

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE JUNTAS SOLDADAS EN PERFILES DE ACERO CONFORMADO EN FRÍO UTILIZADAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DESTINADAS PARA VIVIENDAS DE HASTA TRES PISOS PARA EL DMQ

Autores: López Granja Patricio Daniel, Narváez Villarroel Felipe Patricio

Universidad de la Fuerzas Armadas-ESPE. Sangolquí, Ecuador • Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica • Carrera de Ingeniería Mecánica • contacto: pdlopezg88@gmail.com

Resumen

El presente estudio se realizó en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), en el que se analizaron varias obras de estructura metálica construidas con perfiles conformados en frío. Por tanto, el propósito del presente proyecto consistió en la evaluación del comportamiento mecánico de las juntas soldadas en perfiles de acero conformado en frío, destinado para viviendas de hasta 3 pisos dentro del DMQ. Para ello, fue necesario analizar el material base conformado en frío, tipos de juntas soldadas, procesos de soldadura utilizados, tipos de estructuras metálicas, normas utilizadas tanto del material como de los procesos de soldadura. Luego se determinó, por medio de ensayos mecánicos y metalográficos, qué tipo de material se está usando en construcciones metálicas. Adicionalmente, se construyeron réplicas estructurales donde se extrajeron probetas para la realización de ensayos mecánicos destructivos y no destructivos en laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. En estas pruebas se analizaron los resultados obtenidos donde se estableció la afectación en las propiedades mecánicas producidas por la soldadura y por ultimo permitió conocer la calidad e impacto de los procedimientos aplicados en construcciones de estructuras metálicas.

Abstract

This study was performed in the Metropolitan District of Quito (DMQ), which was analyzed in several works of metal structure built with cold-formed steel shapes. Therefore, the purpose of this project was the evaluation of the mechanical behavior of welded joints in steel sections cold-formed, designed for homes up to 3 floors in the DMQ. Consequently, it was necessary to analyze the steel base material cold-formed, types of welded joints, welding processes used, types of steel structures, standards used in materials and welding processes. We determined, through mechanical and metallographic tests, what kind of material is being used in metal buildings. Additionally, structural imitations were built where specimens were removed for destructive mechanical testing and non-destructive in laboratories at the "Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE". In these tests results were analyzed and we established the effect on the mechanical properties produced by welding

and finally, we were allowed to know the quality and the impact of the procedures used in construction of steel structures.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, los estudios en el DMQ acerca de los perfiles conformados en frío son escasos, y no cuentan con la suficiente sustentación técnica básica para implementarlos de manera confiable en la construcción de estructuras metálicas, refiriéndonos al estudio de soldadura en perfiles conformados en frío, es decir verificar que las propiedades mecánico metalúrgicas en la soldadura de dichos perfiles, cumplan los requisitos necesarios para obtener una estructura sin falencias, sin considerar que no hay una norma ecuatoriana en nuestro idioma que regule dichos procedimientos de acuerdo a exigencias geológico ambientales de nuestro entorno.

Este estudio parte del análisis de los materiales utilizados. Uno de los objetivos es determinar la calidad de materiales disponibles en nuestro medio. Para ello, se identificará el cumplimiento de las normas estipuladas, de acuerdo a sus propiedades mecánicas. Una de las tareas es la calificación del material más usado, ASTM A36.

Nuestro estudio analizará los tipos de juntas soldadas con perfiles comúnmente conformados en frío, con espesores de 2 a 6 milímetros usados en el Distrito Metropolitano de Quito para la construcción de edificaciones para viviendas con estructuras metálicas.

En este proceso, se ejecutaron ensayos destructivos de tracción y doblado; ensayos no destructivos de inspección visual y de líquidos penetrantes. También se practicaron ensayos metalúrgicos antes y después de la soldadura en las principales juntas usadas en las estructuras metálicas para edificaciones con perfiles de acero conformado en frío, considerando sus distintos procesos de soldadura usados comúnmente, aplicados tanto en taller como en montaje, realizado por un soldador con experiencia en construcciones metálicas para viviendas. Los procesos en los que nos centramos son SMAW y GMAW.

CALIFICACIÓN MATERIAL BASE CONFORMADO EN FRÍO ASTM A36

El control de calidad de los productos de acero comprenderá, en cada caso, la comprobación de las características relativas a:

- a) Sus características geométricas, según norma INEN 1623.
- b) Sus principales características mecánicas, según norma ASTM A36, AISI S100.
- c) Su microestructura, según la norma ASTM E3 y ASM Handbook (Manual) volumen 9.
- d) Su composición química, según la norma ASTM A36.

Sector / Características Mecánicas	Norte		Centro		Sur	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
Características geométricas	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
Características mecánicas	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Microestructura	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Composición Química	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

SELECCIÓN DE JUNTAS Y PROCESOS DE SOLDADURA

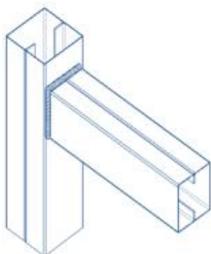
Los tipos de juntas soldadas seleccionadas para nuestro estudio se enfocaran a la formación de columnas y vigas con perfiles y las conexiones posibles entre columnas y vigas con perfiles conformados en frio con los procesos de soldadura SMAW y GMAW.



**Soldadura de penetración abierta en "v"
(columna, viga) Sector Sur Hilluc**



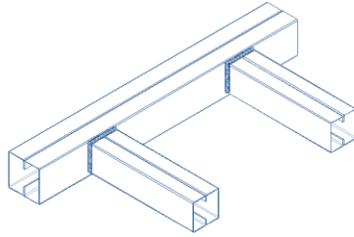
**Soldadura CJP a tope (columna-viga)
Sector Norte-La Carolina**



**Soldadura a filete (conexión
columna-viga)**



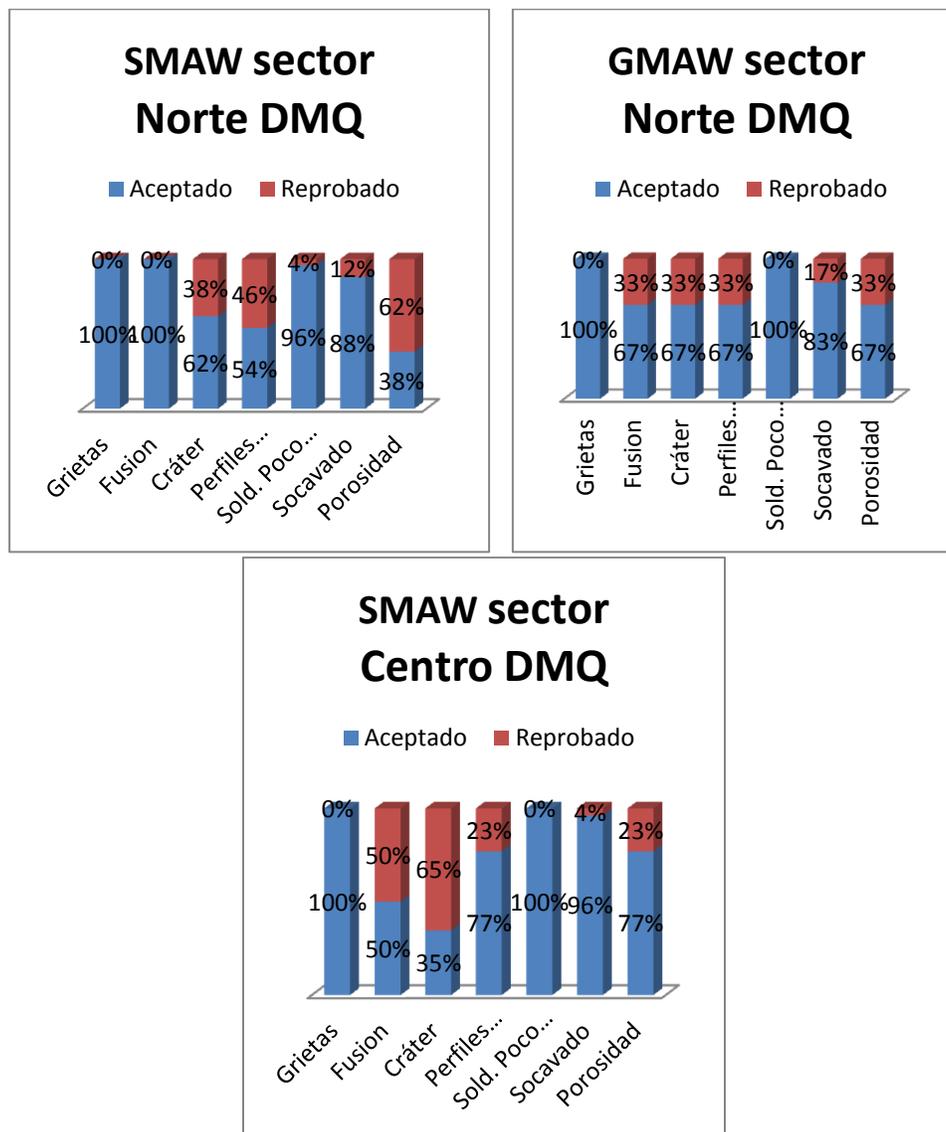
**Soldadura CJP a tope (conexión columna-
columna, viga-viga) Sector Sur-Hilluc**

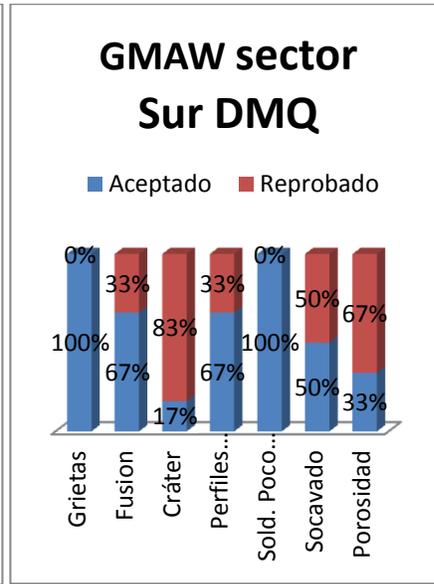
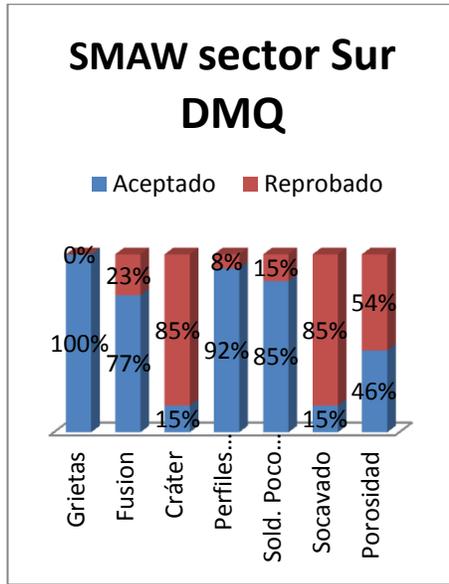


Soldadura filete (conexión viga principal - viga secundaria)

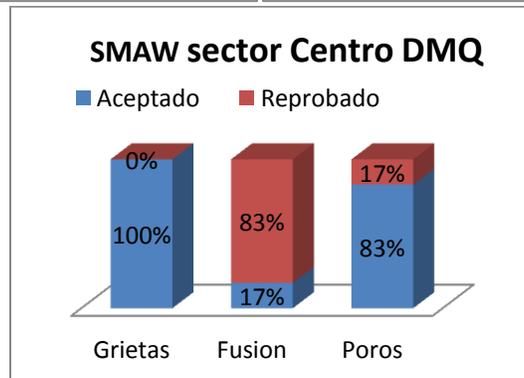
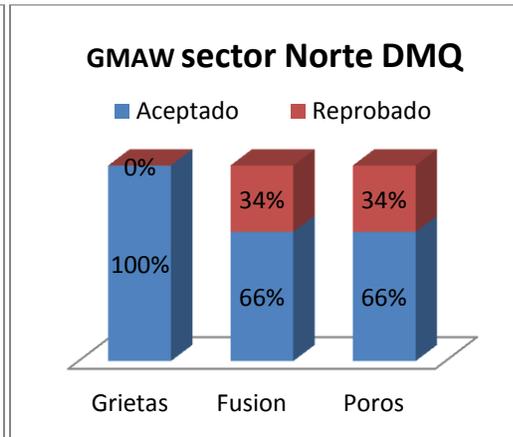
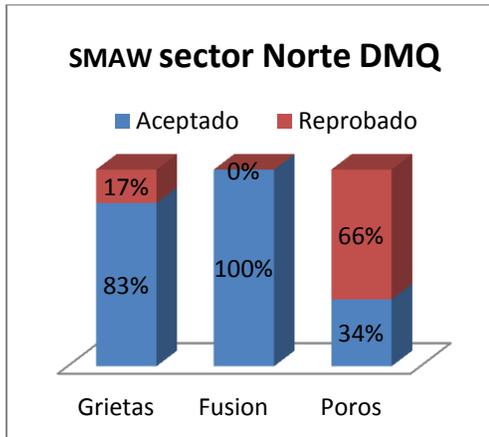
ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS, MECÁNICOS, METALÚRGICOS

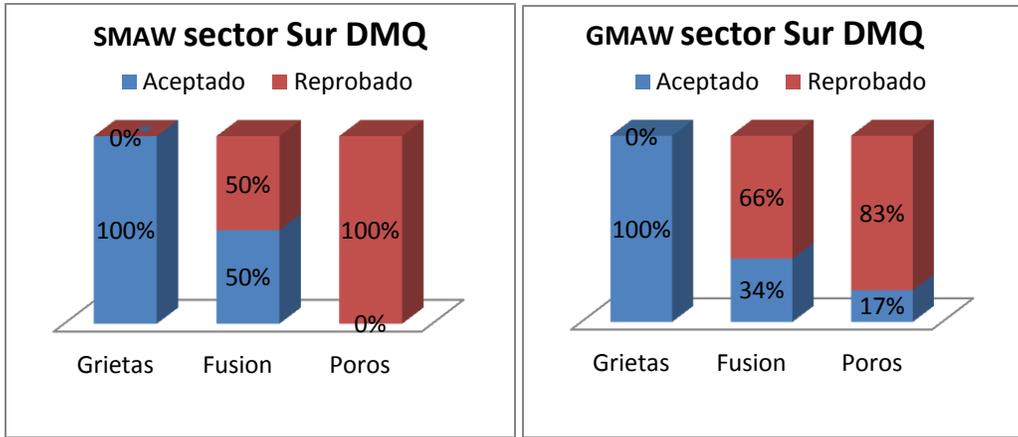
ANÁLISIS INSPECCIÓN VISUAL





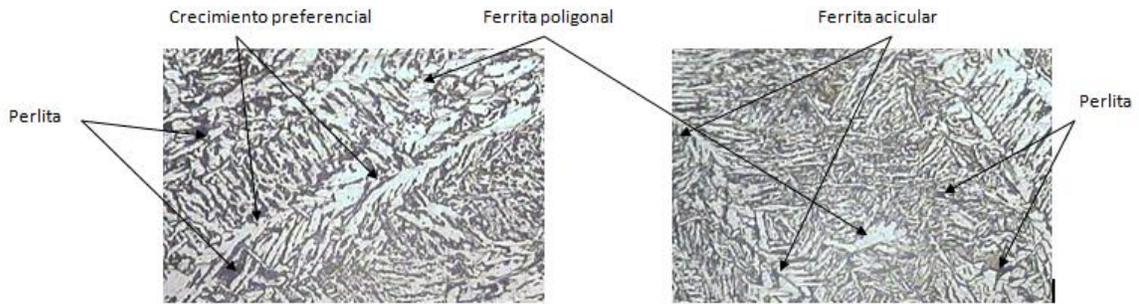
ANÁLISIS LÍQUIDOS PENETRANTES



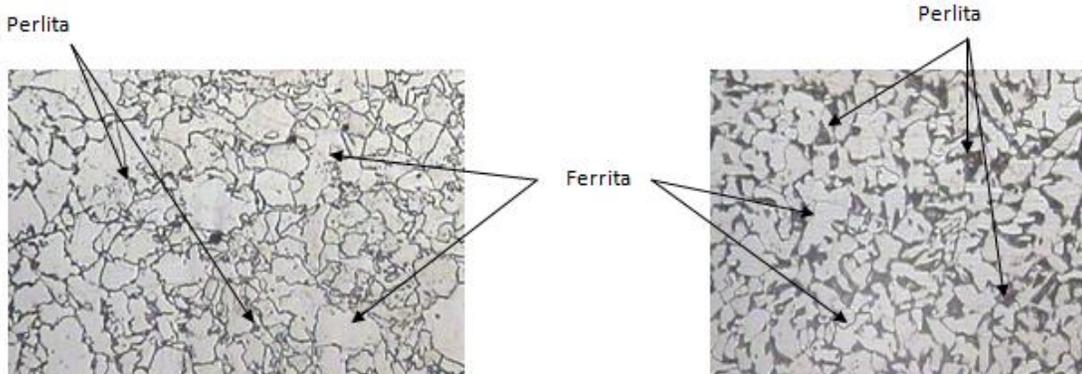


ANÁLISIS ENSAYOS METALGRÁFICOS

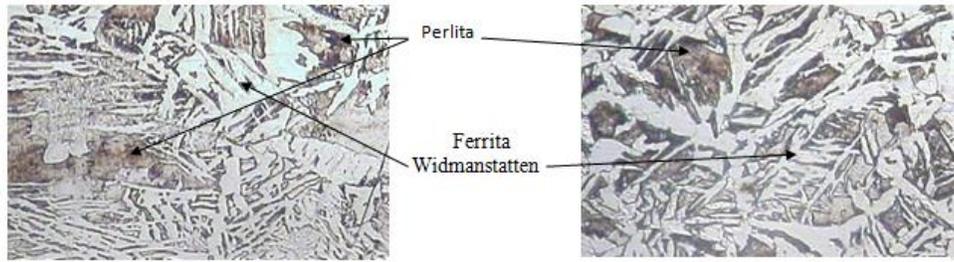
Zona Soldadura



Zona afectada por el calor



Zona afectada por el calor (línea de fusión)



Zona de material base



ANÁLISIS ENSAYOS DE TRACCIÓN

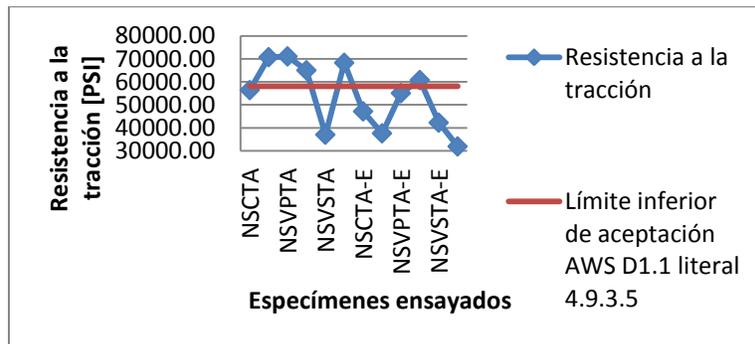


Grafico de Aceptación en ensayos de tracción soldadura SMAW sector Norte DMQ

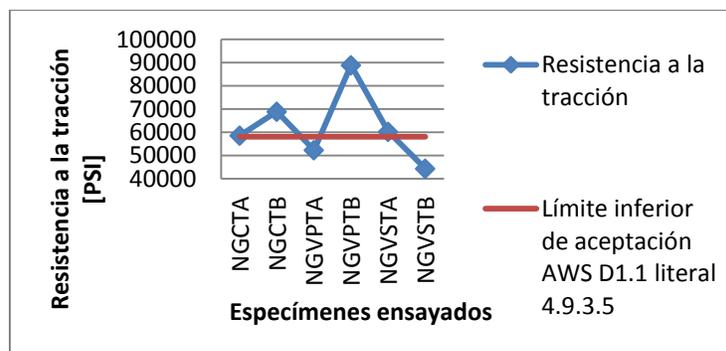


Grafico de Aceptación en ensayos de tracción soldadura GMAW sector Norte DMQ

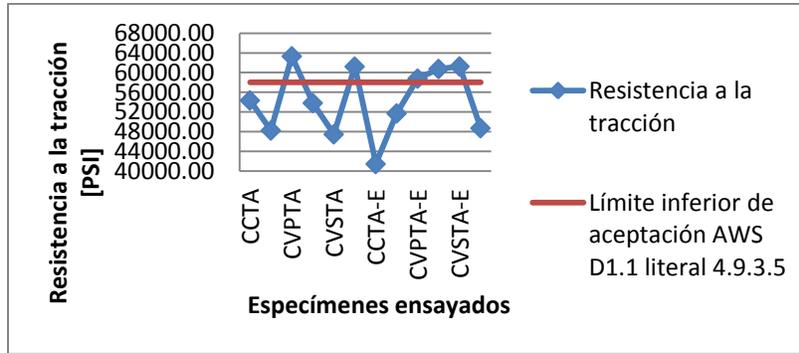


Grafico de Aceptación en ensayos de tracción soldadura SMAW sector Centro DMQ

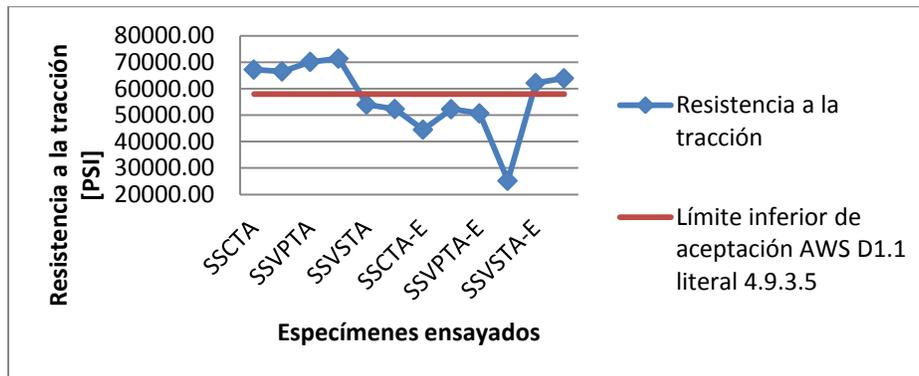


Grafico de Aceptación en ensayos de tracción soldadura SMAW sector Sur DMQ

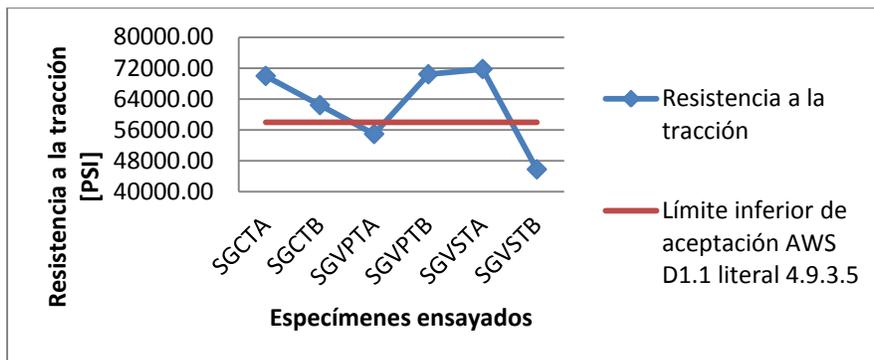
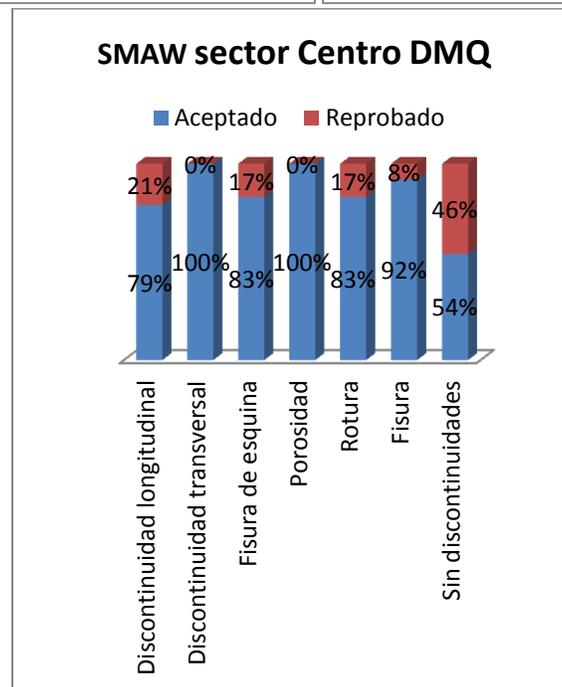
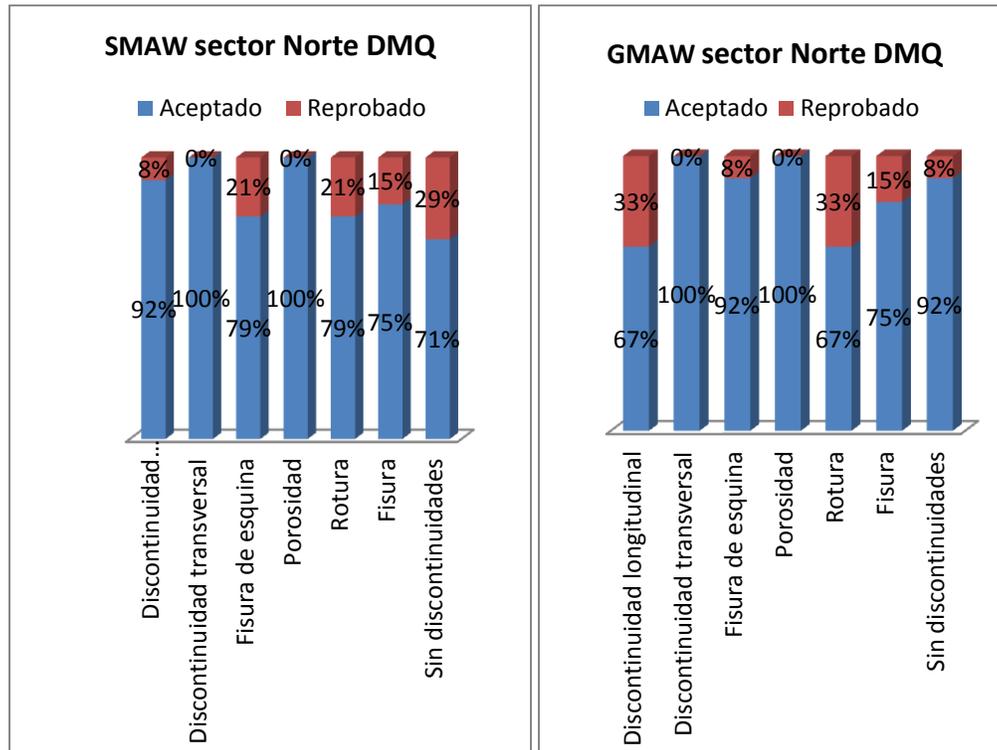
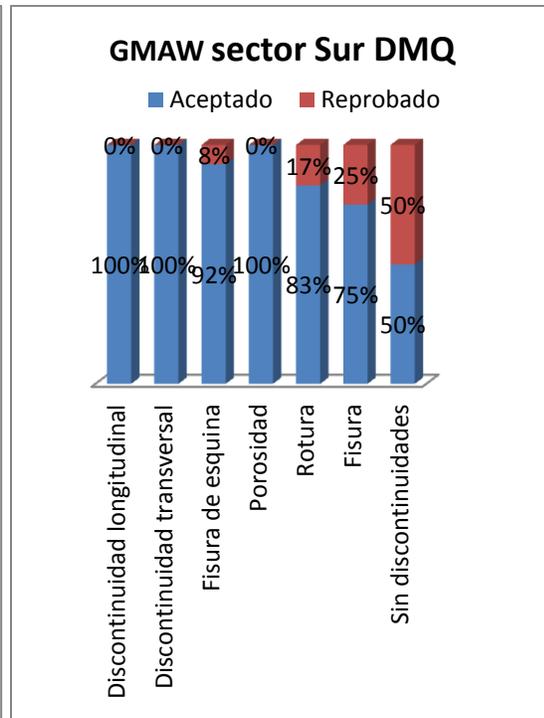
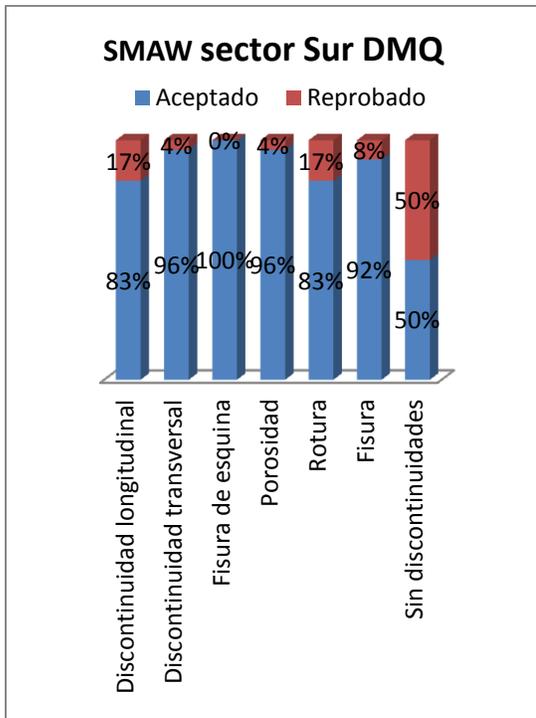


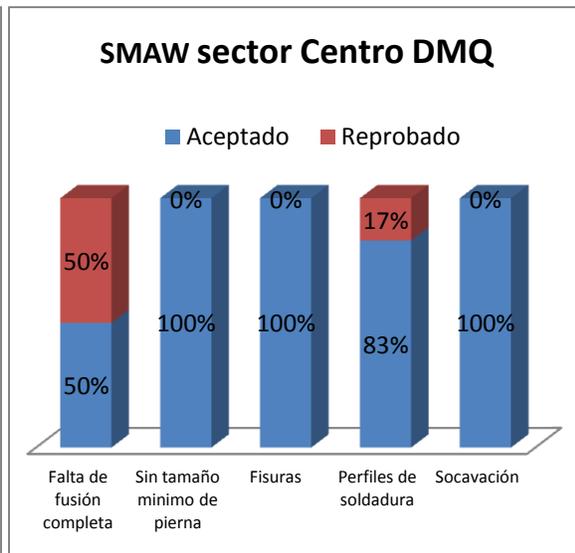
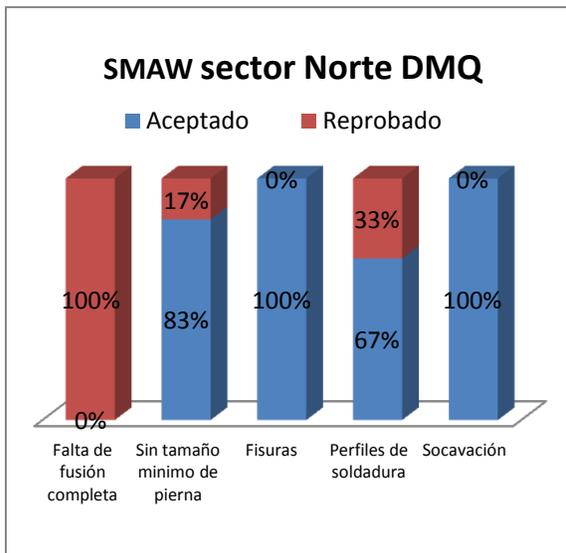
Grafico de Aceptación en ensayos de tracción soldadura GMAW sector Sur DMQ

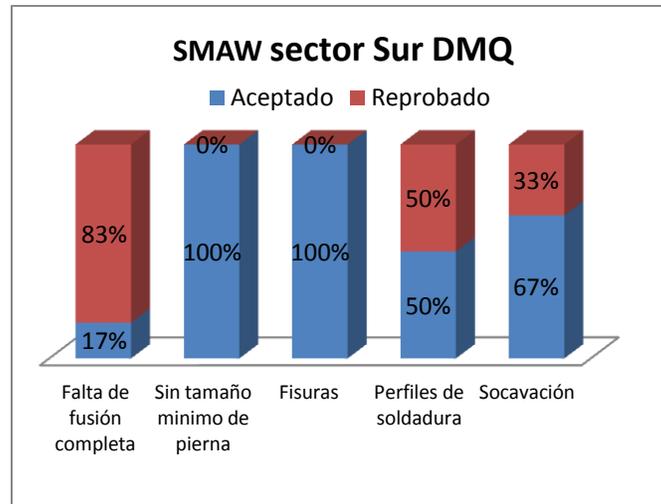
ANÁLISIS ENSAYOS DE DOBLADO





ANÁLISIS ENSAYOS DE FILETE





CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio son desfavorables, debido a que un gran número de probetas no cumplieron los requerimientos mínimos que dictan las distintas normas mencionadas a lo largo del documento.
- La calificación del material ASTM A36 obtenidos de construcciones en diferentes sectores del DMQ, dio resultados satisfactorios, con base en los ensayos químicos, metalúrgicos y mecánicos. El material analizado cumple con los requisitos que estipulan las normas.
- La única falencia que tienen los perfiles conformados en frío usados en el DMQ son debido a parámetros geométricos, según la norma NEC 1623. La principal falencia es su forma de fabricación, ya que estamos usando perfiles conformados en frío en base a planchas laminadas en caliente. La tendencia del proceso de fabricación es a fallar en dimensiones geométricas,
- Los procesos de soldadura SMAW y GMAW usados para construcciones son aptos para acero el ASTM A36, siempre y cuando se sujeten a las normas y recomendaciones de acuerdo a cada proceso, pero no se toman las recomendaciones y los parámetros que deben regir los procesos para una soldadura de calidad. Por ejemplo, no se están transportando ni secando térmicamente los electrodos E7018, lo cual crea fisuras y porosidad por la presencia de humedad, así como la mala elección de electrodos E6011, que no son aptos para construcciones de estructuras metálicas, teniendo en cuenta que la norma D1.8 especifica claramente que para evitar micro fisuras generadas por el efecto HIC, se debe usar electrodos de bajo hidrógeno para conservar la seguridad sísmica necesaria en el DMQ.

- Los datos obtenidos de los ensayos mecánicos, ensayos de doblado y ensayos de macro-ataque son desfavorables, ya que el 50%, 61% y 72% de las probetas ensayadas respectivamente, fallaron. Esto refleja la deficiencia de la soldadura siendo el foco de fallo las discontinuidades o defectos encontrados en la soldadura como ser poros, falta de fusión, grietas y socavados, entre otros.
- A nivel estructural, un defecto importante en las juntas de columna-viga y viga principal-viga secundaria, es la falta de fusión que se observó en los ensayos de macro-ataque, siendo el problema principal para que la junta falle en caso de un sismo. Es decir, la habilidad del soldador es predominante y hay que tener mayor control en este tipo de juntas.
- El control de soldadura debería hacerse continuamente tanto al proceso (WPS) como al soldador (calificación del soldador) y no solo al momento de la calificación de los mismos, para que los soldadores realicen de manera eficaz la ejecución de las juntas soldadas. De no ser así, los soldadores no tomarían la suficiente responsabilidad para ejecutar soldaduras de alta calidad.
- Cuando una junta soldada es sometida a un ensayo de tracción lo esperado es que la falla a la tracción ocurra en el material base, dando a conocer que la junta se encuentra bien ejecutada. El 95% de nuestros ensayos de tracción fallaron en el área de la soldadura, concluyendo que existe déficit en casi toda la estructura metálica.