | 14 |
| 22-32 | | 12 |

| DOBLADO A 180° | |
|-------------------------|----------------------|
| Diámetro nominal (d) mm | Diámetro del mandril |
| 8-18 | 3d |
| 20-25 | 4d |
| 28-32 | 6d |

Fuente: Acería del Ecuador [ADELCA] (s.f.)

Se permiten orificios más grandes para las perforaciones en la placa base para instalar los pernos de anclaje en la fundición. Según la ilustración 5, de la norma AISC 360-05, se provea la resistencia el aplastamiento de las tuercas mediante arandelas.

De acuerdo con DISENSA (s.f.):

Las varillas soldables ANDEC son barras de acero de baja aleación, que han recibido un tratamiento térmico controlado durante su proceso de laminación, poseen alta ductilidad y excelentes propiedades mecánicas. Se usan en estructuras de hormigón armado para construcciones de diseño sismo-resistente y donde se requiera empalmes por soldadura. Las varillas corrugadas se fabrican de acuerdo con lo establecido en la Norma INEN 2167 ASTM A-706. La fluencia y resistencia están dadas en mega pascales (MPa).

En este caso en específico los anclajes de las probetas a ensayar son varillas ANDEC que llevan una identificación exclusiva, en toda la longitud de esta, a una distancia de aproximadamente un metro y consiste con un sobre relieve. (DISENSA, s.f.)

Las características y diámetros de las barras de acero corrugado están regularizadas según las normativas de cada país. En España, las regulan las normas: UNE 36068:2011, UNE 36065:2011 y UNE36811:1998. (Asociación Española de Normalización y Certificación [AENOR, 2011]). En Venezuela y España las barras de acero corrugado se conocen como cabillas; en el caso de Venezuela, están reguladas por norma COVENIN 2004-98 (Ministerio de Desarrollo Urbano [MINDUR], 2004), en Bolivia se usan las normas AASHO M-31 (ASTM A15).

Al establecer un sistema de aseguramiento de la calidad que permite el control en las etapas clave del proceso, aseguramos un nivel de calidad consistente y satisfactoria para nuestros clientes. A petición del usuario, emitimos el correspondiente certificado de calidad. (DISENSA, s.f.)

En los especímenes elaborados para los ensayos, fueron fabricados con un diámetro de 14 mm, el diámetro fue elegido por experiencia, de la constructora

V&V CONSTRUCIMET. Debido a que el espesor de la placa base fue elaborado con fines educativos, ya que no tenían un dimensionamiento establecido. Los diámetros de las varillas varían según el espesor de la placa base y la carga aplicada a ella, ya sea una columna de gran o pequeño dimensionamiento, las varillas tendrán que cambiar.

1.4.2.2 Soldadura

La American Welding Society, AWS, define una soldadura como una coalescencia localizada (la fusión o unión de la estructura de granos de los materiales que se están soldando) de metales o no metales, producida mediante el calentamiento de los materiales a las temperaturas de soldadura requeridas, con o sin la aplicación de presión, o mediante la aplicación de presión sola y con o sin el uso de material de aportación. En lenguaje menos técnico, una soldadura ocurre cuando piezas individuales de material se unen para formar una sola pieza cuando se calientan a una temperatura lo suficientemente alta como para ablandarlas o derretirlas y correrlas. La presión puede usarse o no para conectar las piezas. En algunos casos, la presión por sí sola puede ser suficiente para unir piezas individuales de material y formar una sola pieza. Se agrega relleno si es necesario para hacer una soldadura completa en la junta.

Tipos de Soldadura

Los tipos de soldadura más populares son los siguientes:

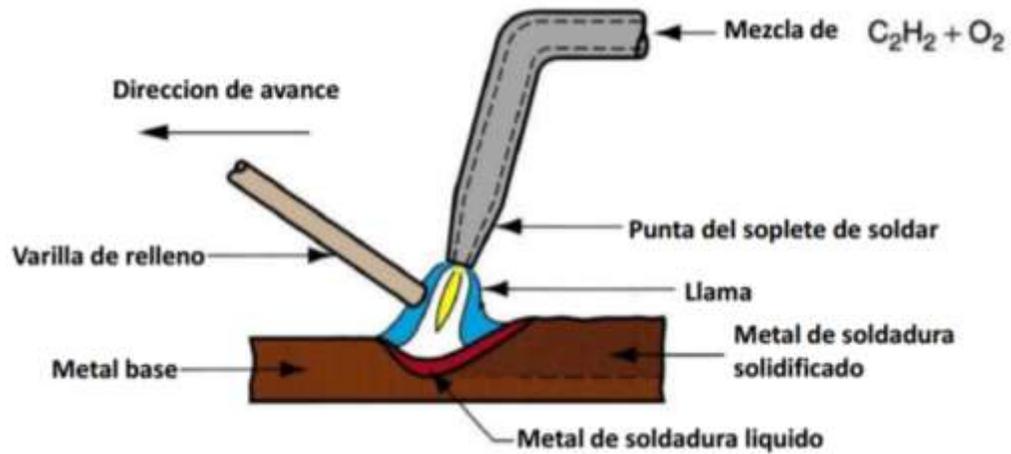
1. La soldadura con oxiacetileno (OAW).

De acuerdo a el Instituto de Seguridad y Salud Laboral (s.f.):

Se define la soldadura oxiacetilénica o autógena como el calentamiento hasta su fusión de las superficies a soldar puestas en contacto. Esto se produce por medio de la llama oxiacetilénica, con la adición o no del material de aporte.

Figura 7

Soldadura con gas.



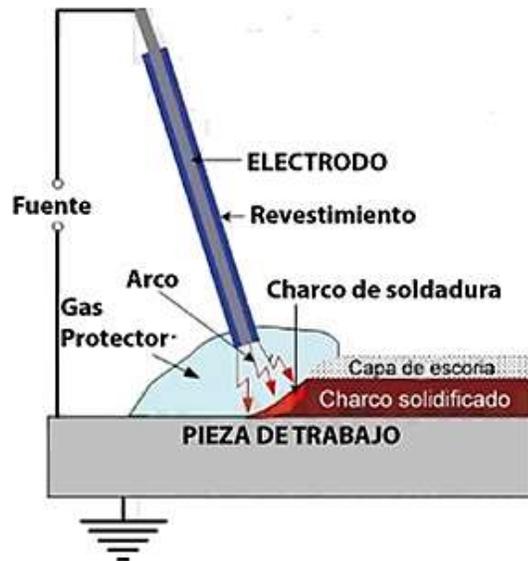
Fuente: Roca (2019).

2. La soldadura por arco metálico protegido (SMAW), con frecuencia llamada soldadura con electrodo.

De acuerdo a De Máquinas y Herramientas (2013):

Se trata de una técnica en la cual el calor de soldadura es generado por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo (metal base) y un electrodo metálico consumible (metal de aporte) recubierto con materiales químicos en una composición adecuada (fundente).

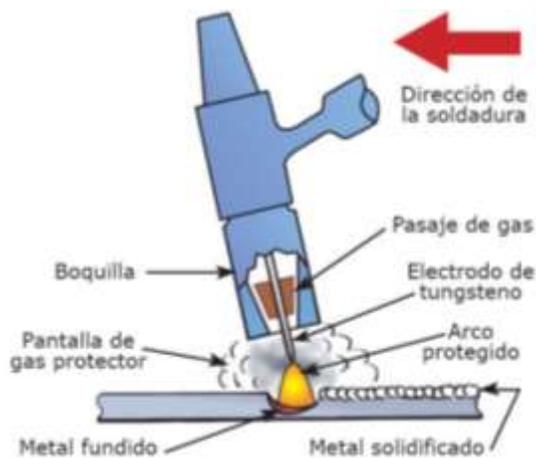
Figura 8
Soldadura SWAM.



Fuente: De Máquinas y Herramientas (2013).

3. La soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (GTAW). En este tipo de soldadura el electrodo que se utiliza no es consumido. Además, para soldar los elementos entre sí se puede usar o no un metal de aporte.

Figura 9
Soldadura TIG.



Fuente: Ayón (2021)

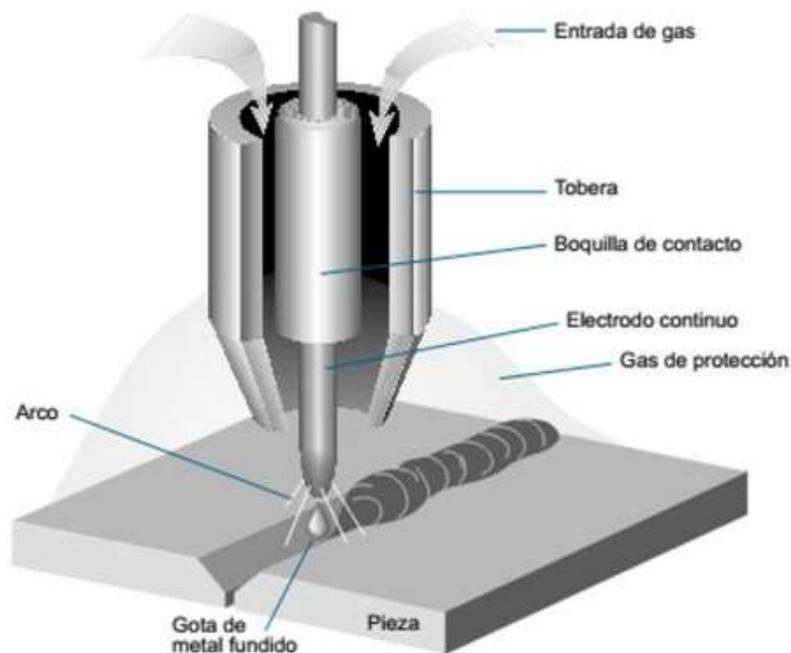
4. La soldadura por arco bajo gas protector metálico (GMAW).

De acuerdo a Air Liquide (s.f.):

Un generador proporciona una potencia eléctrica que crea un arco eléctrico entre el hilo-electrodo (metal de aporte) y la pieza que se va a soldar, provocando un calor de gran intensidad. Esto permite la fusión de las piezas metálicas que se van a unir y del metal de aporte. Por tanto, el hilo se aporta de forma continua a medida que las gotas de metal fundido formadas en un extremo se proyectan al baño de fusión.

Figura 10

Soldadura GMAW.



Fuente: Ingeniería Online (s.f.)

5. La soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW)

El proceso que se utilizará en este trabajo será la soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW).

1.5 Soldadura FCAW

La soldadura por arco con hilo tubular con núcleo fundente, FCAW, se utiliza en aceros al carbono, inoxidable y algunas aleaciones, para formar uniones utilizando el mismo equipo que en la soldadura por arco metálico protegido con gas. Una ventaja importante de este proceso es que, al agregar fundente al centro del alambre de relleno, a menudo se pueden realizar soldaduras sin el uso de un gas de protección externo, tomando en cuenta que no se necesita tanta limpieza previa como en el caso de la soldadura GMAW, ya que tiene mayor tolerancia a los contaminantes del material ayudando a que no existan fisuras en la soldadura. La introducción de alambres más pequeños y la eliminación del gas de protección en algunas soldaduras ha dado popularidad al proceso FCAW.

Es un proceso de soldadura automático o semiautomático en el que la fusión se lleva a cabo mediante un arco formado entre un electrodo tubular (hilo consumidor) y la pieza de trabajo. La protección la proporciona el fundente contenido en el alambre tubular. No requiere protección adicional para el gas suministrado externamente (EXSA-OERLIKON, 2011).

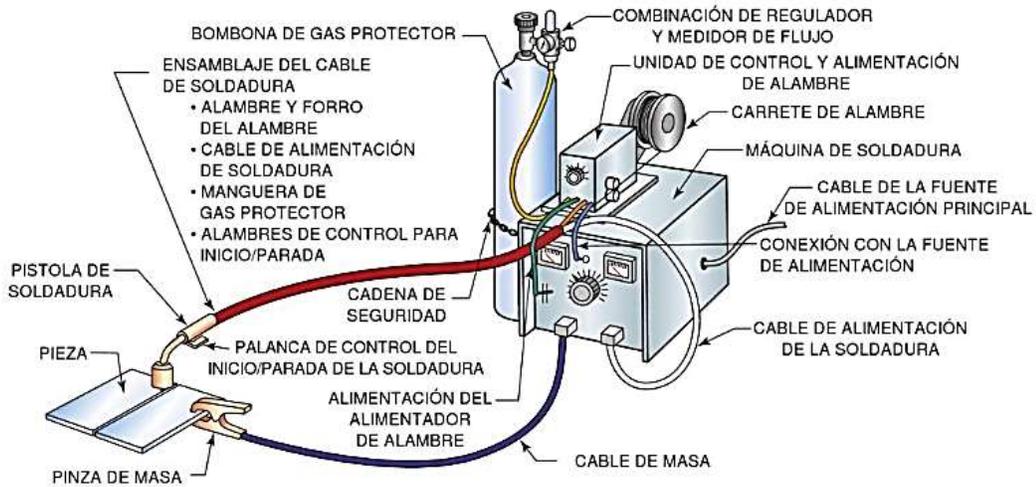
1.5.1 Equipo de Soldadura FCAW

El equipo básico para FCAW y soldadura por arco de gas de protección es similar. La principal diferencia es el suministro de gas y la corrección del arco en la versión con protección de gas. La fuente debe poder operar a la corriente máxima requerida por la aplicación particular. También se utilizan fuentes de

alimentación de voltaje constante lo suficientemente potentes con cableado y mecanismos de control adecuados.

Figura 11

Equipo de soldadura por arco bajo gas protector metálico.



Fuente: Jeffus (2009)

La velocidad de alimentación del electrodo determina la corriente de soldadura suministrada por una fuente de alimentación de voltaje constante. Si se cambia esta velocidad, la soldadora se ajustará automáticamente para mantener el voltaje de arco establecido. La velocidad de carga del electrodo se puede controlar mecánica o electrónicamente. Este proceso requiere que las bobinas impulsoras no aplasten ni deformen el electrodo tubular. Se utilizan diferentes rodillos con superficies onduladas y onduladas para mover el electrodo. Pistola de soldadura semiautomática típica. Están diseñados para ser cómodos de sostener, fáciles de usar y servir durante mucho tiempo. La pistola tiene contacto interno con el electrodo para conducir la corriente de soldadura. La corriente y la alimentación del electrodo se accionan con un interruptor montado en la pistola (Marín, s.f.).

1.5.2 Variables de Procesos

1.5.2.1 Corriente de Soldadura

La corriente de soldadura es proporcional a la velocidad de alimentación del alambre para el diámetro del electrodo, la composición y la longitud libre. Se utiliza una fuente de alimentación de tensión constante seleccionada correctamente para fundir el alambre a una velocidad que mantiene un voltaje de arco constante (longitud de arco). Para una velocidad de alimentación de alambre determinada, la corriente de soldadura medida depende de la longitud del electrodo libre. A medida que aumenta la longitud libre del electrodo, la corriente de soldadura disminuye. Variando la corriente de soldadura si otras variables del proceso permanecen constantes, para un diámetro de electrodo dado, se tendrán los siguientes efectos:

- Al aumentar la corriente aumenta la velocidad de deposición del electrodo.
- Al aumentar la corriente aumenta la penetración.
- Excesiva corriente produce cordones de soldadura convexos con mal aspecto.
- Corriente insuficiente produce transferencia de grandes gotas y excesivas salpicaduras (De Vedia y Svoboda, 2004).

1.5.2.2 Voltaje del Arco

La tensión de arco y la longitud de arco están muy relacionadas. El voltaje indicado en el panel de la fuente es la suma de las caídas de voltaje a lo largo del circuito de soldadura. Esto incluye la caída en el cable, en la longitud libre del electrodo, en el arco, en la pieza y en el cable de masa. Por lo que la tensión de arco será proporcional a lo indicado en el panel si consideramos constantes las caídas en los demás elementos del circuito, incluidas sus temperaturas.

La apariencia, la calidad y las propiedades de las soldaduras realizadas con FCAW pueden ser afectadas por variaciones en la tensión de arco. Una tensión de arco demasiado alta (arco demasiado largo), puede resultar en salpicaduras excesivas y en cordones anchos e irregulares. Con electrodos de acero al carbono esto puede provocar porosidad. Una tensión de arco demasiado baja puede resultar en excesivas salpicaduras y cordones angostos y convexos con baja penetración (De Vedia y Svoboda, 2004).

1.5.2.3 Velocidad de Soldadura

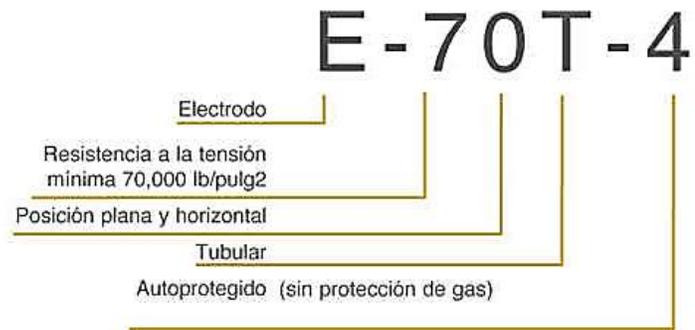
La velocidad de soldadura afecta la penetración y el contorno. A bajas velocidades de soldadura la penetración es mayor que a altas velocidades. Bajas velocidades de soldadura a altas corrientes resultan en un sobrecalentamiento del metal de soldadura. Esto puede dar lugar a la posibilidad de que se produzcan atrapamientos de escoria o que se funda el metal base. Altas velocidades de soldadura tienden a dar cordones irregulares y con mala apariencia (De Vedia & Svoboda, 2004) .

1.5.2.4 Electrodo

Al igual que en otros procesos hay un sistema de identificación para los distintos tipos de electrodos de soldadura, la AWS proporciona la siguiente identificación, iniciando con una E que expresa que es un electrodo, el primer número se refiere a la mínima resistencia a la tracción del metal de soldadura depositado expresado en diez mil libras por pulgada cuadrada, el segundo dígito puede ser un 1 que indica que el electrodo puede ser usado en cualquier posición o un 0 que indica que puede ser usado únicamente en posición plana o de filete horizontal, siguiendo estos números encontramos la letra T haciendo referencia a que es un alambre tubular y por último terminamos con un guion y un sufijo que denota la composición química del metal de soldadura, el tipo de corriente, polaridad de la operación si requiere o no protección gaseosa y si es idóneo para una o varias pasadas. (Martin, s.f.)

Figura 12

Clasificación de electrodos FCAW.



Fuente: Martín (s.f.)

Para entender mejor el significado del sufijo, mostramos la siguiente tabla.

Tabla 2

Significado del sufijo alambre FCAW.

| Clasificación AWS | Cantidad pasadas | Gas de protección | Corriente y polaridad |
|-------------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| EXXT-1 | Múltiples | CO ₂ | DCEP |
| EXXT-2 | Única | CO ₂ | DCEP |
| EXXT-3 | Única | Ninguno | DCEP |
| EXXT-4 | Múltiples | Ninguno | DCEP |
| EXXT-5 | Múltiples | CO ₂ | DCEP |
| EXXT-6 | Múltiples | Ninguno | DCEP |
| EXXT-7 | Múltiples | Ninguno | DCEN |
| EXXT-8 | Múltiples | Ninguno | DCEP |
| EXXT-10 | Única | Ninguno | * |
| EXXT-11 | Múltiples | Ninguno | * |
| EXXT-G | Múltiples | * | * |
| EXXT-GS | Única | * | * |

Fuente: Martín (s.f.)

CAPÍTULO 2

2. Ensayo de Laboratorio

2.1 Información Previa a las Pruebas

Para el siguiente estudio se fabricarán especímenes estándar de 120x120mm en plancha de acero de 8mm de espesor para cada uno de los tipos de anclaje a ensayar (empernado y con soldadura tapón), teniendo en cuenta que en el caso de la soldadura tapón se aplicaron dos procedimientos diferentes (con biselado y sin biselado). Se realizó tres ensayos a tracción de cada uno de los tipos de anclaje antes mencionados.

Las medidas para la fabricación de las placas base son basadas en las dimensiones permitidas en el equipo a utilizar en los ensayos. Para la fabricación de cada uno de los tipos de especímenes se utilizarán materiales de las mismas características, ya que así se podrá realizar una comparativa real entre ellos.

Los ensayos se realizarán en el laboratorio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil "CEINVES", las muestras a ensayar se fabricaron en las instalaciones de la constructora V&V CONSTRUCIMET CIA. LTDA. especializada en fabricación de estructuras metálicas.

Figura 13

Centro de investigaciones en Ingeniería Estructural Sismo Resistente.



Fuente: CEINVES (2023)

Figura 14

V&V Construcimet Cia. Ltda.



Fuente: V&V Construcimet Cia. Ltda (2023)

2.2 Ensayo de Especímenes

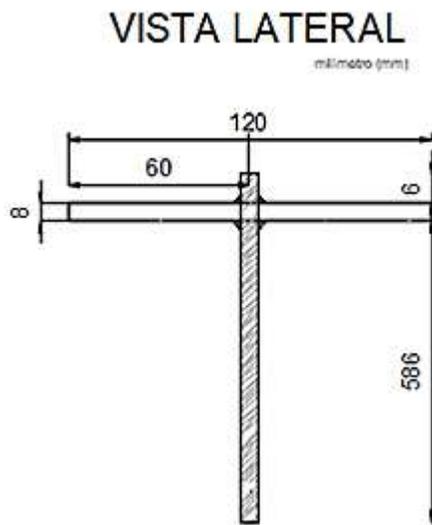
Se realizarán 3 tipos de especímenes con fines investigativos, para así poder entender la diferencia entre cada uno de ellos, obtener y analizar los resultados, y poder concluir cual tipo de anclaje es el óptimo.

1. Placas metálicas con anclaje con soldadura tapón (sin biselado/avellanado)

Detalles y vistas de placa metálica con anclaje con soldadura tapón sin avellanado

Figura 15

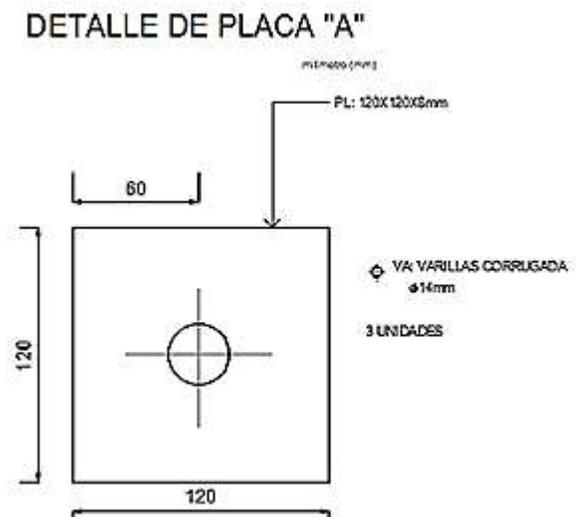
Vista lateral de placa base con anclaje soldadura tapón sin biselado.



Fuente: Autor

Figura 16

Detalle de placa "A".



Fuente: Autor

Para la fabricación de estos especímenes se utilizaron los procedimientos que se mencionarán a continuación:

1. Corte de plancha de acero A36 utilizando una pulidora con disco de corte 1/16" a la medida (120x120mm).

Figura 17

Corte de plancha de acero A36.



Fuente: Autor.

2. Perforación de la placa con un taladro con una broca de 5/8" de diámetro para de la varilla de anclaje con taladro de pedestal.

Figura 18

Perforación de la placa con un taladro con una broca de 5/8"



Fuente: Autor.

Figura 19

Perforación en la placa.



Fuente: Autor.

3. Se cortará la varilla corrugada de 14 mm de diámetro (ANDEC) a la longitud de 60cm que se utilizará como anclaje.

Figura 20

Varilla corrugada 60cm, diámetro 14mm



Fuente: Autor.

4. Se insertarán varillas en las perforaciones realizadas.

Figura 21

Varillas insertadas en las perforaciones.



Fuente: Autor.

5. Se realizará un cordón de soldadura, FCAW, en la parte superior e inferior de la placa, utilizando una maquina soldadora PROWARD MIG 350 A y alambre tubular E71T-1C/1M con protección gaseosa externa para aceros al carbono marca INDURA.

Figura 22

Vista lateral de placa base con anclaje soldadura tapón con biselado.

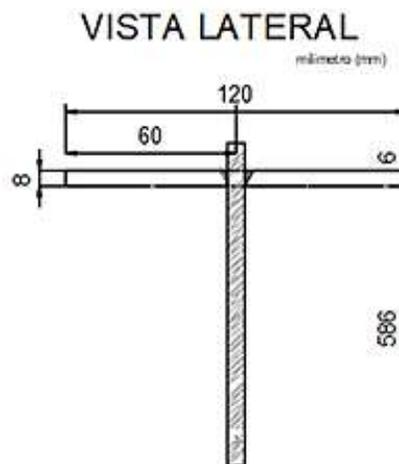


Fuente: Autor.

2. Placas metálicas con anclaje con soldadura tapón (con biselado/avellanado)

Figura 23

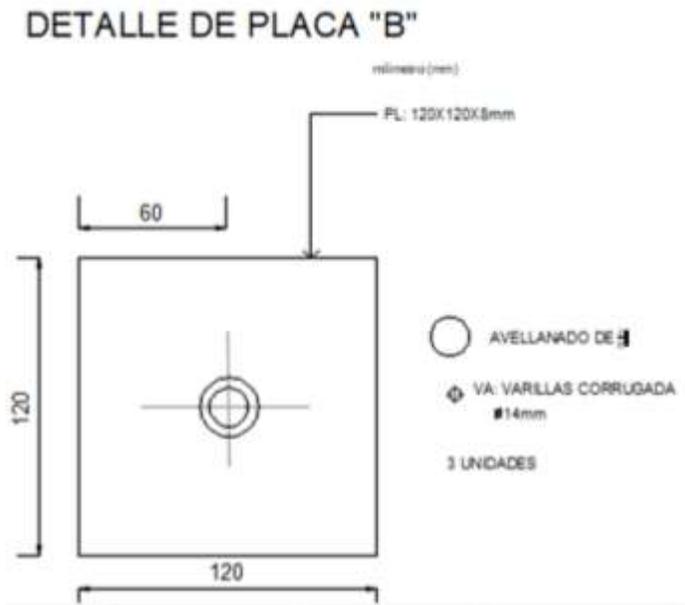
Vista lateral de placa base con anclaje soldadura tapón con biselado.



Fuente: Autor.

Figura 24

Detalle de placa "B".



Fuente: Autor.

La fabricación de este espécimen es igual al anterior; añadiendo un paso adicional entre el 2 y 3, de acuerdo con la siguiente descripción:

- Pasar una broca de 7/8" para realizar un biselado (avellanado) para que exista una mejor penetración de la soldadura y tenga mayor área de agarre.

Figura 25

Biselado de la plancha de acero.

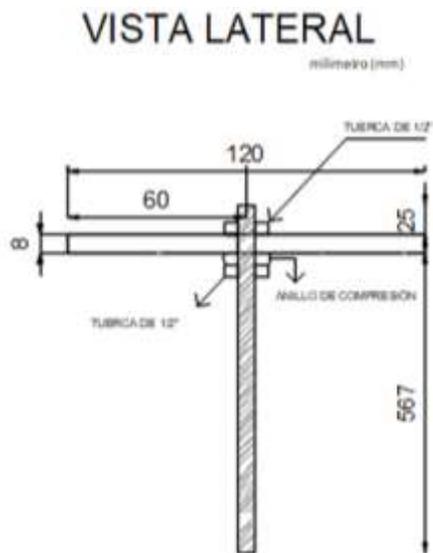


Fuente: Autor.

3. Placas metálicas con anclaje empernado.

Figura 26

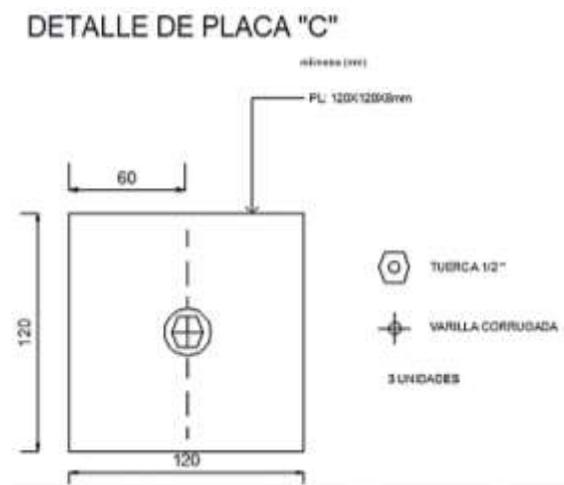
Vista lateral de placa base con anclaje empernado.



Fuente: Autor

Figura 27

Vista de placa "C".



Fuente: Autor

Se utiliza el primer, segundo y tercer paso del proceso del espécimen sin avellanado. A continuación, se explican los nuevos pasos a seguir:

4. Realización en el torno de un hilo de 1/2" a la varilla corrugada para que la tuerca y anillo de presión ingresen sin problema.

Figura 28

Vista de placa "C"



Fuente: Autor.

5. Inserción de varillas en las perforaciones anteriormente realizadas.
6. Enroscado de una tuerca de 1/2" y un anillo de presión en la parte superior y una tuerca de 1/2" en la parte inferior para asegurar.

2.3 Procedimiento de Ensayos

Se realizaron ensayos a tracción para medir la capacidad resistente de cada uno de los especímenes (3 unidades), las cuales fueron ensayadas con 3 pruebas por cada tipo de espécimen.

Figura 29

Ensayos en máquina universal.



Fuente: Autor.

Los ensayos a tracción fueron realizados en la máquina universal desmontando el sistema hidráulico inferior y la mordaza inferior para que permita el ingreso de una mesa metálica para que sirva como tope y exista el arrancamiento en el anclaje.

La mesa metálica fue construida en plancha metálica de 50mm de espesor para que no se doble al momento del ensayo y como base utiliza vigas I en cada una de sus esquinas, de igual manera se le realizó un hueco de 40mm de diámetro para que el contacto sea directo con la placa y no con el anclaje.

Figura 30

*Estado de los anclajes post prueba,
Soldadura tapón (sin biselado)*



Fuente: Autor.

Figura 31

*Estado de los anclajes post prueba,
Soldadura tapón (con biselado)*



Fuente: Autor.

Figura 32

*Estado de los anclajes post prueba,
Anclaje empernado.*



Fuente: Autor.

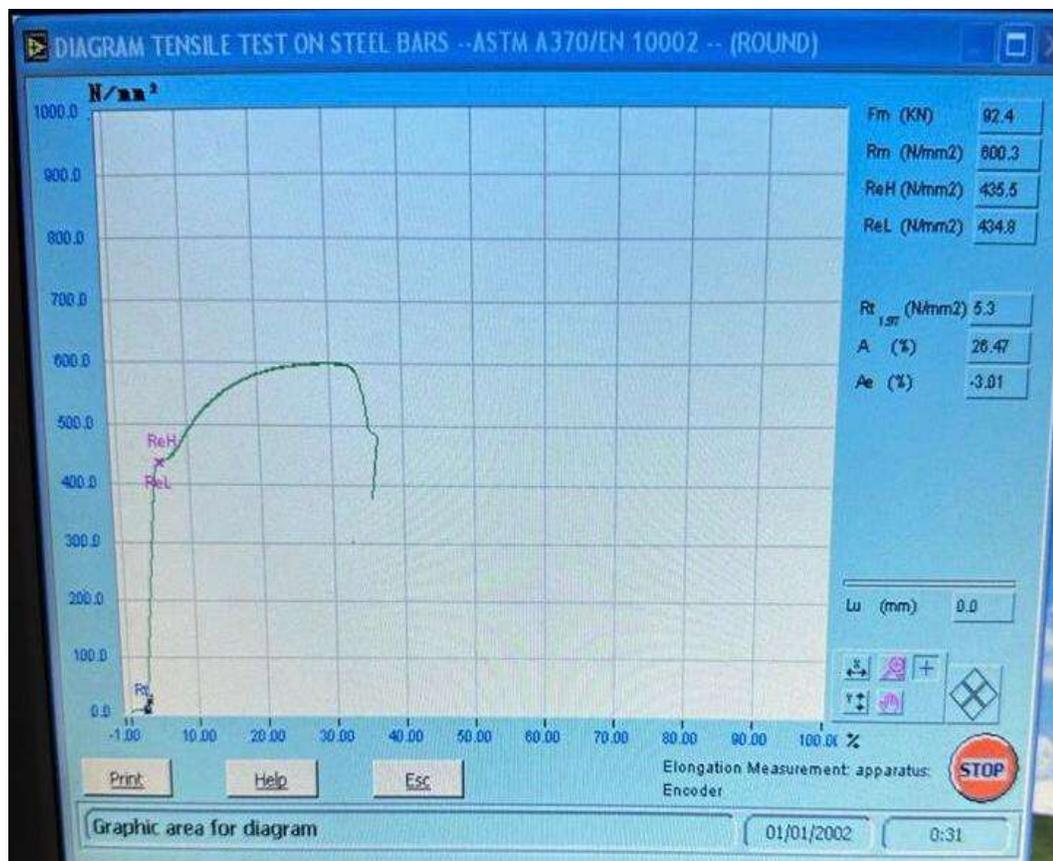
Se obtuvieron las siguientes graficas de esfuerzo vs deformación, las que fueron proporcionadas por el mismo laboratorio CEINVES; dando como resultado la resistencia de cada uno de los especímenes.

Puesto que se presentó la dificultad de exportar las imágenes de la máquina del CEINVES, se utilizó el software "Digitizeit"; lo que permitió recrear la gráfica como se observa en la Figura 33; de esta forma se pudo ingresar los resultados en el programa Excel y graficar los puntos de mejor manera.

1. Gráfica obtenida de la computadora del CEINVES.

Figura 33

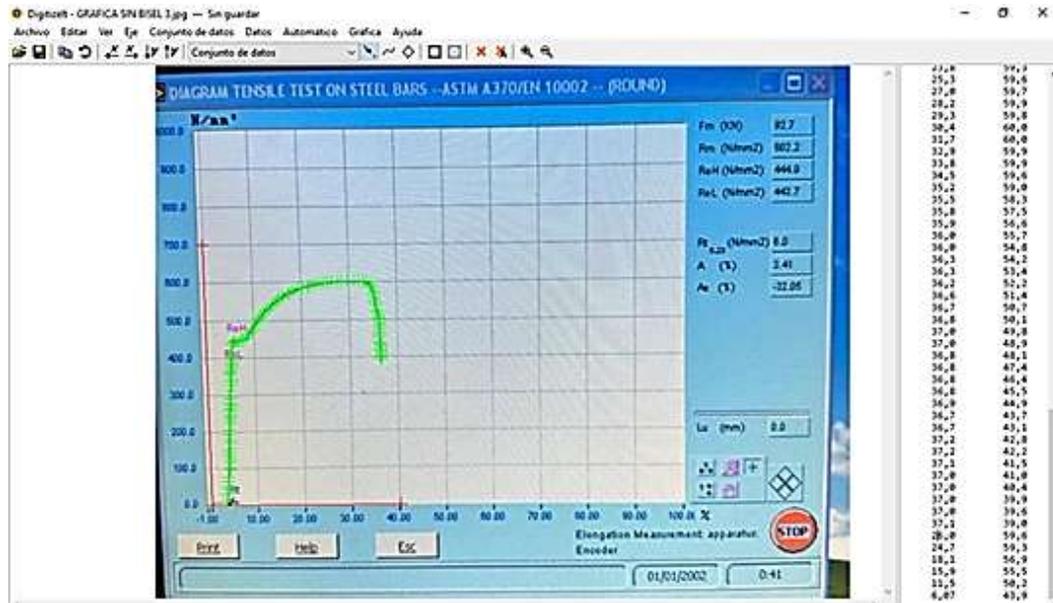
Resultados CEINVES.



Fuente: Autor.

2. Gráfica recreada en el programa Digitizeit.

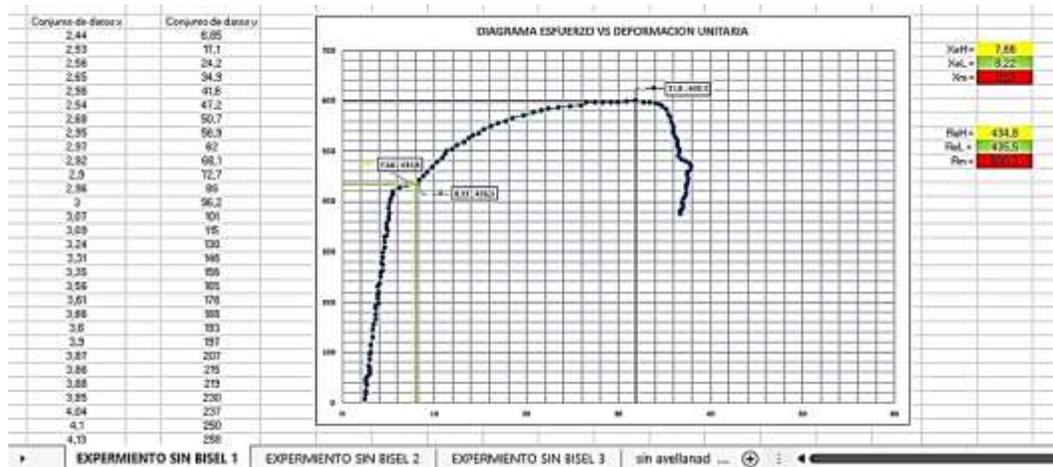
Figura 34
Programa Digitizeit.



Fuente: Autor.

3. Puntos exportados del programa Digitizeit a Excel para la elaboración de la gráfica.

Figura 35
Datos extraídos del programa Digitizeit, para la elaboración de los gráficos.



Fuente: Autor.

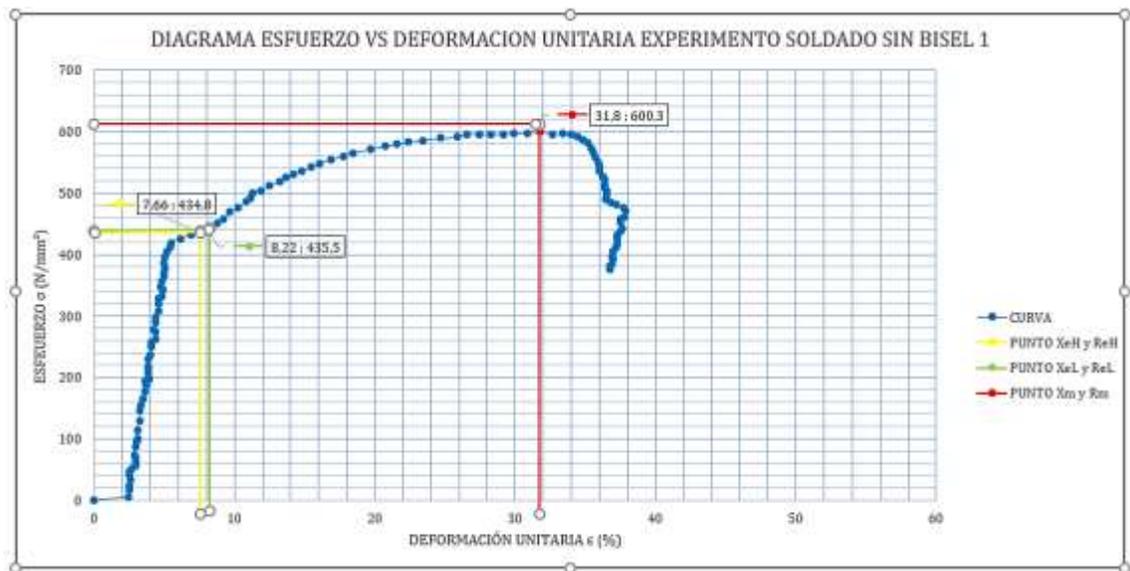
CAPÍTULO 3

3. Resultados

Posterior a los ensayos realizados a los especímenes, esto fue lo que se obtuvo por medio de una tabulación de datos:

Figura 36

Ensayo Especimen soldado sin biselar #1.

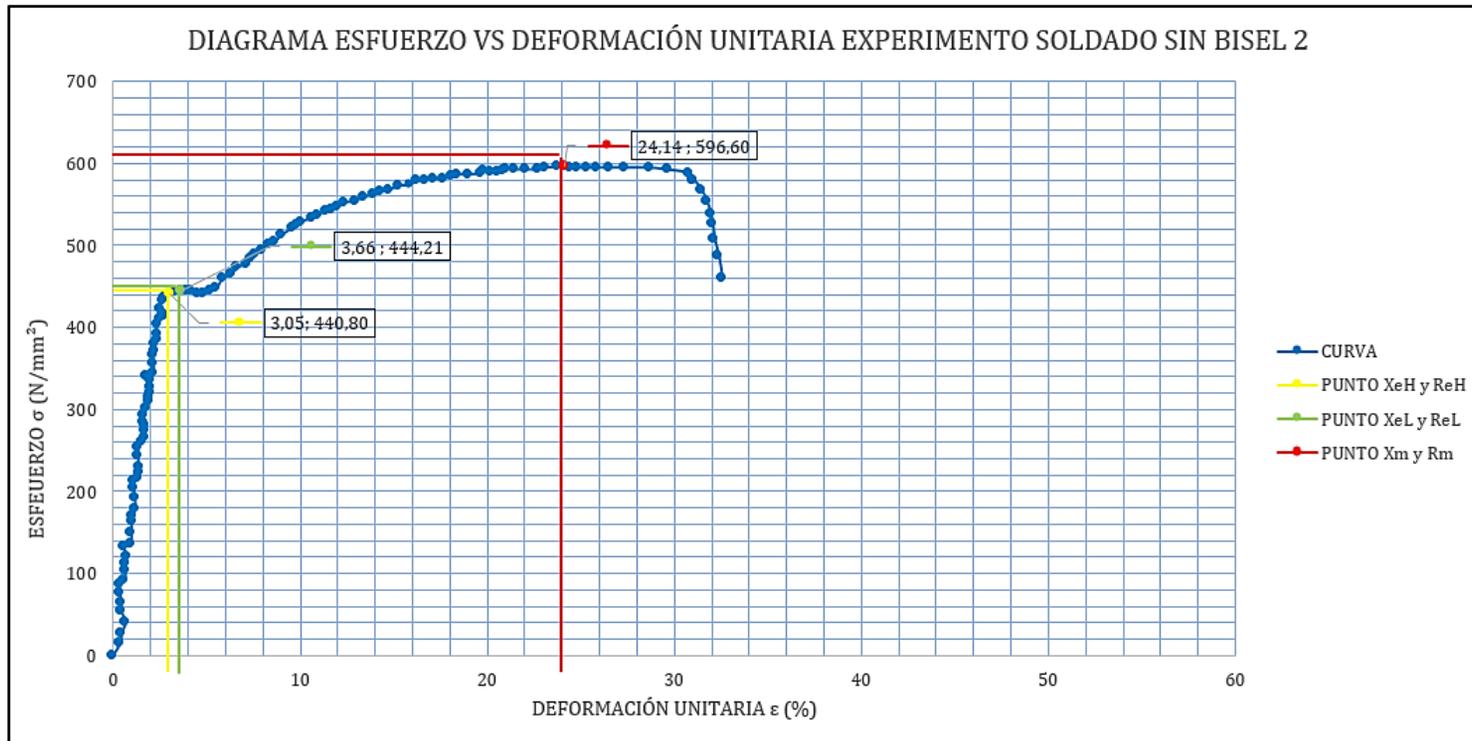


Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 36 en la prueba número uno del espécimen soldado sin biselado, se observa que el esfuerzo de fluencia es de 435,5 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 600,30 N/mm², teniendo una deformación unitaria de 31,8%

Figura 37

Ensayo espécimen soldado sin biselar #2.

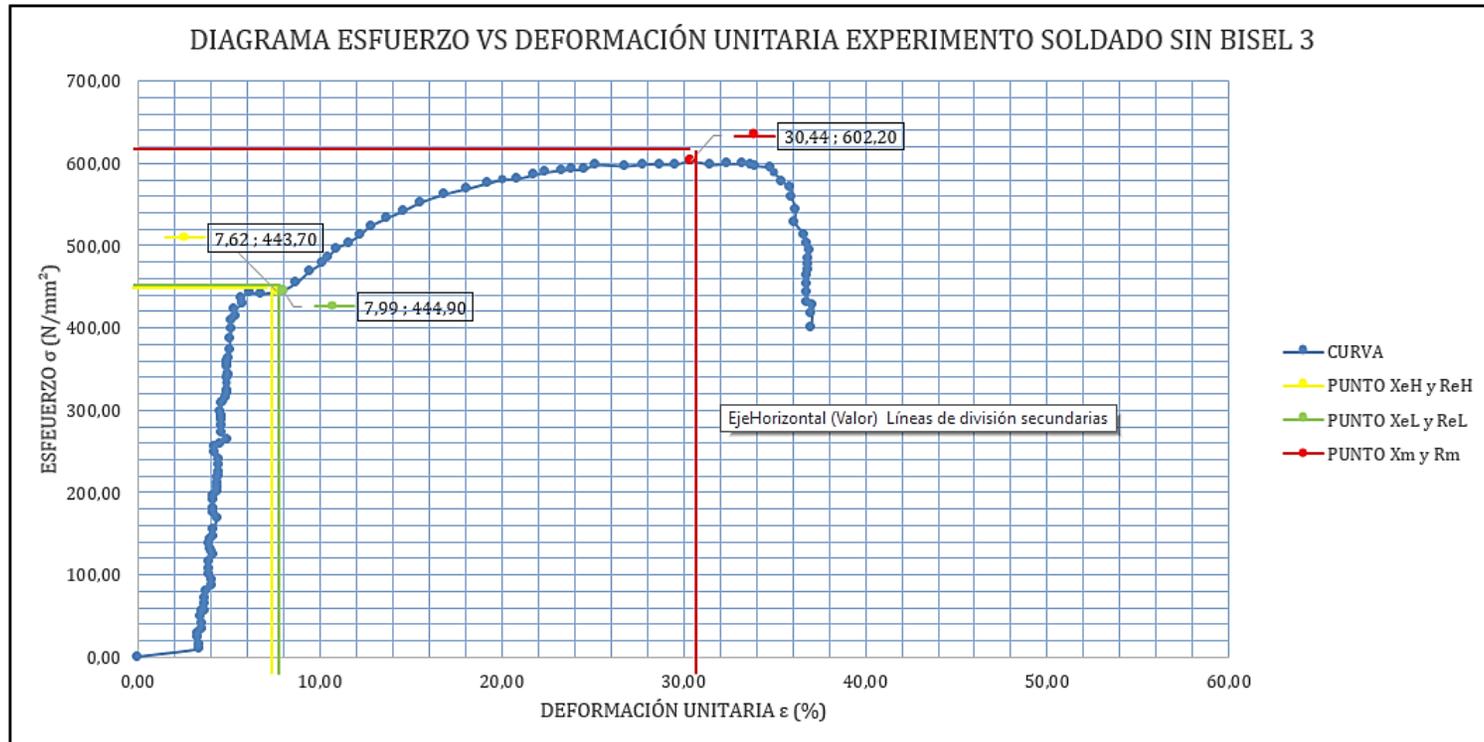


Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 37 en la prueba número dos del espécimen soldado sin biselado se observa que el esfuerzo de fluencia es de 444,21 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 596,60 N/mm² teniendo una deformación unitaria de 24,14%.

Figura 38

Ensayo Espécimen soldado sin biselar #3.

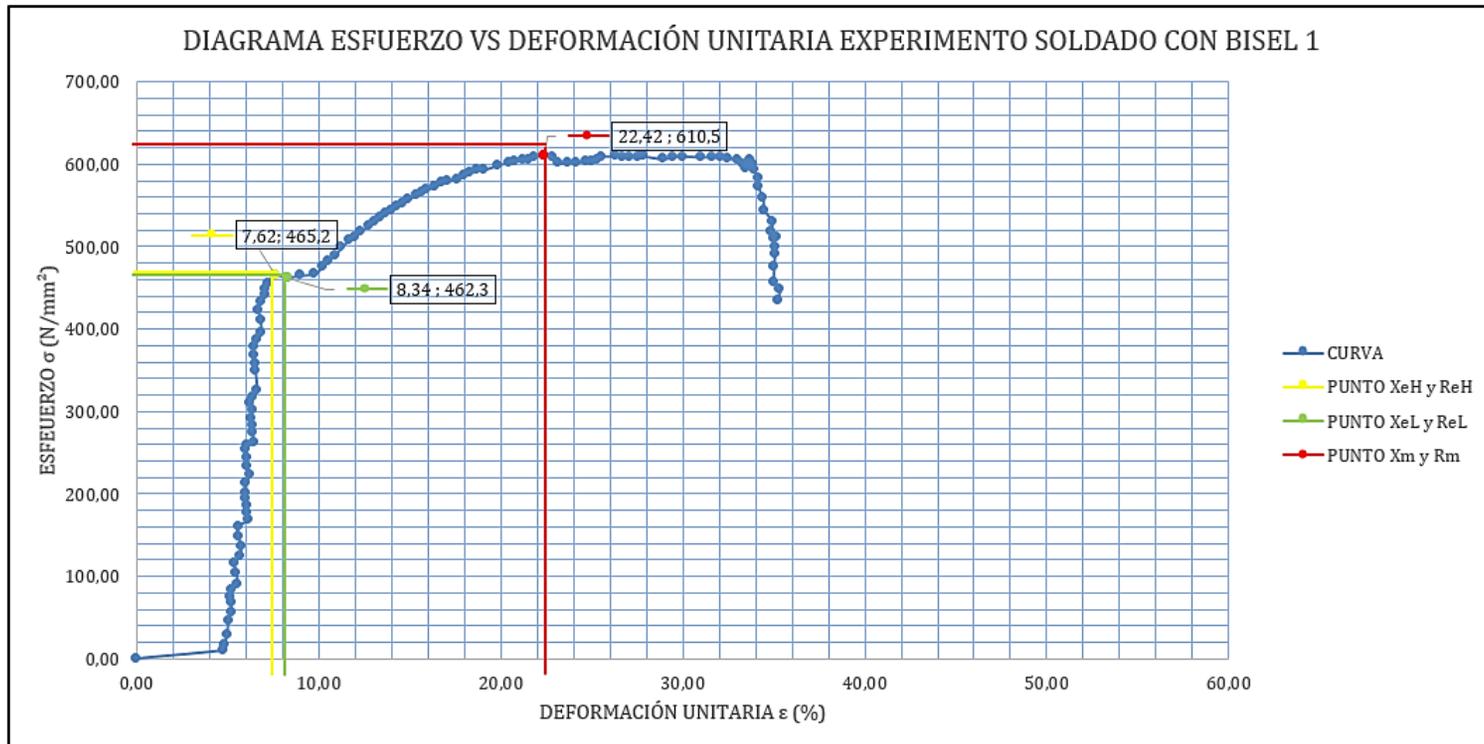


Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 38 en la prueba número tres del espécimen soldado sin biselado se observa que el esfuerzo de fluencia es de 444,90 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 602,20 N/mm² teniendo una deformación unitaria de 30,44%.

Figura 39

Ensayo espécimen soldado con biselado #1.

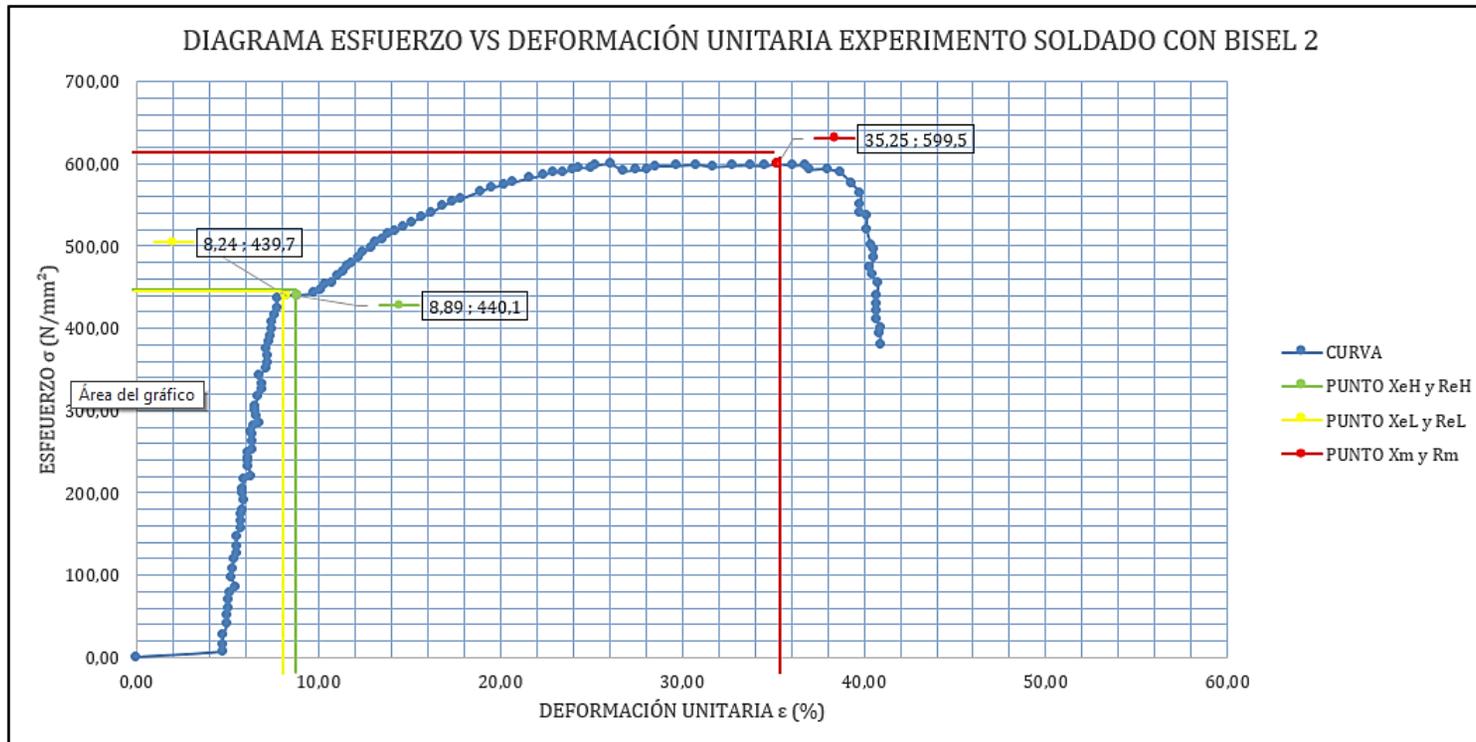


Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 39 en la prueba número uno del espécimen soldado con biselado se observa que el esfuerzo de fluencia es de 462,3 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 610,50 N/mm² teniendo una deformación unitaria de 22,42%.

Figura 40

Ensayo espécimen soldado con biselado #2.

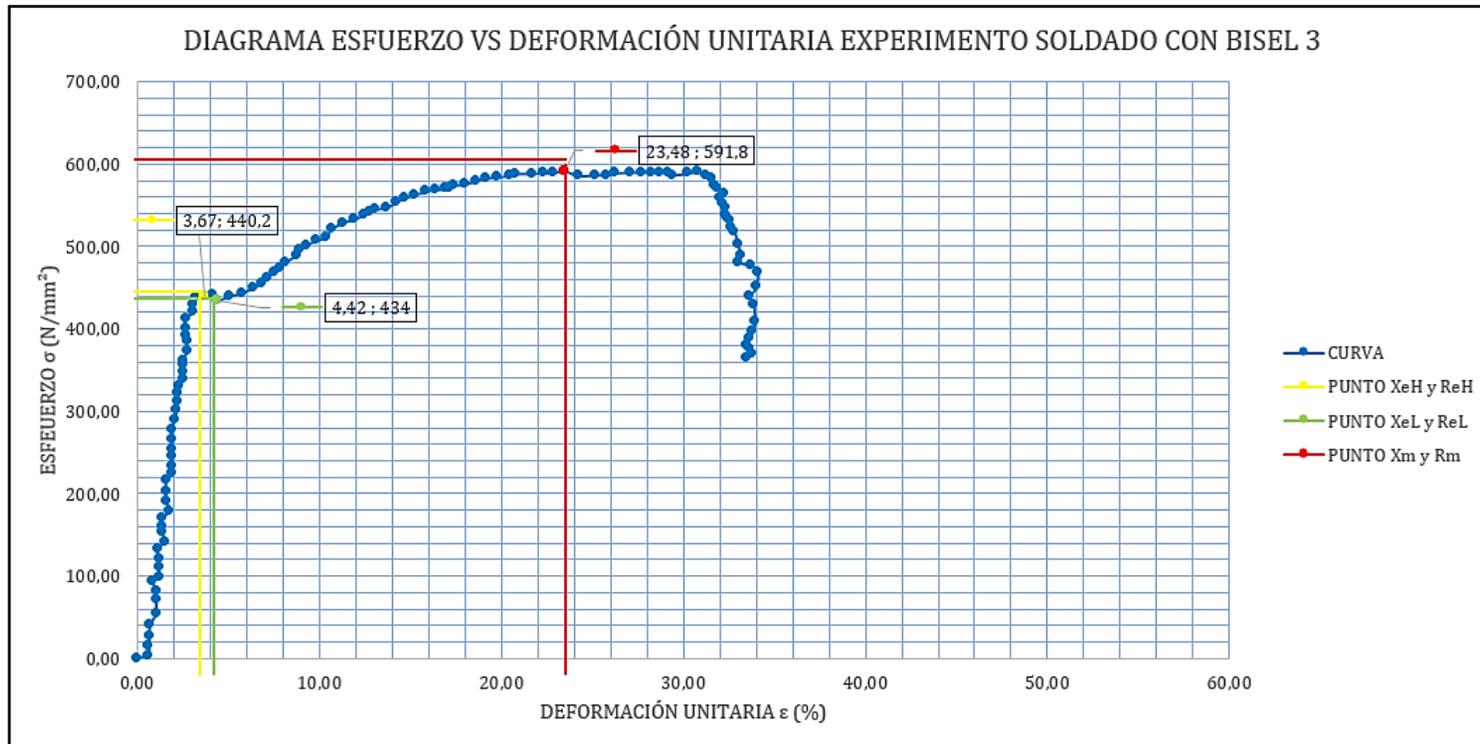


Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 40 en la prueba número dos del espécimen soldado con biselado se observa que el esfuerzo de fluencia es de 440,1 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 599,50 N/mm² teniendo una deformación unitaria de 35,25%.

Figura 41

Ensayo espécimen soldado con biselado #3.



Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 41 en la prueba número tres del espécimen soldado con biselado se observa que el esfuerzo de fluencia es de 434 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 591,80 N/mm² teniendo una deformación unitaria de 23,48%.

Figura 42

Ensayo espécimen empernado #1.



Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 42 en la prueba número uno del espécimen empernado se observa que el esfuerzo de fluencia es de 8 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 389,60 N/mm² teniendo una deformación unitaria de 7,18%.

Figura 43

Ensayo espécimen empernado #2

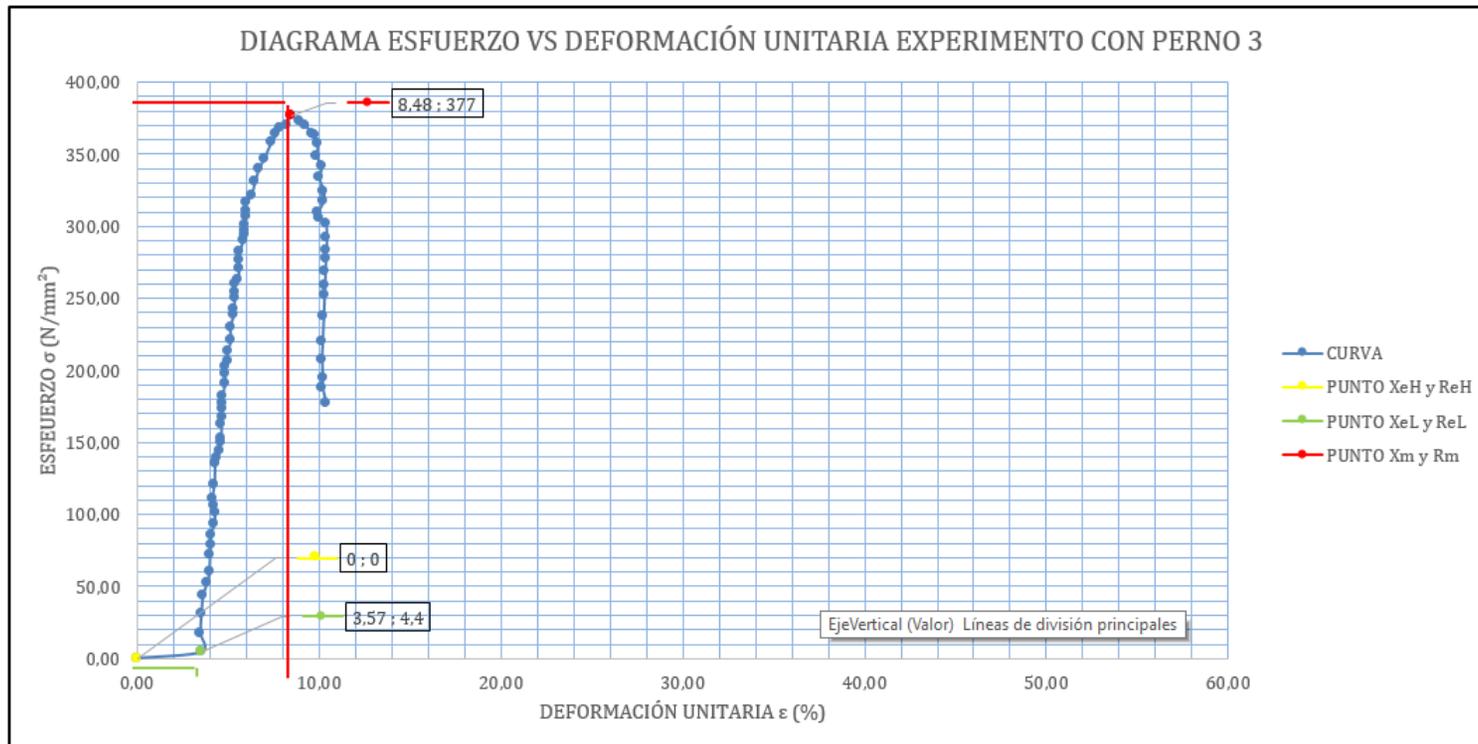


Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 43 en la prueba número dos del espécimen empernado se observa que el esfuerzo de fluencia es de 30,2 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 376,30 N/mm² teniendo una deformación unitaria de 4,16%.

Figura 44

Ensayo espécimen empernado #3.



Fuente: Autor.

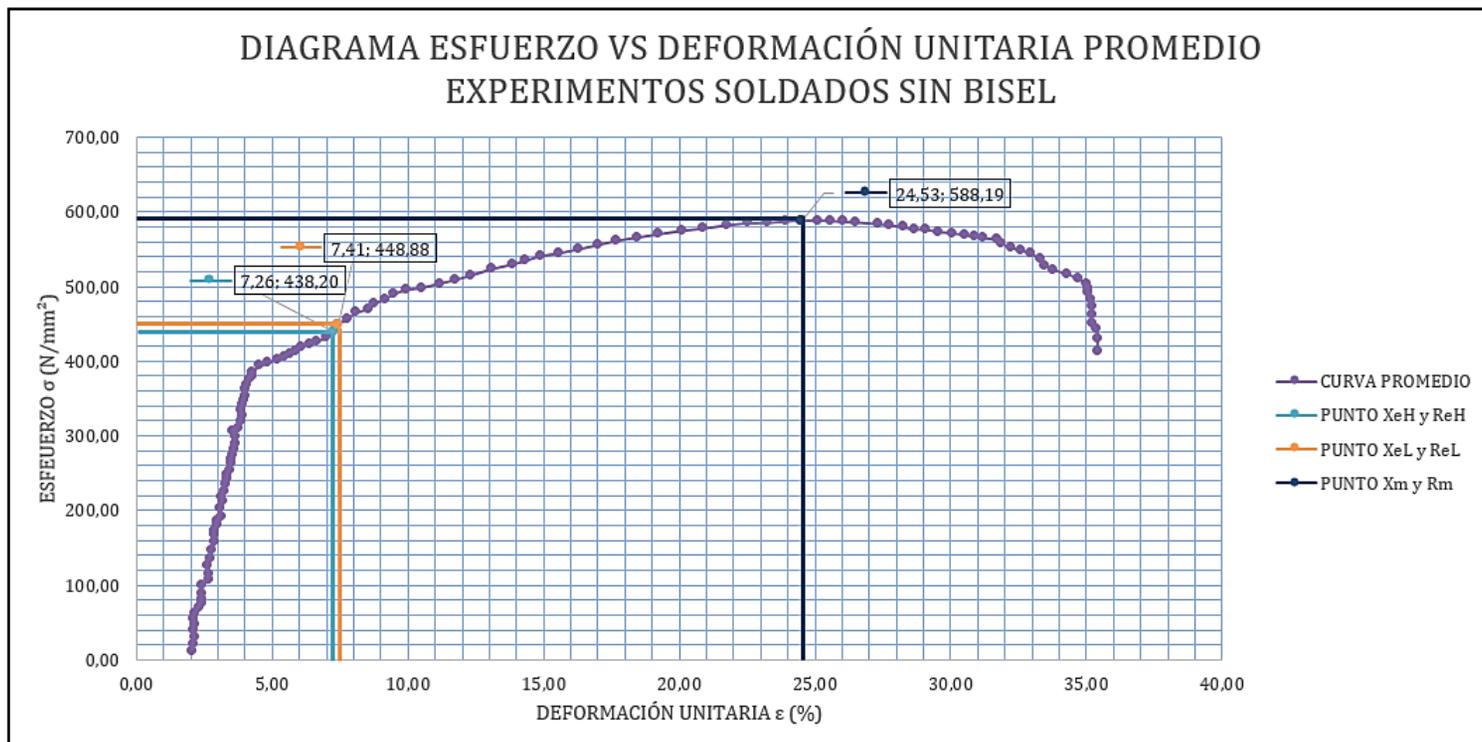
Como se observa en la Figura 44 en la prueba número tres del espécimen empernado se observa que el esfuerzo de fluencia es de 435,5 N/mm², y su esfuerzo máximo es de 600,30 N/mm² teniendo una deformación unitaria de 8,48%.

3.1 Análisis de Resultados

Posterior a la obtención de las gráficas de resultados se procedió a realizar un promedio por cada tipo de conexión ensayada para concluir en la comparación entre ellos.

Figura 45

Curva “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados sin bisel.

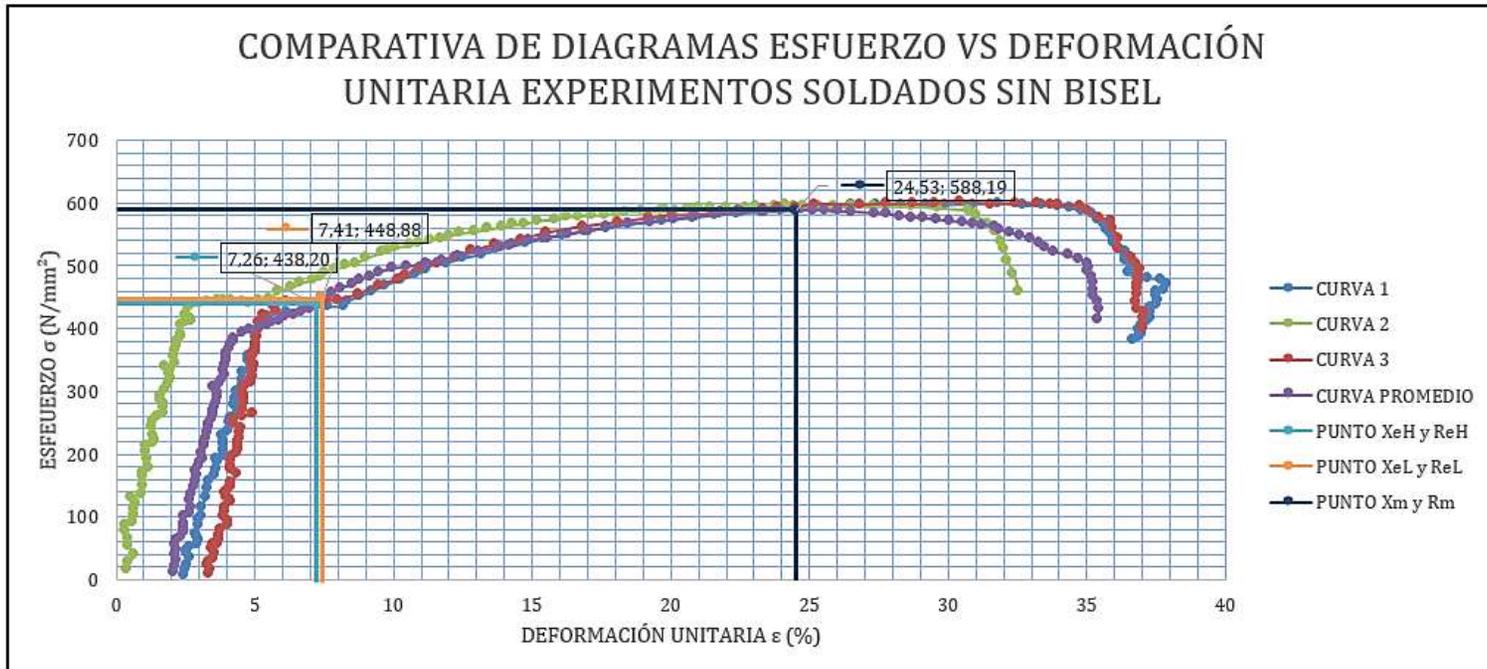


Fuente: Autor.

Como podemos observar en la Figura 45, para el espécimen soldado sin biselado se alcanzó un promedio de esfuerzo de fluencia de 448.88 N/mm² en una deformación unitaria de 7.41%, mientras que se obtuvo un esfuerzo máximo de 588.19 N/mm² a una deformación unitaria de 24.53%.

Figura 46

Curva “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados sin bisel.

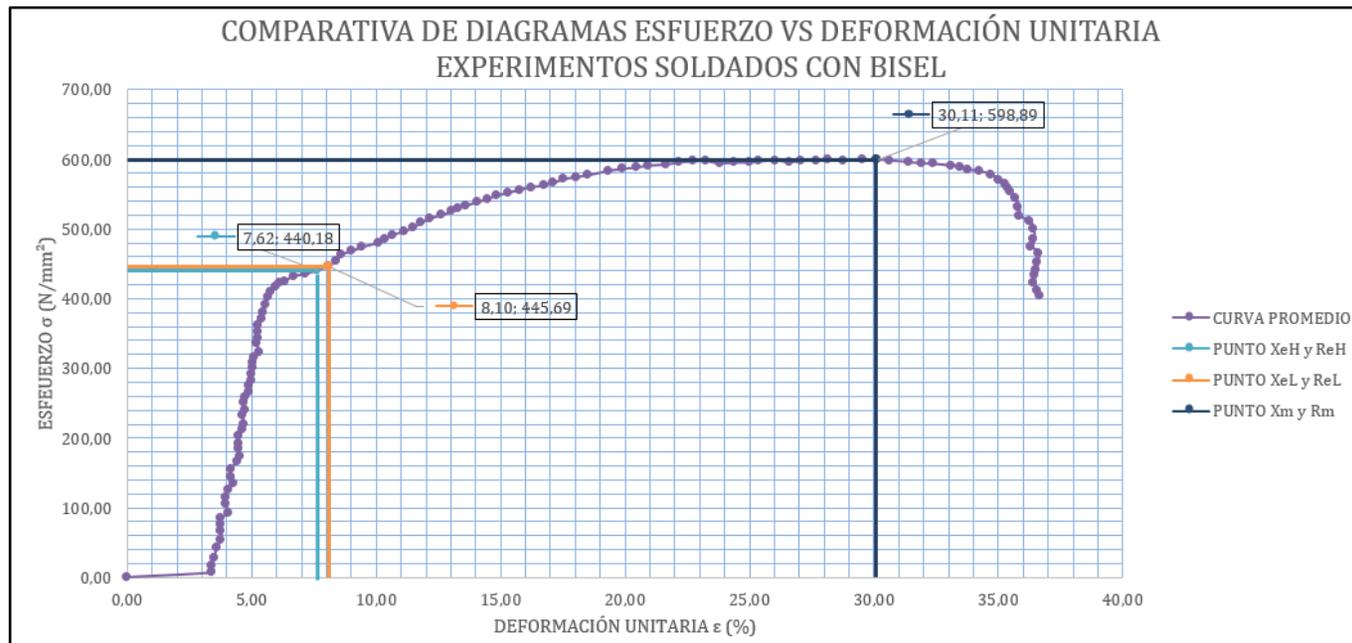


Fuente: Autor.

En la Figura 46 se puede apreciar que en el promedio de los ensayos se obtuvo un esfuerzo máximo de 588.19 N/mm² a una deformación unitaria de 24.53%, mientras que en los ensayos por separado se obtiene un valor de esfuerzo máximo de 602.20 N/mm² a una deformación unitaria de 30.44%. Por otro lado, el esfuerzo máximo de menor valor obtenido es de 596.60 N/mm² a una deformación unitaria de 24.14%. Por lo que podemos decir que el valor promedio nos da una buena aproximación del comportamiento de este espécimen.

Figura 47

Curva “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados con bisel.

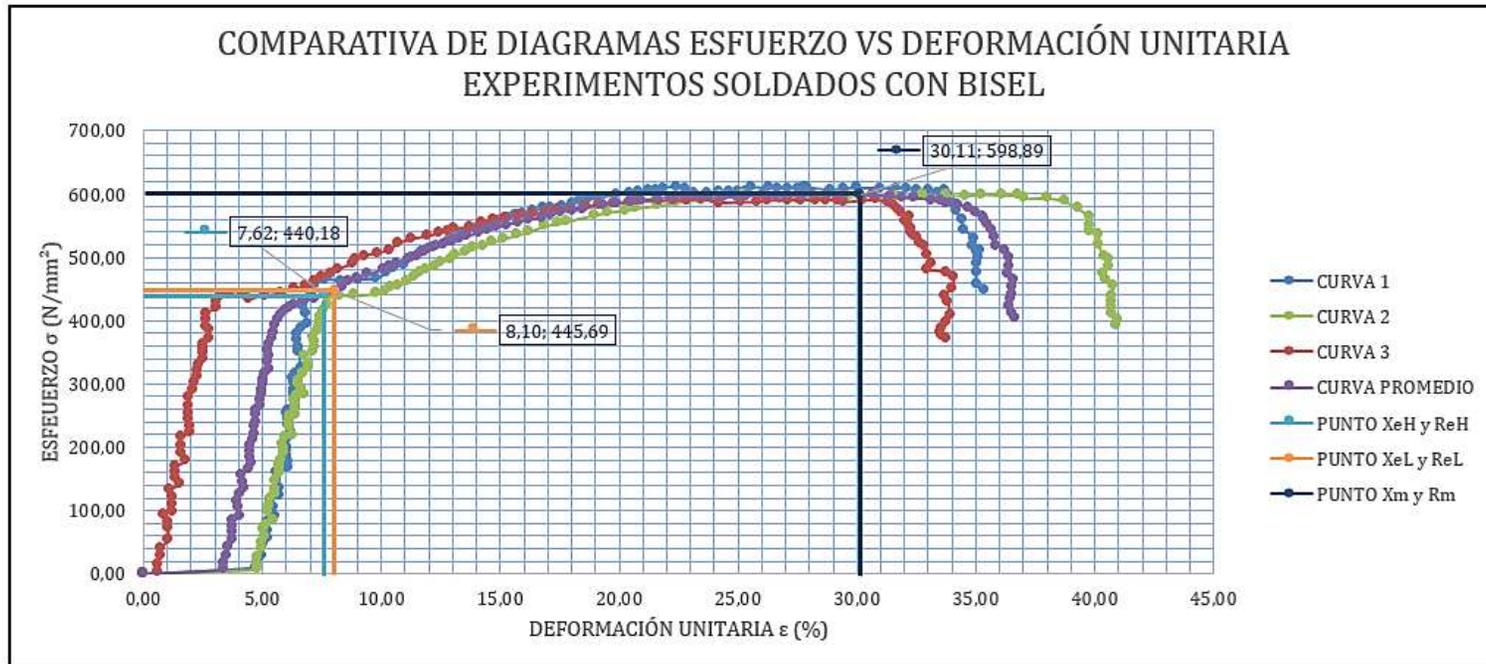


Fuente: Autor.

Como podemos observar en la Figura 47, para el espécimen soldado sin biselado se alcanzó un promedio de esfuerzo de fluencia de 445.69 N/mm² en una deformación unitaria de 8.1%, mientras que se obtuvo un esfuerzo máximo de 598.89 N/mm² a una deformación unitaria de 30.11%.

Figura 48

Comparativa entre curvas “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” de especímenes soldados con bisel

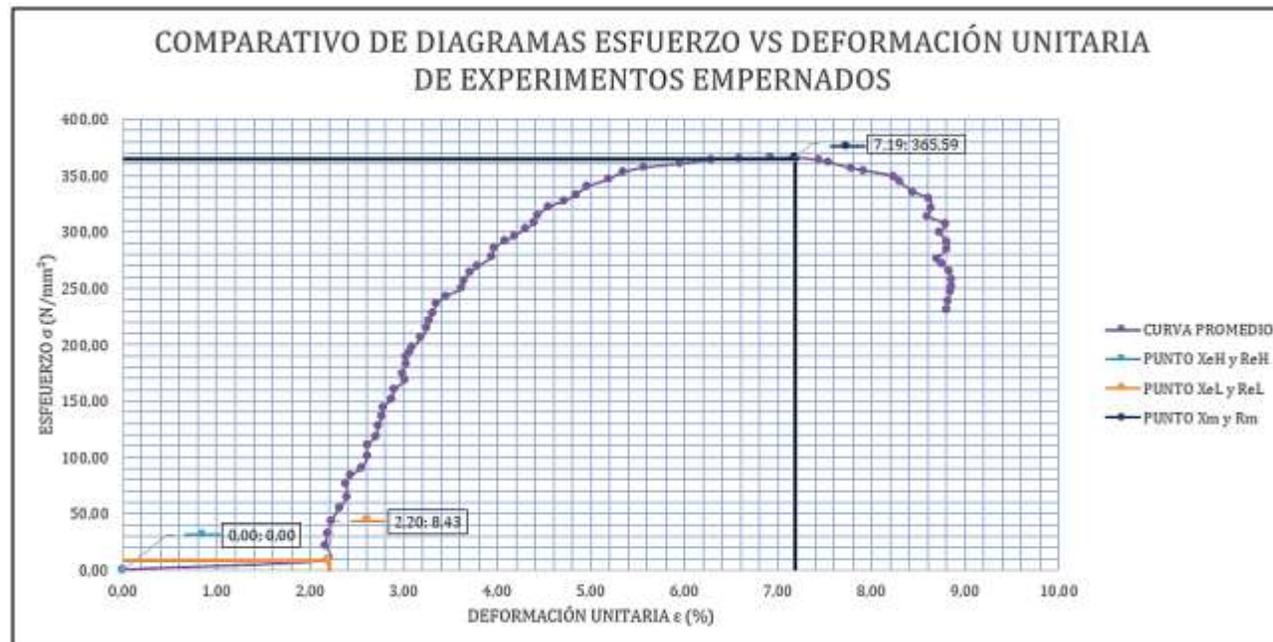


Fuente: Autor.

Se observa en la Figura 48 que en el promedio de los ensayos se obtuvo un esfuerzo máximo de 598.89 N/mm² a una deformación unitaria de 30.11%, mientras que en los ensayos por separado se obtiene un valor de esfuerzo máximo de 610.5 N/mm² a una deformación unitaria de 22.42%. Por otro lado, el esfuerzo máximo de menor valor obtenido es de 591.80 N/mm² a una deformación unitaria de 23.48%. Por lo que podemos decir que el valor promedio nos da una buena aproximación del comportamiento de este espécimen.

Figura 49

Curva “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes empernados

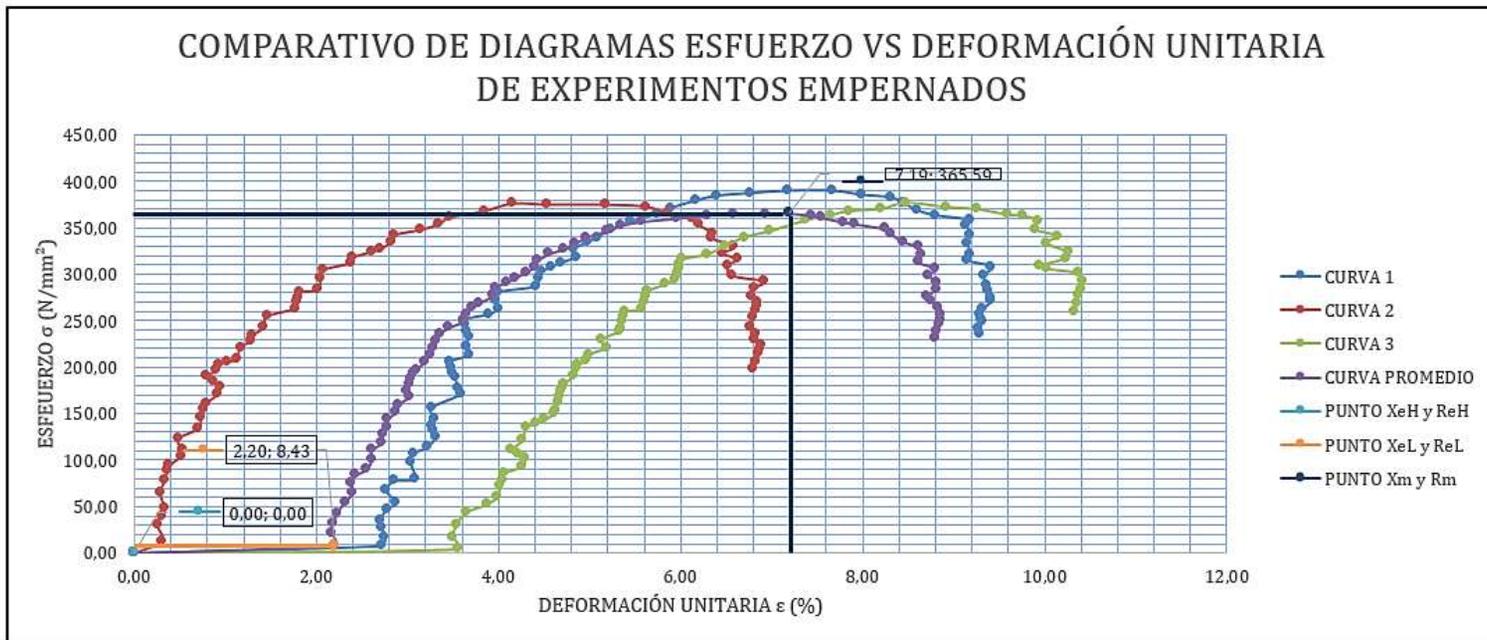


Fuente: Autor.

Como podemos observar en la Figura 49 se obtuvo un esfuerzo máximo de 365.59 N/mm² a una deformación unitaria de 7.19%.

Figura 50

Comparativa entre curvas “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” de especímenes empernados.



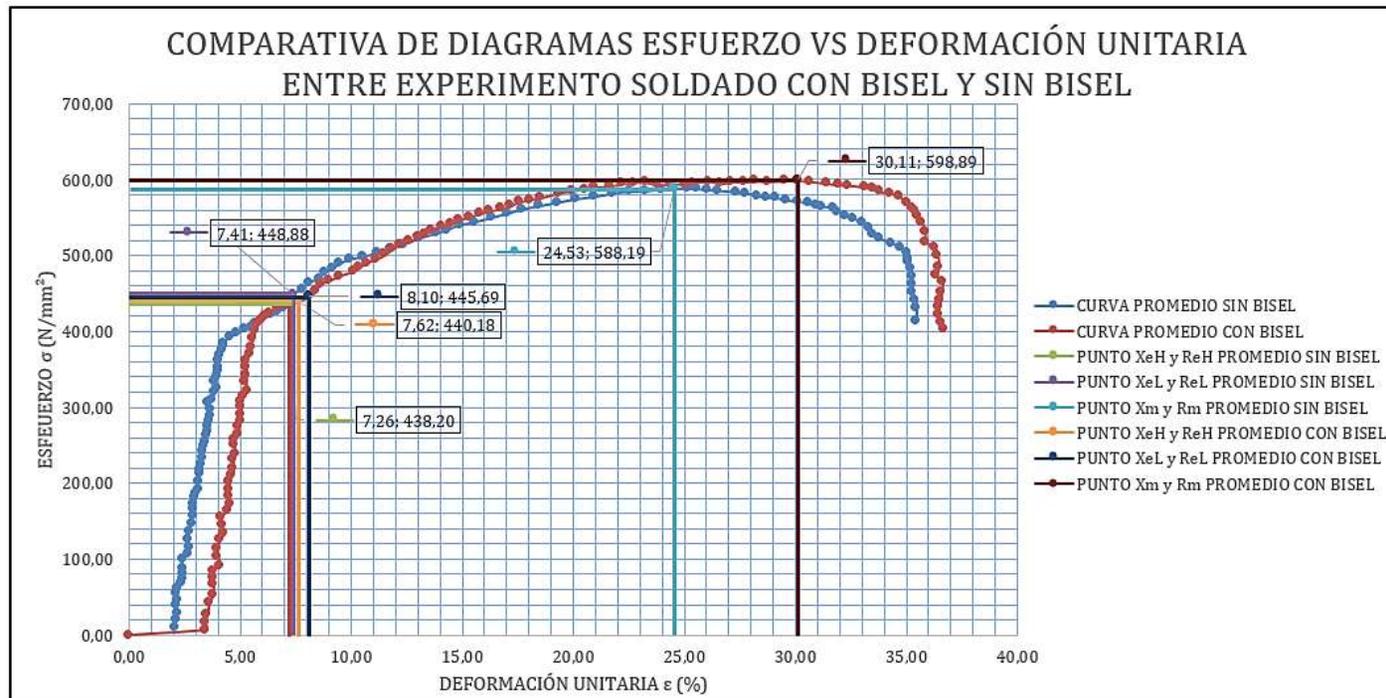
Fuente: Autor.

Se observa en la Figura 50 que en el promedio de los ensayos se obtuvo un esfuerzo máximo de 365.59 N/mm² a una deformación unitaria de 7.19%, mientras que en los ensayos por separado se obtiene un valor de esfuerzo máximo de

389.6 N/mm² a una deformación unitaria de 7.18%. Por otro lado, el esfuerzo máximo de menor valor obtenido es de 376.3 N/mm² a una deformación unitaria de 4.16%. Por lo que podemos decir que el valor promedio nos da una buena aproximación del comportamiento de este espécimen.

Figura 51

Comparativa entre curvas “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados sin biselar y biselados.

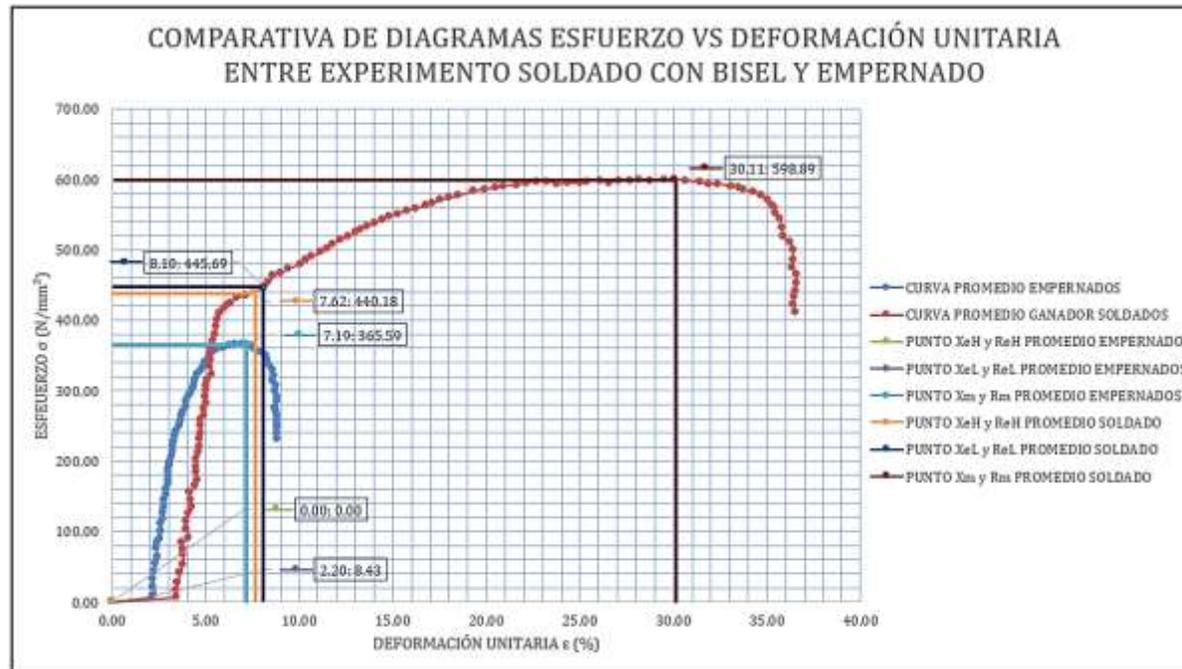


Fuente: Autor.

Como se observa Figura 51 en el espécimen con bisel se alcanzó un esfuerzo máximo de 598.89 N/mm² a una deformación de 30.11% y sin bisel se alcanzó un esfuerzo máximo de 588.19 N/mm² a una deformación de 24.53%, dando como ganador al espécimen con bisel promedio para realizar la comparación con el espécimen empernado promedio.

Figura 52

Comparativa entre curvas “Esfuerzo vs Deformación Unitaria” promedio de especímenes soldados con bisel y empernados.



Fuente: Autor.

Como se observa Figura 52, en el espécimen con bisel se alcanzó un esfuerzo máximo de 598.89 N/mm^2 a una deformación de 30.11% y empernado se alcanzó un esfuerzo máximo de 365.59 N/mm^2 a una deformación de 7.19%.

Conclusiones y Recomendaciones

- En los ensayos realizados a los especímenes se observó que en el caso de los especímenes soldados no fallo la conexión sino la varilla, mientras que en el caso de los especímenes empernados la falla se produjo en la conexión.
- Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los especímenes soldados (con bisel y sin bisel) muestran que el espécimen que resiste un mayor esfuerzo es el soldado con bisel siendo $598,89 \text{ N/mm}^2$ el mayor esfuerzo soportado.
- Al comparar los valores promedios de los resultados de los especímenes con conexión soldada con bisel y conexiones empernadas se concluye que la conexión soldada con bisel soporta mayor esfuerzo siendo el firme ganador dentro del contexto de características específicas antes mencionadas.
- La realización de este proyecto investigativo abre las puertas a seguir experimentando con una alta gama de especímenes de diferentes características e ir sacando conclusiones para el mejoramiento en el ámbito estructural.

Referencias

- Acería del Ecuador C.A. (s.f.). Varilla recta.
<https://www.adelca.com/producto.php?nom=VARILLA%20RECTA&cat=0>
- Air Liquide. (s.f.). El proceso de soldadura MIG / MAG (GMAW)
<https://es.airliquide.com/soluciones/soldadura-industrial/el-proceso-de-soldadura-mig-mag-gmaw>
- Arízaga, M. y Ortiz, S. (2014). *Análisis y diseño sismorresistente de conexiones rígidas para secciones tubulares*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional de la Universidad de Cuenca
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/19879>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2011). *Barras corrugadas de acero soldable para uso estructural en armaduras de hormigón armado*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0046929>
- Ayón, A. (Marzo de 2021). *Proceso de soldadura*. Fundicion Rice
<http://fundicionesrice.com/assets/frontend/cartas/TNL115/TNL115esp.htm>
- Cabrera, E. y Suquillo, B. (2013). *Implementación de una herramienta computacional para el cálculo del anclaje para vigas y columnas metálicas utilizando una aplicación del programa Matlab*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional
<https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12382>
- Chávez, N. (diciembre de 2011). Obtenido de
http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cfchavez_nm/pdfAmont/cfchavez_nm.pdf.
- Chazaro, C. (s.f.). *Diseño de Conexiones*. Gerdau Corsa.
https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/disenio-de-conexiones_2019-min-min.pdf

- De Ingenierías. (24 de julio de 2019). *Diagrama esfuerzo deformación*. De Ingeniería <https://deingenierias.com/el-acero/diagrama-esfuerzo-deformacion/>
- De Máquinas y Herramientas. (7 de julio de 2013). *¿Qué es la soldadura SMAW?*. <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>
- De Vedia, L., & Svoboda, H. (2004). *Introducción a la Metalurgia de la Soldadura*. Limusa.
- DISENSA. (s.f.). *Varilla corrugada soldable*. https://disensa.com.ec/wp-content/uploads/recursos/ficha_tecnica/91001857.pdf
- Ingeniería Online (s.f.) *Proceso de soldadura GMAW*. <https://www.ingenieriaonline.com/proceso-de-soldadura-gmaw/>
- Instituto de Seguridad y Riesgo Laboral (s.f.) *Soldadura Oxiaceticénica*. <https://www.carm.es/web/servlet/integra.servlets.Blob?archivo=fd-94.pdf&tabla=archivos&campoclave=idarchivo&campoimagen=archivo&idtipo=60&valorclave=89892>
- EXSA-OERLIKON. (2011). *Welding Manual*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/14977535/Manual-de-Soldadura-Oerlikon-Exsa-s-A#>
- Jeffus, L. (2009). *Soldadura. Principios y aplicaciones*. Paraninfo S.A.
- Marín, A. (s.f.). *Proceso FCAW. Soldadura y Estructura*. <http://soldadurayestructuras.com/proceso-fcaw-1.html>
- McCormac, J. y Csernak, S. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. Alfaomega Grupo Editor.
- Ministerio de Desarrollo Urbano. (2004). *Terminología de las Normas Covenin-Mindur De Edificaciones*. http://www.fau.ucv.ve/idec/normas_construccion/Norma2004_98_terminologia.pdf.

- Ministerio de Desarrollo Urbano y Secretaría de Gestión de Riesgo. (2016). *Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Secretaría.
- Pacheco, M. (2016). *Propuesta de normativa integral para diseño de placas base empernadas para conexiones a cimentaciones*. [Tesis de grado, Universidad de Especialidades Espíritu Santo]. Repositorio institucional de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/502>
- Roca, M. (2019). *Análisis de la microestructura y estudio de las propiedades en piezas soldadas por soldadura MAG entre acero F-1140 y fundición laminar sometidas a tratamientos térmicos*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Valencia <https://riunet.upv.es/handle/10251/127275>
- Rodriguez, D. y Álvarez, J. (2018). *Verificación del diagrama esfuerzo-deformación de un acero AISI 1020 templado a temperaturas intercríticas usando la técnica RVE por elementos finitos*. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13504>

Anexos

Tabla de valores del ensayo espécimen soldado sin biselar #1

| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y |
|---------------------|---------------------|
| 0 | 0 |
| 2,44 | 6,85 |
| 2,53 | 17,1 |
| 2,56 | 24,2 |
| 2,65 | 34,9 |
| 2,56 | 41,6 |
| 2,54 | 47,2 |
| 2,68 | 50,7 |
| 2,95 | 56,9 |
| 2,97 | 62 |
| 2,92 | 68,1 |
| 2,9 | 72,7 |
| 2,96 | 86 |
| 3 | 96,2 |
| 3,07 | 101 |
| 3,09 | 115 |
| 3,24 | 130 |
| 3,31 | 146 |
| 3,35 | 156 |
| 3,56 | 165 |
| 3,61 | 176 |
| 3,66 | 188 |
| 3,6 | 193 |
| 3,9 | 197 |
| 3,87 | 207 |
| 3,86 | 215 |
| 3,88 | 219 |
| 3,85 | 230 |
| 4,04 | 237 |
| 4,1 | 250 |
| 4,13 | 258 |
| 4,36 | 263 |
| 4,37 | 274 |
| 4,27 | 279 |
| 4,31 | 289 |
| 4,36 | 299 |
| 4,57 | 309 |
| 4,57 | 319 |
| 4,57 | 329 |
| 4,83 | 332 |
| 4,88 | 342 |
| 4,78 | 348 |
| 4,81 | 356 |
| 5,01 | 364 |
| 5,04 | 370 |
| 5,07 | 377 |
| 5,04 | 387 |
| 5,12 | 397 |
| 5,2 | 405 |
| 5,43 | 412 |
| 5,46 | 419 |
| 6,15 | 427 |
| 6,91 | 432 |
| 7,66 | 434,8 |
| 8,22 | 435,5 |
| 8,34 | 443 |
| 8,79 | 451 |
| 9,23 | 459 |
| 9,72 | 469 |
| 10,3 | 478 |
| 10,8 | 486 |
| 11,2 | 493 |
| 11,3 | 500 |
| 11,9 | 504 |

| | |
|------|-------|
| 12,5 | 512 |
| 13,2 | 518 |
| 13,7 | 526 |
| 14,2 | 531 |
| 14,8 | 536 |
| 15,4 | 543 |
| 16,1 | 549 |
| 16,9 | 555 |
| 17,7 | 560 |
| 18,5 | 566 |
| 19,7 | 571 |
| 20,8 | 577 |
| 21,6 | 580 |
| 22,4 | 584 |
| 23,4 | 586 |
| 24,7 | 589 |
| 25,9 | 591 |
| 26,5 | 596 |
| 27,4 | 596 |
| 28,3 | 596 |
| 29,2 | 596 |
| 29,9 | 597 |
| 30,9 | 598 |
| 31,8 | 600,3 |
| 32,7 | 596 |
| 33,4 | 597 |
| 34 | 595 |
| 34,4 | 592 |
| 34,8 | 588 |
| 35,2 | 582 |
| 35,4 | 573 |
| 35,6 | 567 |
| 35,7 | 557 |
| 35,9 | 550 |
| 36 | 542 |
| 36 | 536 |
| 36,2 | 528 |
| 36,4 | 522 |
| 36,4 | 515 |
| 36,4 | 509 |
| 36,6 | 504 |
| 36,6 | 497 |
| 36,5 | 490 |
| 36,8 | 485 |
| 37,2 | 481 |
| 37,7 | 477 |
| 37,9 | 471 |
| 37,8 | 462 |
| 37,5 | 459 |
| 37,5 | 453 |
| 37,6 | 444 |
| 37,5 | 437 |
| 37,3 | 433 |
| 37,3 | 426 |
| 37,3 | 417 |
| 37,2 | 411 |
| 37 | 405 |
| 36,9 | 397 |
| 37 | 392 |
| 36,9 | 386 |
| 36,7 | 381 |
| 36,7 | 375 |

Tabla de valores del ensayo espécimen soldado sin biselar #2

| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y |
|---------------------|---------------------|
| 0 | 0 |
| 0,38 | 15,14 |
| 0,45 | 27,27 |
| 0,65 | 40,15 |
| 0,43 | 53,82 |
| 0,44 | 64,44 |
| 0,33 | 76,58 |
| 0,34 | 86,43 |
| 0,59 | 91,73 |
| 0,67 | 103,86 |
| 0,67 | 111,44 |
| 0,69 | 121,30 |
| 0,58 | 131,92 |
| 0,94 | 136,45 |
| 0,96 | 150,10 |
| 0,98 | 163,75 |
| 0,99 | 170,58 |
| 1,18 | 178,91 |
| 1,13 | 191,81 |
| 1,09 | 204,70 |
| 1,10 | 212,29 |
| 1,34 | 216,82 |
| 1,41 | 222,89 |
| 1,36 | 230,47 |
| 1,31 | 243,37 |
| 1,33 | 253,23 |
| 1,51 | 260,04 |
| 1,70 | 265,34 |
| 1,71 | 273,68 |
| 1,72 | 281,26 |
| 1,60 | 285,06 |
| 1,61 | 293,40 |
| 1,74 | 301,74 |
| 1,87 | 309,32 |
| 1,94 | 315,38 |
| 2,01 | 320,68 |
| 1,95 | 326,75 |
| 1,96 | 335,10 |
| 1,79 | 340,41 |
| 2,16 | 344,19 |
| 2,11 | 356,32 |
| 2,12 | 366,18 |
| 2,19 | 371,49 |
| 2,20 | 379,07 |
| 2,32 | 385,13 |
| 2,33 | 391,20 |
| 2,35 | 404,09 |
| 2,53 | 410,14 |
| 2,72 | 413,17 |
| 2,66 | 417,72 |
| 2,49 | 421,52 |
| 2,62 | 432,89 |
| 2,75 | 436,68 |
| 3,05 | 440,80 |
| 3,29 | 442,71 |
| 3,66 | 444,21 |
| 3,90 | 444,95 |
| 4,14 | 444,94 |
| 4,55 | 441,88 |
| 4,79 | 441,11 |
| 5,16 | 444,12 |
| 5,52 | 447,89 |
| 5,84 | 459,25 |

| | |
|-------|--------|
| 6,32 | 465,29 |
| 6,63 | 472,86 |
| 7,12 | 477,38 |
| 7,37 | 483,43 |
| 7,55 | 488,73 |
| 7,92 | 494,78 |
| 8,29 | 500,83 |
| 8,65 | 504,60 |
| 9,02 | 512,92 |
| 9,58 | 521,23 |
| 9,82 | 524,25 |
| 10,06 | 528,78 |
| 10,61 | 533,30 |
| 10,92 | 537,08 |
| 11,34 | 541,61 |
| 11,70 | 543,86 |
| 12,01 | 547,63 |
| 12,37 | 552,16 |
| 12,92 | 554,41 |
| 13,40 | 558,93 |
| 13,95 | 561,93 |
| 14,31 | 565,70 |
| 14,74 | 567,20 |
| 15,22 | 572,48 |
| 15,82 | 573,96 |
| 16,25 | 578,49 |
| 16,67 | 579,22 |
| 17,15 | 580,71 |
| 17,64 | 581,44 |
| 18,06 | 583,69 |
| 18,36 | 585,95 |
| 18,96 | 586,68 |
| 19,62 | 587,40 |
| 19,81 | 591,18 |
| 20,17 | 588,88 |
| 20,59 | 589,62 |
| 20,83 | 590,36 |
| 21,01 | 593,38 |
| 21,43 | 592,60 |
| 22,03 | 592,57 |
| 22,69 | 592,53 |
| 23,06 | 594,78 |
| 23,78 | 595,50 |
| 24,14 | 596,60 |
| 24,44 | 594,71 |
| 24,80 | 594,69 |
| 25,34 | 594,65 |
| 25,88 | 594,62 |
| 26,54 | 594,59 |
| 27,32 | 594,54 |
| 28,70 | 594,46 |
| 29,66 | 592,13 |
| 30,74 | 588,28 |
| 31,03 | 579,92 |
| 31,03 | 579,92 |
| 31,43 | 567,76 |
| 31,72 | 554,10 |
| 31,94 | 538,92 |
| 32,04 | 526,02 |
| 32,14 | 507,05 |
| 32,36 | 487,32 |
| 32,56 | 459,25 |

Tabla de valores del ensayo espécimen soldado sin biselar #3

| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | | |
|---------------------|---------------------|-------|--------|
| 0,00 | 0,00 | 5,14 | 398,83 |
| 3,37 | 9,31 | 5,17 | 409,11 |
| 3,39 | 15,02 | 5,36 | 413,66 |
| 3,32 | 23,03 | 5,30 | 421,67 |
| 3,34 | 28,74 | 5,77 | 428,47 |
| 3,53 | 33,29 | 5,70 | 436,48 |
| 3,55 | 41,29 | 6,17 | 442,14 |
| 3,49 | 49,30 | 6,80 | 440,92 |
| 3,51 | 56,15 | 7,62 | 443,70 |
| 3,69 | 56,13 | 7,99 | 444,90 |
| 3,71 | 64,13 | 8,74 | 454,42 |
| 3,73 | 70,98 | 9,51 | 469,19 |
| 3,76 | 80,12 | 10,17 | 478,26 |
| 4,05 | 85,80 | 10,46 | 485,08 |
| 4,07 | 92,66 | 10,95 | 496,46 |
| 3,91 | 99,53 | 11,60 | 503,24 |
| 3,93 | 106,39 | 12,26 | 513,45 |
| 3,95 | 115,53 | 12,84 | 523,67 |
| 4,16 | 123,51 | 13,68 | 532,72 |
| 4,08 | 128,09 | 14,61 | 541,75 |
| 4,00 | 131,52 | 15,54 | 551,93 |
| 3,92 | 137,25 | 16,84 | 562,07 |
| 4,03 | 142,95 | 18,13 | 568,78 |
| 4,13 | 146,37 | 19,24 | 575,52 |
| 4,16 | 154,36 | 20,06 | 579,99 |
| 4,38 | 168,05 | 20,88 | 581,04 |
| 4,13 | 176,08 | 21,80 | 585,51 |
| 4,14 | 180,65 | 22,44 | 588,87 |
| 4,17 | 189,79 | 23,36 | 591,05 |
| 4,18 | 195,50 | 23,90 | 592,13 |
| 4,38 | 201,20 | 24,54 | 592,06 |
| 4,40 | 205,77 | 25,19 | 597,70 |
| 4,41 | 211,48 | 26,81 | 596,37 |
| 4,43 | 217,19 | 27,81 | 598,54 |
| 4,44 | 219,48 | 28,72 | 598,44 |
| 4,45 | 224,05 | 29,53 | 598,35 |
| 4,48 | 233,19 | 30,44 | 602,20 |
| 4,50 | 240,04 | 31,53 | 598,12 |
| 4,25 | 249,21 | 32,44 | 599,16 |
| 4,27 | 254,92 | 33,25 | 599,07 |
| 4,55 | 259,46 | 33,70 | 597,88 |
| 4,93 | 263,99 | 33,97 | 596,70 |
| 4,59 | 272,03 | 34,78 | 594,33 |
| 4,61 | 281,17 | 35,03 | 587,44 |
| 4,63 | 288,03 | 35,45 | 577,11 |
| 4,64 | 291,45 | 35,88 | 570,20 |
| 4,65 | 292,60 | 35,94 | 558,77 |
| 4,57 | 298,32 | 36,16 | 542,74 |
| 4,60 | 307,46 | 36,12 | 527,89 |
| 4,70 | 309,73 | 36,62 | 512,97 |
| 4,89 | 314,28 | 36,77 | 502,67 |
| 4,91 | 319,99 | 36,93 | 493,51 |
| 4,92 | 323,42 | 36,90 | 484,37 |
| 4,94 | 331,42 | 36,88 | 476,37 |
| 4,96 | 338,27 | 36,86 | 470,66 |
| 4,97 | 341,70 | 36,84 | 463,81 |
| 4,98 | 342,84 | 36,81 | 453,52 |
| 4,91 | 351,99 | 36,78 | 443,24 |
| 4,92 | 356,56 | 36,83 | 430,66 |
| 4,93 | 359,99 | 37,10 | 427,20 |
| 5,04 | 363,41 | 37,07 | 416,92 |
| 5,07 | 373,69 | 37,02 | 400,93 |
| 5,10 | 387,40 | | |

Tabla de valores del ensayo espécimen soldado con biselar #1

| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | | |
|---------------------|---------------------|-------|--------|
| 0,00 | 0,00 | 14,35 | 549,10 |
| 4,78 | 10,23 | 14,62 | 551,76 |
| 4,82 | 17,45 | 14,92 | 556,82 |
| 4,99 | 28,39 | 15,37 | 561,45 |
| 5,07 | 46,39 | 15,68 | 565,92 |
| 5,25 | 56,44 | 15,95 | 568,58 |
| 5,21 | 67,14 | 16,41 | 572,04 |
| 5,18 | 75,16 | 16,81 | 576,62 |
| 5,23 | 82,38 | 17,13 | 578,75 |
| 5,55 | 90,80 | 17,63 | 581,09 |
| 5,51 | 104,18 | 18,03 | 585,66 |
| 5,39 | 115,69 | 18,35 | 588,96 |
| 5,72 | 124,12 | 18,71 | 592,32 |
| 5,75 | 135,79 | 19,13 | 592,79 |
| 5,64 | 147,31 | 19,90 | 598,38 |
| 5,59 | 159,79 | 20,45 | 601,35 |
| 6,13 | 167,57 | 20,81 | 602,95 |
| 6,10 | 176,48 | 21,27 | 604,65 |
| 6,07 | 185,40 | 21,60 | 605,02 |
| 6,04 | 194,32 | 21,86 | 608,85 |
| 6,01 | 200,56 | 22,42 | 610,50 |
| 6,04 | 212,24 | 22,83 | 608,13 |
| 6,22 | 222,29 | 23,15 | 600,84 |
| 6,11 | 233,80 | 23,75 | 601,53 |
| 6,07 | 243,61 | 24,22 | 602,05 |
| 6,04 | 253,42 | 24,68 | 602,58 |
| 6,09 | 257,96 | 25,05 | 603,00 |
| 6,43 | 261,92 | 25,33 | 603,90 |
| 6,39 | 273,52 | 25,59 | 608,91 |
| 6,36 | 283,33 | 26,33 | 609,17 |
| 6,33 | 290,46 | 26,71 | 608,41 |
| 6,37 | 301,24 | 27,12 | 608,89 |
| 6,27 | 309,19 | 27,54 | 608,78 |
| 6,38 | 316,48 | 27,77 | 610,21 |
| 6,63 | 325,72 | 27,90 | 609,30 |
| 6,55 | 349,80 | 28,93 | 605,94 |
| 6,52 | 356,93 | 29,48 | 608,33 |
| 6,48 | 368,53 | 30,04 | 608,96 |
| 6,45 | 377,44 | 31,02 | 608,31 |
| 6,63 | 386,60 | 31,67 | 608,46 |
| 6,88 | 394,95 | 32,14 | 607,81 |
| 6,83 | 411,00 | 32,52 | 606,48 |
| 6,72 | 422,51 | 33,03 | 605,30 |
| 6,82 | 432,48 | 33,38 | 600,39 |
| 7,08 | 440,83 | 33,49 | 595,22 |
| 7,12 | 448,04 | 33,70 | 605,22 |
| 7,24 | 455,34 | 33,86 | 598,93 |
| 7,62 | 465,20 | 33,93 | 592,53 |
| 8,34 | 462,30 | 34,15 | 583,36 |
| 9,04 | 464,55 | 34,19 | 572,22 |
| 9,82 | 466,33 | 34,43 | 558,35 |
| 10,21 | 474,83 | 34,52 | 543,75 |
| 10,54 | 482,37 | 34,94 | 530,10 |
| 10,94 | 488,20 | 34,90 | 517,68 |
| 11,26 | 498,41 | 35,20 | 511,54 |
| 11,73 | 507,00 | 35,07 | 508,45 |
| 11,99 | 511,77 | 35,10 | 498,49 |
| 12,33 | 517,53 | 35,09 | 490,22 |
| 12,80 | 525,22 | 35,05 | 474,87 |
| 13,06 | 529,98 | 35,07 | 456,06 |
| 13,37 | 535,04 | 35,37 | 448,16 |
| 13,68 | 540,10 | 35,24 | 433,88 |
| 14,04 | 544,04 | | |

Tabla de valores del ensayo espécimen soldado con biselar #2

| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | | |
|---------------------|---------------------|-------|--------|
| 0,00 | 0,00 | 12,27 | 485,56 |
| 4,80 | 6,96 | 12,51 | 492,85 |
| 4,80 | 15,18 | 12,91 | 497,12 |
| 4,79 | 26,47 | 13,15 | 504,41 |
| 5,02 | 39,92 | 13,56 | 507,66 |
| 5,02 | 50,19 | 13,88 | 513,95 |
| 5,09 | 59,46 | 14,28 | 518,22 |
| 5,08 | 69,73 | 14,68 | 523,52 |
| 5,16 | 77,98 | 15,17 | 528,86 |
| 5,48 | 84,27 | 15,73 | 535,25 |
| 5,23 | 97,52 | 16,22 | 539,56 |
| 5,30 | 106,79 | 16,86 | 549,07 |
| 5,37 | 119,15 | 17,42 | 553,41 |
| 5,53 | 125,37 | 17,83 | 556,65 |
| 5,53 | 133,59 | 18,96 | 566,36 |
| 5,52 | 145,91 | 19,52 | 570,70 |
| 5,76 | 157,31 | 20,25 | 574,08 |
| 5,75 | 165,52 | 20,74 | 577,36 |
| 5,74 | 172,71 | 21,63 | 581,84 |
| 5,82 | 178,90 | 22,44 | 586,28 |
| 5,90 | 190,23 | 22,92 | 589,56 |
| 5,89 | 198,44 | 23,49 | 589,79 |
| 5,89 | 204,60 | 24,06 | 593,10 |
| 5,96 | 215,93 | 24,30 | 595,26 |
| 6,28 | 219,15 | 25,03 | 594,53 |
| 6,19 | 231,43 | 25,27 | 597,71 |
| 6,19 | 237,59 | 26,08 | 599,40 |
| 6,19 | 241,70 | 26,81 | 591,40 |
| 6,18 | 248,89 | 27,46 | 592,19 |
| 6,42 | 252,07 | 28,11 | 592,46 |
| 6,42 | 261,31 | 28,59 | 596,76 |
| 6,41 | 270,55 | 29,73 | 597,23 |
| 6,33 | 274,62 | 30,78 | 598,69 |
| 6,48 | 280,85 | 31,76 | 596,01 |
| 6,81 | 284,07 | 32,81 | 597,47 |
| 6,64 | 292,21 | 33,79 | 597,87 |
| 6,55 | 299,37 | 34,60 | 597,17 |
| 6,55 | 304,50 | 35,25 | 599,50 |
| 6,70 | 315,86 | 36,14 | 597,81 |
| 6,94 | 325,20 | 36,79 | 598,07 |
| 6,94 | 332,39 | 37,04 | 593,04 |
| 6,77 | 342,59 | 38,01 | 593,44 |
| 7,17 | 349,95 | 38,75 | 588,61 |
| 7,24 | 358,19 | 39,32 | 576,52 |
| 7,24 | 366,41 | 39,82 | 563,37 |
| 7,15 | 374,59 | 39,83 | 550,02 |
| 7,31 | 382,87 | 39,84 | 540,78 |
| 7,38 | 390,09 | 40,16 | 535,78 |
| 7,46 | 398,34 | 40,18 | 519,35 |
| 7,45 | 406,55 | 40,43 | 500,97 |
| 7,61 | 415,86 | 40,60 | 496,16 |
| 7,77 | 424,14 | 40,61 | 485,89 |
| 7,76 | 436,46 | 40,38 | 473,47 |
| 8,24 | 439,74 | 40,46 | 464,26 |
| 8,89 | 440,10 | 40,79 | 454,13 |
| 9,79 | 442,43 | 40,72 | 439,72 |
| 10,19 | 446,70 | 40,73 | 428,43 |
| 10,43 | 452,96 | 40,74 | 420,21 |
| 10,75 | 455,15 | 40,74 | 409,94 |
| 11,07 | 462,47 | 40,99 | 400,80 |
| 11,39 | 468,77 | 40,92 | 392,56 |
| 11,63 | 475,03 | 40,93 | 380,23 |
| 11,87 | 479,23 | | |

Tabla de valores del ensayo espécimen soldado con biselar #3

| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | | |
|---------------------|---------------------|-------|--------|
| 0,00 | 0,00 | 12,48 | 538,39 |
| 0,65 | 3,66 | 12,81 | 541,64 |
| 0,65 | 15,60 | 13,06 | 544,89 |
| 0,73 | 27,53 | 13,73 | 547,06 |
| 0,72 | 40,54 | 14,24 | 553,57 |
| 1,06 | 53,56 | 14,74 | 558,99 |
| 1,05 | 72,00 | 15,24 | 562,25 |
| 1,05 | 81,76 | 15,83 | 566,59 |
| 0,88 | 93,69 | 16,42 | 568,76 |
| 1,22 | 99,11 | 16,92 | 569,84 |
| 1,21 | 109,96 | 17,18 | 570,92 |
| 1,21 | 120,80 | 17,43 | 574,18 |
| 1,13 | 132,74 | 18,02 | 575,26 |
| 1,54 | 141,41 | 18,60 | 579,60 |
| 1,37 | 152,26 | 19,19 | 582,86 |
| 1,37 | 159,85 | 19,78 | 583,94 |
| 1,37 | 169,61 | 20,45 | 586,11 |
| 1,79 | 178,29 | 20,79 | 588,28 |
| 1,62 | 191,31 | 21,71 | 588,28 |
| 1,61 | 203,24 | 22,30 | 589,36 |
| 1,61 | 216,25 | 22,89 | 589,36 |
| 1,95 | 223,84 | 23,48 | 591,80 |
| 1,95 | 232,52 | 24,23 | 585,70 |
| 1,94 | 244,45 | 25,16 | 586,79 |
| 1,94 | 254,21 | 25,83 | 586,79 |
| 1,94 | 265,06 | 26,25 | 588,96 |
| 1,94 | 278,08 | 27,09 | 590,04 |
| 2,10 | 290,01 | 27,68 | 590,04 |
| 2,18 | 300,85 | 28,27 | 590,04 |
| 2,26 | 311,70 | 28,69 | 590,04 |
| 2,26 | 321,46 | 29,19 | 590,04 |
| 2,34 | 330,14 | 29,45 | 586,79 |
| 2,51 | 338,81 | 30,29 | 588,96 |
| 2,51 | 347,49 | 30,79 | 590,45 |
| 2,51 | 356,17 | 31,30 | 586,11 |
| 2,51 | 361,59 | 31,55 | 581,77 |
| 2,76 | 372,44 | 31,72 | 574,18 |
| 2,75 | 384,37 | 31,89 | 569,84 |
| 2,67 | 390,88 | 32,23 | 564,42 |
| 2,67 | 400,64 | 32,06 | 557,91 |
| 2,66 | 411,48 | 32,15 | 552,49 |
| 3,08 | 420,16 | 32,32 | 545,98 |
| 3,08 | 429,92 | 32,32 | 538,39 |
| 3,25 | 437,52 | 32,40 | 534,05 |
| 3,67 | 440,20 | 32,57 | 530,79 |
| 4,17 | 440,77 | 32,66 | 522,12 |
| 4,42 | 434,00 | 32,83 | 517,78 |
| 5,10 | 439,68 | 33,00 | 502,59 |
| 5,77 | 442,94 | 33,17 | 489,58 |
| 6,36 | 449,45 | 33,00 | 480,90 |
| 6,86 | 454,87 | 33,76 | 476,56 |
| 7,19 | 461,38 | 34,10 | 468,97 |
| 7,53 | 468,97 | 34,02 | 450,53 |
| 7,86 | 473,31 | 33,68 | 439,68 |
| 8,20 | 480,90 | 33,85 | 429,92 |
| 8,79 | 489,58 | 33,94 | 408,23 |
| 8,95 | 496,09 | 33,78 | 396,30 |
| 9,29 | 501,51 | 33,61 | 388,71 |
| 9,88 | 506,93 | 33,53 | 380,03 |
| 10,38 | 511,27 | 33,61 | 376,78 |
| 10,71 | 521,03 | 33,78 | 370,27 |
| 11,30 | 528,62 | 33,53 | 364,85 |
| 11,97 | 532,96 | | |

Tabla de valores del ensayo espécimen empernado #1

| | | | |
|---------------------|---------------------|------|--------|
| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | 4,98 | 334,61 |
| 0,00 | 0,00 | 5,09 | 339,46 |
| 2,72 | 8,00 | 5,24 | 348,30 |
| 2,76 | 17,46 | 5,46 | 356,42 |
| 2,73 | 26,89 | 5,74 | 364,60 |
| 2,70 | 34,75 | 5,90 | 371,09 |
| 2,78 | 47,46 | 6,18 | 379,27 |
| 2,88 | 53,88 | 6,41 | 384,25 |
| 2,77 | 67,18 | 6,76 | 387,00 |
| 2,86 | 77,53 | 7,18 | 389,60 |
| 3,08 | 80,00 | 7,67 | 389,54 |
| 3,04 | 97,44 | 7,99 | 385,15 |
| 3,07 | 106,94 | 8,31 | 382,33 |
| 3,22 | 114,21 | 8,45 | 376,17 |
| 3,31 | 124,55 | 8,60 | 368,44 |
| 3,29 | 131,63 | 8,80 | 363,13 |
| 3,27 | 137,13 | 9,19 | 358,02 |
| 3,31 | 144,27 | 9,14 | 352,45 |
| 3,27 | 156,06 | 9,18 | 342,23 |
| 3,58 | 170,60 | 9,15 | 332,74 |
| 3,56 | 177,68 | 9,19 | 320,94 |
| 3,52 | 188,68 | 9,15 | 314,59 |
| 3,50 | 194,18 | 9,42 | 307,78 |
| 3,48 | 199,69 | 9,33 | 298,21 |
| 3,46 | 205,98 | 9,36 | 287,99 |
| 3,68 | 213,31 | 9,38 | 281,71 |
| 3,65 | 222,74 | 9,41 | 275,42 |
| 3,68 | 232,24 | 9,42 | 271,49 |
| 3,66 | 238,53 | 9,33 | 262,71 |
| 3,63 | 245,60 | 9,28 | 257,14 |
| 3,62 | 251,11 | 9,30 | 251,64 |
| 3,90 | 256,93 | 9,31 | 248,50 |
| 4,00 | 263,35 | 9,28 | 241,36 |
| 3,97 | 272,00 | 9,29 | 235,85 |
| 4,00 | 280,71 | 9,31 | 231,14 |
| 4,41 | 286,67 | 9,32 | 227,21 |
| 4,44 | 296,16 | 9,28 | 223,21 |
| 4,48 | 302,52 | 9,23 | 218,43 |
| 4,58 | 308,15 | 9,25 | 213,71 |
| 4,69 | 312,21 | 9,26 | 211,35 |
| 4,85 | 318,69 | 9,35 | 202,77 |
| 4,83 | 326,55 | 9,30 | 197,21 |
| | | 9,32 | 193,28 |
| | | 9,22 | 186,86 |

Tabla de valores del ensayo espécimen empernado #2

| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | | |
|---------------------|---------------------|------|--------|
| 0,00 | 0,00 | 2,40 | 318,13 |
| | | 2,61 | 324,09 |
| 0,31 | 12,89 | 2,71 | 327,68 |
| 0,26 | 30,20 | 2,83 | 334,85 |
| 0,30 | 39,24 | 2,85 | 342,03 |
| 0,33 | 48,82 | 3,15 | 347,99 |
| 0,29 | 64,40 | 3,35 | 353,95 |
| 0,34 | 78,77 | 3,46 | 361,13 |
| 0,37 | 88,35 | 3,86 | 368,27 |
| 0,39 | 94,34 | 4,16 | 376,30 |
| 0,51 | 103,91 | 4,54 | 375,17 |
| 0,54 | 111,10 | 5,18 | 375,09 |
| 0,48 | 123,08 | 5,62 | 372,85 |
| 0,70 | 133,84 | 5,87 | 365,63 |
| 0,74 | 145,81 | 6,13 | 359,61 |
| 0,77 | 154,20 | 6,20 | 353,61 |
| 0,79 | 160,18 | 6,36 | 344,01 |
| 0,91 | 170,95 | 6,34 | 339,22 |
| 0,94 | 179,33 | 6,58 | 329,60 |
| 0,87 | 184,14 | 6,47 | 322,43 |
| 0,79 | 190,13 | 6,63 | 316,42 |
| 0,90 | 196,11 | 6,52 | 309,25 |
| 0,93 | 203,30 | 6,58 | 298,46 |
| 1,03 | 205,68 | 6,92 | 292,43 |
| 1,13 | 209,26 | 6,81 | 285,25 |
| 1,17 | 221,24 | 6,78 | 276,87 |
| 1,29 | 228,41 | 6,85 | 269,67 |
| 1,30 | 234,40 | 6,84 | 266,08 |
| 1,42 | 242,77 | 6,82 | 261,29 |
| 1,46 | 254,75 | 6,80 | 254,10 |
| 1,77 | 263,10 | 6,77 | 243,33 |
| 1,79 | 270,28 | 6,83 | 236,13 |
| 1,80 | 275,07 | 6,81 | 230,14 |
| 1,82 | 281,06 | 6,88 | 222,95 |
| 2,02 | 283,43 | 6,87 | 219,35 |
| 2,05 | 295,41 | 6,86 | 214,56 |
| 2,09 | 304,99 | 6,83 | 206,18 |
| 2,39 | 312,14 | 6,80 | 197,80 |

Tabla de valores del ensayo espécimen empernado #3

| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | | |
|---------------------|---------------------|-------|--------|
| 0,00 | 0,00 | 5,64 | 281,84 |
| 3,57 | 4,40 | 5,84 | 289,80 |
| 3,50 | 17,17 | 5,95 | 294,34 |
| 3,55 | 30,88 | 5,95 | 296,63 |
| 3,66 | 44,00 | 5,97 | 301,20 |
| 3,88 | 52,52 | 5,98 | 306,91 |
| 3,99 | 60,49 | 6,00 | 310,33 |
| 4,02 | 71,91 | 6,01 | 316,05 |
| 4,05 | 78,77 | 6,29 | 321,70 |
| 4,07 | 85,62 | 6,50 | 330,79 |
| 4,27 | 93,57 | 6,70 | 339,89 |
| 4,29 | 101,57 | 6,99 | 346,68 |
| 4,22 | 106,16 | 7,38 | 358,02 |
| 4,15 | 110,75 | 7,66 | 363,67 |
| 4,27 | 121,01 | 7,85 | 368,20 |
| 4,31 | 134,71 | 8,21 | 370,40 |
| 4,41 | 139,26 | 8,48 | 377,00 |
| 4,51 | 143,81 | 8,92 | 372,52 |
| 4,62 | 149,50 | 9,26 | 370,16 |
| 4,63 | 152,92 | 9,59 | 364,37 |
| 4,66 | 162,06 | 9,77 | 363,19 |
| 4,67 | 167,77 | 9,93 | 357,43 |
| 4,69 | 173,48 | 9,90 | 348,30 |
| 4,70 | 176,91 | 10,14 | 341,38 |
| 4,72 | 181,48 | 10,03 | 333,41 |
| 4,83 | 190,59 | 10,26 | 324,21 |
| 4,85 | 197,45 | 10,24 | 317,36 |
| 4,87 | 202,01 | 9,95 | 309,42 |
| 4,97 | 206,56 | 10,03 | 305,98 |
| 4,99 | 213,42 | 10,37 | 301,33 |
| 5,19 | 221,37 | 10,43 | 292,17 |
| 5,13 | 229,39 | 10,40 | 283,03 |
| 5,33 | 238,48 | 10,38 | 277,32 |
| 5,34 | 241,91 | 10,35 | 268,19 |
| 5,37 | 249,90 | 10,32 | 259,05 |
| 5,38 | 254,47 | 10,30 | 252,20 |
| 5,40 | 260,18 | 10,26 | 237,35 |
| 5,58 | 262,43 | 10,20 | 220,22 |
| 5,61 | 270,42 | 10,17 | 207,65 |
| 5,63 | 276,13 | 10,21 | 195,07 |
| | | 10,19 | 188,22 |
| | | 10,42 | 176,74 |

Promedio espécimen sin biselar

| PROMEDIO SIN BISEL | | | |
|---------------------|---------------------|-------|--------|
| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | | |
| 2,06 | 10,43 | 13,09 | 522,99 |
| 2,12 | 19,80 | 13,86 | 529,52 |
| 2,18 | 29,13 | 14,33 | 534,05 |
| 2,14 | 39,15 | 14,90 | 540,69 |
| 2,18 | 46,44 | | |
| 2,14 | 55,02 | 15,57 | 544,37 |
| 2,17 | 62,14 | 16,32 | 550,03 |
| 2,35 | 68,26 | | |
| 2,44 | 74,00 | 17,04 | 555,61 |
| 2,44 | 81,22 | 17,70 | 561,04 |
| 2,44 | 88,33 | | |
| 2,43 | 99,35 | 18,47 | 565,56 |
| 2,66 | 106,15 | 19,26 | 569,96 |
| 2,70 | 114,59 | 20,12 | 574,59 |
| 2,66 | 126,10 | | |
| 2,72 | 135,66 | 20,92 | 577,66 |
| 2,81 | 146,81 | 21,79 | 582,00 |
| 2,88 | 157,10 | | |
| 2,91 | 165,93 | 22,56 | 584,75 |
| 2,90 | 173,27 | 23,28 | 585,18 |
| 2,98 | 180,69 | 23,96 | 587,24 |
| 3,01 | 186,28 | | |
| 3,13 | 191,28 | 24,53 | 588,19 |
| 3,11 | 201,58 | 25,13 | 588,16 |
| 3,19 | 212,09 | | |
| 3,17 | 218,37 | 25,59 | 587,94 |
| 3,23 | 225,33 | 26,03 | 586,67 |
| 3,31 | 233,49 | 26,52 | 585,79 |
| 3,33 | 242,26 | | |
| 3,37 | 248,09 | 27,35 | 583,59 |
| 3,46 | 254,06 | 27,77 | 582,24 |
| 3,51 | 262,41 | | |
| 3,52 | 268,50 | 28,26 | 579,11 |
| 3,56 | 274,62 | 28,71 | 576,66 |
| 3,61 | 281,24 | 29,09 | 576,19 |
| 3,67 | 289,65 | | |
| 3,68 | 298,05 | 29,58 | 573,17 |
| 3,54 | 306,21 | 30,09 | 571,26 |
| 3,75 | 310,37 | | |
| 3,85 | 319,26 | 30,56 | 568,88 |
| 3,94 | 326,06 | 30,93 | 566,47 |
| 3,86 | 333,17 | | |
| 3,94 | 341,41 | 31,21 | 565,16 |
| 4,00 | 347,72 | 31,72 | 562,28 |
| 4,02 | 353,22 | | |
| 4,01 | 361,23 | 31,89 | 558,01 |
| 4,08 | 368,49 | 32,23 | 552,27 |
| 4,17 | 375,21 | 32,63 | 548,63 |
| 4,26 | 379,82 | 32,99 | 543,47 |
| 4,28 | 384,94 | | |
| 4,56 | 393,30 | 33,31 | 536,12 |
| 4,86 | 397,37 | 33,49 | 528,16 |
| 5,22 | 402,34 | 33,81 | 522,17 |
| 5,49 | 405,50 | | |
| 5,66 | 409,64 | 34,32 | 516,71 |
| 5,89 | 412,93 | 34,73 | 509,88 |
| 6,09 | 418,64 | | |
| 6,40 | 422,48 | 35,05 | 503,22 |
| 6,68 | 426,37 | 35,07 | 496,43 |
| 7,00 | 431,18 | | |
| 7,26 | 438,20 | 35,06 | 492,19 |
| 7,41 | 448,88 | 35,19 | 482,86 |
| 7,79 | 456,04 | | |
| 8,10 | 464,66 | 35,24 | 472,87 |
| 8,56 | 469,68 | 35,24 | 462,39 |
| 8,79 | 477,03 | 35,26 | 451,23 |
| 9,17 | 482,73 | | |
| 9,47 | 489,09 | 35,41 | 442,09 |
| 9,95 | 495,32 | 35,44 | 430,08 |
| 10,52 | 498,17 | | |
| 11,18 | 503,87 | 35,43 | 413,73 |
| 11,76 | 508,71 | | |
| 12,35 | 514,89 | | |

Promedio espécimen con biselar

| PROMEDIO CON BISEL | | | |
|---------------------|---------------------|-------|--------|
| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | | |
| 0,00 | 0,00 | 16,24 | 558,79 |
| 3,41 | 6,95 | 16,76 | 562,06 |
| 3,42 | 16,07 | 17,14 | 565,38 |
| 3,50 | 27,46 | 17,55 | 570,74 |
| 3,61 | 42,28 | 18,05 | 573,66 |
| 3,77 | 53,39 | 18,52 | 576,35 |
| 3,79 | 66,20 | 19,35 | 582,53 |
| 3,77 | 75,55 | 19,92 | 585,33 |
| 3,76 | 84,68 | 20,51 | 587,71 |
| 4,08 | 91,40 | 20,93 | 590,10 |
| 3,98 | 103,89 | 21,65 | 591,71 |
| 3,97 | 114,43 | 22,20 | 594,83 |
| 4,07 | 125,33 | 22,74 | 596,47 |
| 4,27 | 134,19 | 23,27 | 596,57 |
| 4,18 | 144,38 | 23,81 | 593,22 |
| 4,16 | 155,18 | 24,40 | 594,52 |
| 4,42 | 164,83 | 25,03 | 594,46 |
| 4,55 | 173,43 | 25,40 | 596,41 |
| 4,48 | 183,14 | 26,08 | 597,48 |
| 4,49 | 192,15 | 26,61 | 595,11 |
| 4,51 | 202,35 | 27,11 | 597,05 |
| 4,63 | 211,51 | 27,71 | 597,22 |
| 4,68 | 219,80 | 28,17 | 598,41 |
| 4,67 | 231,39 | 28,77 | 597,63 |
| 4,77 | 238,99 | 29,54 | 598,81 |
| 4,72 | 249,97 | 30,11 | 598,89 |
| 4,74 | 257,88 | 30,67 | 597,63 |
| 4,91 | 264,54 | 31,42 | 595,19 |
| 4,92 | 274,42 | 31,94 | 593,23 |
| 5,01 | 282,36 | 32,39 | 592,77 |
| 5,00 | 291,08 | 33,13 | 590,18 |
| 5,04 | 300,64 | 33,51 | 588,15 |
| 5,03 | 307,54 | 33,78 | 584,45 |
| 5,13 | 314,94 | 34,28 | 581,97 |
| 5,32 | 321,99 | 34,70 | 577,43 |
| 5,23 | 334,53 | 35,03 | 570,32 |
| 5,28 | 342,91 | 35,29 | 563,13 |
| 5,26 | 352,47 | 35,40 | 559,12 |
| 5,27 | 361,39 | 35,51 | 552,49 |
| 5,41 | 370,81 | 35,70 | 543,63 |
| 5,49 | 379,61 | 35,83 | 530,76 |
| 5,56 | 391,25 | 35,87 | 518,03 |
| 5,65 | 400,79 | 36,26 | 510,36 |
| 5,77 | 409,40 | 36,41 | 499,54 |
| 5,99 | 415,81 | 36,45 | 484,70 |
| 6,15 | 421,13 | 36,35 | 473,88 |
| 6,32 | 424,07 | 36,62 | 465,20 |
| 6,70 | 431,66 | 36,58 | 452,14 |
| 7,19 | 434,53 | 36,54 | 441,07 |
| 7,62 | 440,18 | 36,48 | 433,05 |
| 8,10 | 445,69 | 36,44 | 421,62 |
| 8,39 | 453,45 | 36,56 | 411,21 |
| 8,61 | 462,60 | 36,69 | 403,66 |
| 9,02 | 467,08 | | |
| 9,45 | 473,14 | | |
| 10,10 | 479,67 | | |
| 10,38 | 484,85 | | |
| 10,68 | 490,67 | | |
| 11,14 | 495,77 | | |
| 11,50 | 501,24 | | |
| 11,83 | 508,28 | | |
| 12,20 | 514,58 | | |
| 12,63 | 518,74 | | |
| 13,03 | 524,35 | | |
| 13,31 | 528,75 | | |
| 13,63 | 532,94 | | |
| 14,09 | 537,64 | | |
| 14,49 | 542,38 | | |
| 14,86 | 547,18 | | |
| 15,31 | 550,84 | | |
| 15,78 | 555,58 | | |

Promedio espécimen empernado

| PROMEDIO EMPERNADO | | | |
|---------------------|---------------------|------|--------|
| | | 4,09 | 291,61 |
| | | 4,19 | 296,23 |
| Conjunto de datos x | Conjunto de datos y | 4,30 | 302,24 |
| 0,00 | 0,00 | 4,40 | 307,50 |
| 2,20 | 8,43 | 4,43 | 314,42 |
| 2,17 | 21,61 | 4,56 | 322,15 |
| 2,19 | 32,34 | 4,73 | 327,26 |
| 2,23 | 42,53 | 4,85 | 332,96 |
| 2,32 | 54,79 | 4,96 | 339,58 |
| 2,40 | 64,38 | 5,19 | 346,59 |
| 2,39 | 75,82 | 5,35 | 352,57 |
| 2,43 | 83,55 | 5,58 | 356,83 |
| 2,56 | 89,84 | 5,96 | 360,34 |
| 2,61 | 100,70 | 6,29 | 363,55 |
| 2,61 | 110,53 | 6,59 | 365,04 |
| 2,72 | 118,07 | 6,93 | 365,28 |
| 2,73 | 127,04 | 7,19 | 365,59 |
| 2,77 | 135,61 | 7,44 | 363,34 |
| 2,79 | 144,01 | 7,55 | 361,20 |
| 2,88 | 151,49 | 7,80 | 356,15 |
| 2,91 | 159,73 | 7,92 | 354,19 |
| 3,02 | 168,08 | 8,25 | 348,99 |
| 2,99 | 173,58 | 8,31 | 343,95 |
| 3,03 | 182,28 | 8,45 | 335,02 |
| 3,03 | 188,42 | 8,61 | 329,45 |
| 3,07 | 192,95 | 8,64 | 321,21 |
| 3,10 | 197,38 | 8,61 | 313,25 |
| 3,19 | 205,34 | 8,80 | 306,28 |
| 3,26 | 213,92 | 8,73 | 299,23 |
| 3,28 | 221,36 | 8,82 | 291,16 |
| 3,32 | 227,77 | 8,81 | 284,39 |
| 3,36 | 235,64 | 8,71 | 276,06 |
| 3,46 | 242,54 | 8,76 | 271,20 |
| 3,63 | 249,53 | 8,84 | 264,73 |
| 3,65 | 255,94 | 8,86 | 257,42 |
| 3,71 | 263,85 | 8,86 | 251,34 |
| 3,79 | 268,68 | 8,85 | 246,79 |
| 3,95 | 277,33 | 8,82 | 238,57 |
| 3,97 | 285,21 | 8,81 | 230,90 |

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Pablo Sebastián Pazmiño Moreno** y **Gabriel Víctor Villacis Vergara**, con C.C: #1726278110, #0930091939 autores del trabajo de titulación: **Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes emperrados y anclajes con soldadura tapón**, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

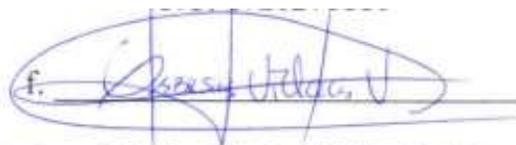
1.- Declaramos tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizamos a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de febrero del 2023



f. _____
Pazmiño Moreno Pablo Sebastián
C.C: 1726278110



Nombre **Gabriel Víctor Villacis Vergara**
C.C: 0930091939



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

| | | | |
|--|--|---|-----------|
| TEMA Y SUBTEMA: | Análisis comparativo de la metodología utilizada en fabricación de placas base metálicas entre anclajes empernados y anclajes con soldadura tapón. | | |
| AUTOR(ES) | Pablo Sebastián Pazmiño Moreno Gabriel Víctor Villacís Vergara | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Ángela Cali Proaño | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Facultad de Ingeniería | | |
| CARRERA: | Carrera de Ingeniería Civil | | |
| TÍTULO OBTENIDO: | Ingeniero Civil | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 17 de febrero de, 2023 | No. DE PÁGINAS: | 75 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Ingeniería, Construcción, Estructura | | |
| PALABRAS CLAVES: | Placa base, soldadura, anclaje, perno, asentamiento, cimentación | | |
| RESUMEN: | <p>El presente trabajo de titulación es un estudio sobre los tipos de anclajes más utilizados en el medio de construcción en Ecuador sobre una placa base de acero, los cuales son: anclajes empernados y anclaje soldadura tapón. El principal propósito es analizar y comparar la diferencia entre los dos tipos de anclajes, su fabricación en los talleres, su precio en el mercado actualmente, cuál es su esfuerzo máximo, y con esto, evitar problemas durante el proceso de construcción; dependiendo de la elección de uno de los tipos de anclajes. La metodología empleada corresponde a una profunda investigación bibliográfica; así como investigaciones de campo, cuya información se ha mantenido en total confidencialidad. Se analizaron los problemas para cada una de las fallas e identificó cual es mejor para cada caso que se presente en la vida profesional.</p> <p>Tras exponer los antecedentes, se definirá el enfoque de la investigación; así como los objetivos empleados, para así exponer los resultados. En el presente trabajo se mostrará el desarrollo del proceso de fabricación de los elementos en Constructora Civil y Metálica V&V Construcimet Cia. Ltda., el uso de la maquina universal de ensayos a tracción facilitada por el laboratorio CEINVES de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil y la aplicación de software Digizeit para el ingreso de datos y obtención de gráficas esfuerzo y deformación.</p> | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: +593-988942300 +593-996500215 | E-mail: pspm180699@gmail.com Gvillacis7@hotmail.com | |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):: | Nombre: Clara Glas Cevallos | | |
| | Teléfono: +593-4 -2206956 | | |
| | E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec | | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | | |