



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ANÁLISIS DE SOLDADURAS DEL ARMAZÓN FRONTAL DE LA CARROCERÍA DE UN BUS INTERPROVINCIAL PARA VERIFICAR SU RESISTENCIA DEBIDO A LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS EN LOS PUNTOS DE UNIÓN ESTRUCTURAL

AUTOR: LUIS FELIPE JIMÉNEZ PRUNA
DIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ.

2018





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los requerimientos actuales para la homologación y acreditación de empresas carroceras exigen una mejora en el proceso de diseño y producción de carrocerías, motivo por el cual la industria carrocera requiere de un estudio más profundo de los productos para optimizar los procesos de fabricación.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

JUSTIFICACIÓN

Para la Universidad contribuirá en su vinculación con áreas investigativas, esperando formar futuros profesionales que podrán generar nuevas fuentes de empleo, además la profundización de la investigación puede generar publicaciones en revistas especializadas mediante artículos.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVO GENERAL:

Analizar las soldaduras del armazón frontal de una carrocería de un bus interprovincial basada en ensayos destructivos y no destructivos para determinar los esfuerzos producidos en los puntos de unión estructural, que contribuyan a la conservación y aseguramiento de la calidad funcional de todo el sistema.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Obtener la información teórica para el desarrollo del proyecto de investigación.
- Investigar sobre Normativas Técnicas de Estándares Nacionales e Internacionales de soldaduras aplicadas a estructuras metálicas.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar ensayos destructivos (tracción) de juntas soldadas pertenecientes al armazón frontal de la carrocería para determinar los esfuerzos producidos en los puntos de unión.
- Realizar ensayos no destructivos (inspección visual y líquidos penetrantes) de juntas soldadas pertenecientes al armazón frontal de la carrocería, con la finalidad de detectar discontinuidades superficiales.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Tabular los datos obtenidos de los ensayos destructivos y no destructivos realizados a las probetas de pruebas y juntas.
- Evaluar y analizar los datos tabulados para determinar la resistencia que presentan las juntas de unión estructural.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

HIPÓTESIS:

¿Las juntas que pertenecen al armazón frontal del bus interprovincial resisten los esfuerzos a los que están sujetos?





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CARROCERÍA

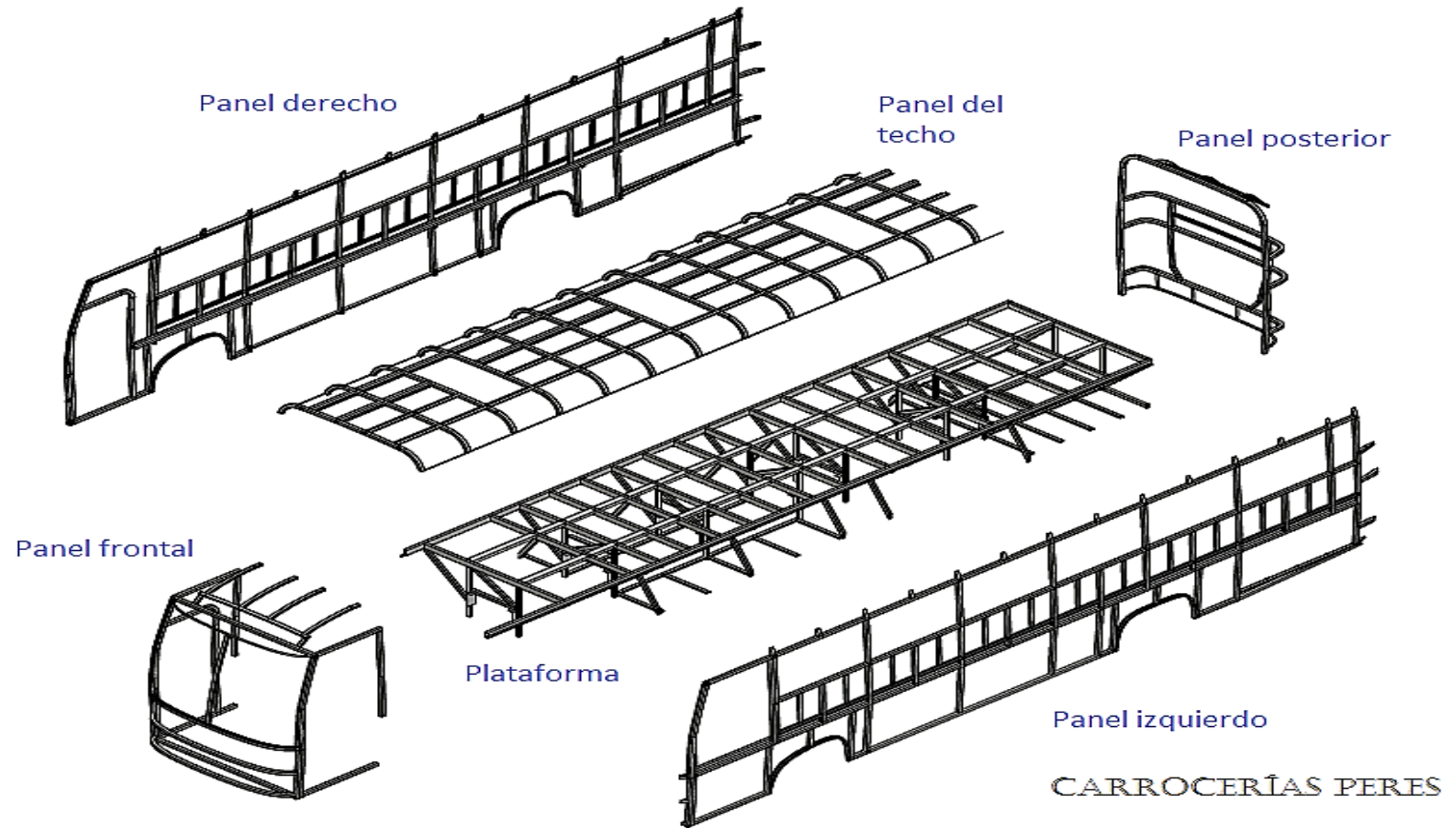
La carrocería es el armazón del vehículo, formado generalmente por planchas metálicas unidas entre sí, que constituye el apoyo de los elementos mecánicos y cuyo interior se destina al habitáculo para los pasajeros o las mercancías. (Gualdron Blanco & Luna Gómez, 2009)





ELEMENTOS DE UNA CARROCERÍA

- Armazón delantero
- Armazón central y posterior
- Armazón del piso



Paneles exteriores de la carrocería.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SOLDADURA

- Soldadura de arco de gas con electrodo metálico (GMAW)



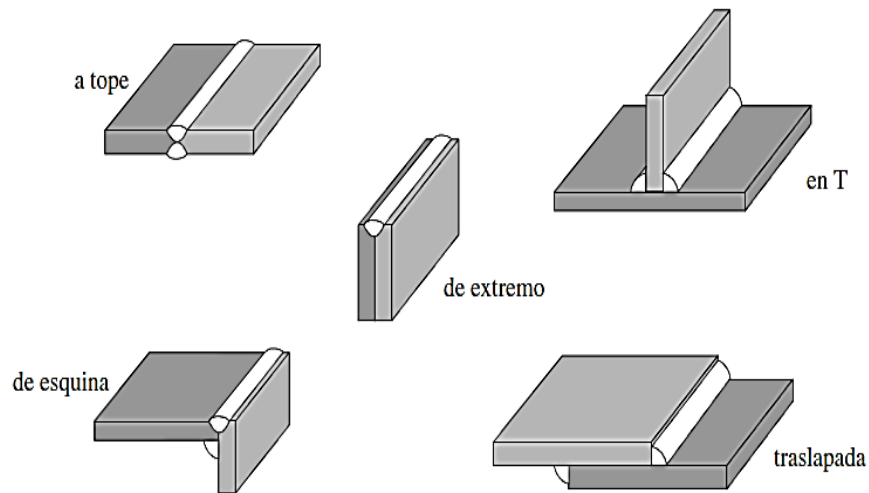
Soldadura de arco de gas con electrodo metálico (GMAW)

Fuente: (thefabricator, 2015)

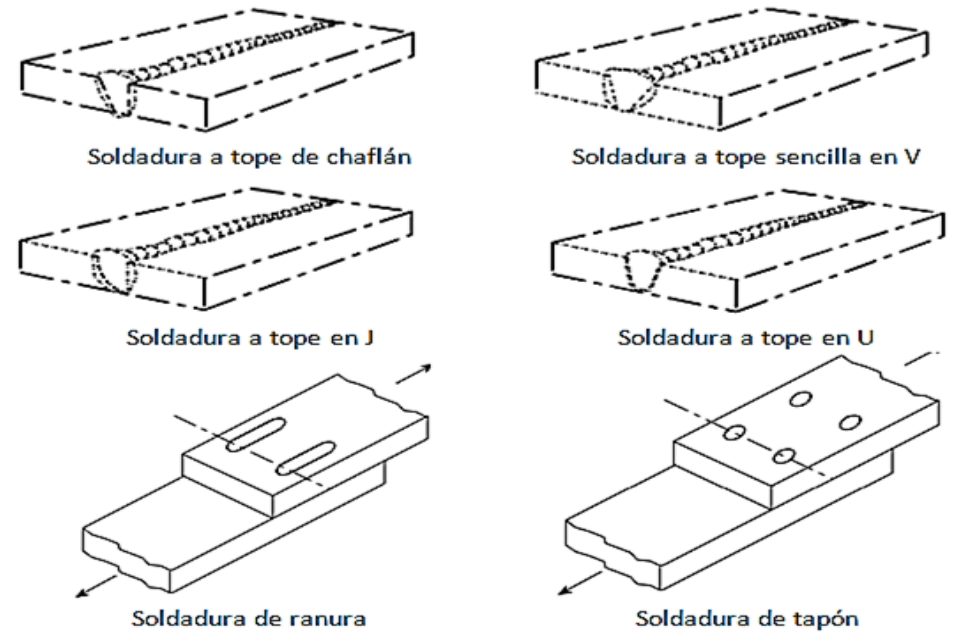




Juntas soldadas y tipos de soldaduras



Tipos de juntas soldadas
Fuente: (Norton L, 2011)

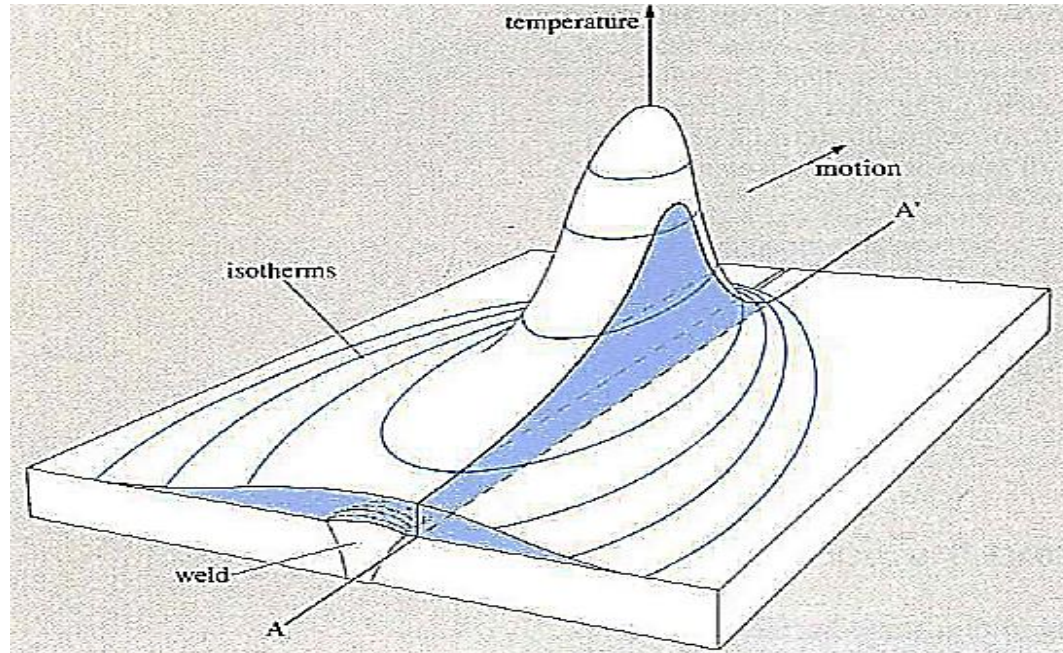


Ejemplos de tipos de soldadura
Fuente: (Instituto Técnico de la Estructura del Acero, 2000)





Flujo de la temperatura en soldaduras



Distribución de la temperatura alrededor de una soldadura típica

Fuente: (Suranaree University of Technology, 2007)





Defectos y discontinuidades en soldaduras

Discontinuidades Superficiales

- Exceso de penetración
- Falta de penetración
- Concavidad externa o falta de relleno
- Quemón
- Salpicaduras
- Falta de continuidad del cordón





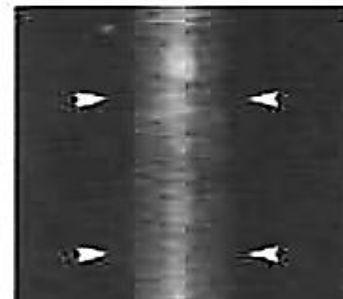
Defectos y discontinuidades en soldaduras

Discontinuidades Internas

- Fisuras



- Falta de fusión



Soldadura con fisuras
Fuente: (Almeida, 2015)





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Métodos de pruebas para juntas soldadas

Ensayos Destructivos

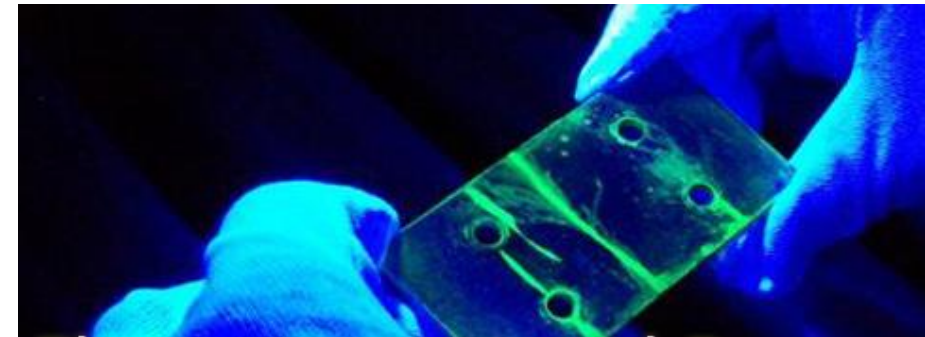
Tracción



Ensayo No Destructivos

Inspección Visual

Inspección por líquido penetrante





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES, PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y RESULTADOS OBTENIDOS



Parte frontal seleccionada para obtención de los especímenes

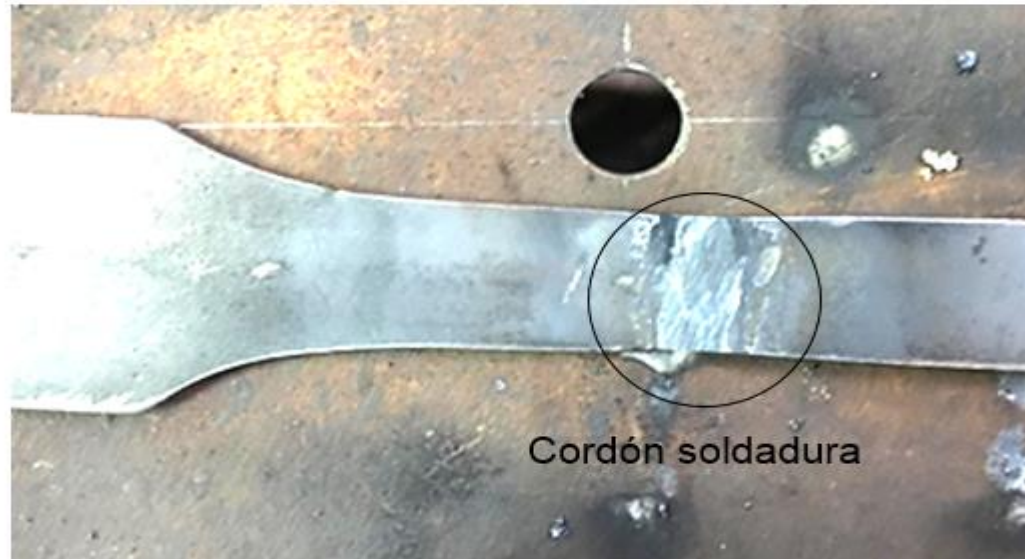




ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES, PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Elaboración de los especímenes



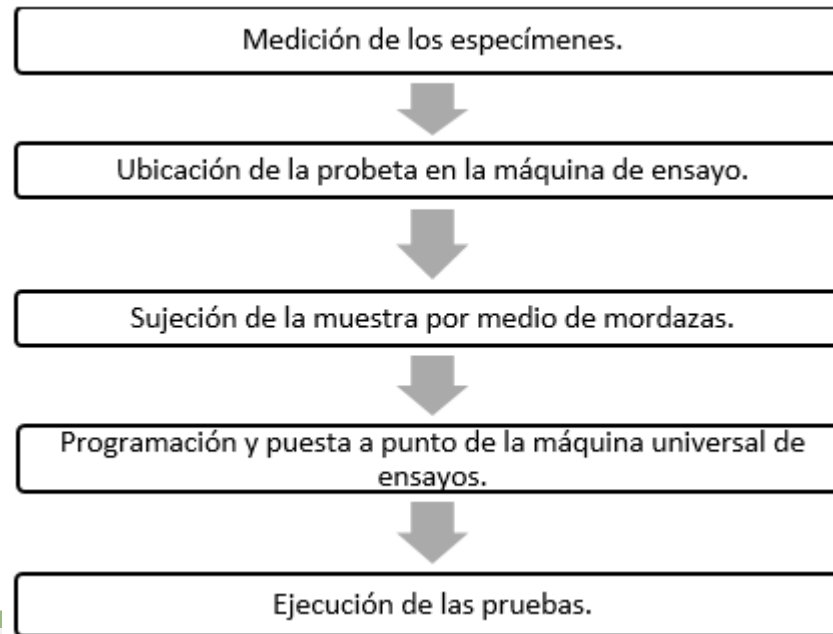
Especímenes para los ensayos destructivos





ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES, PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y RESULTADOS OBTENIDOS

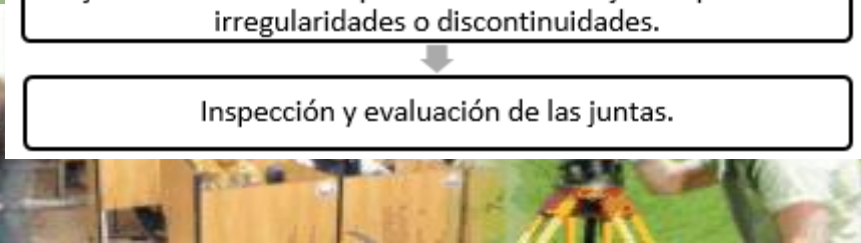
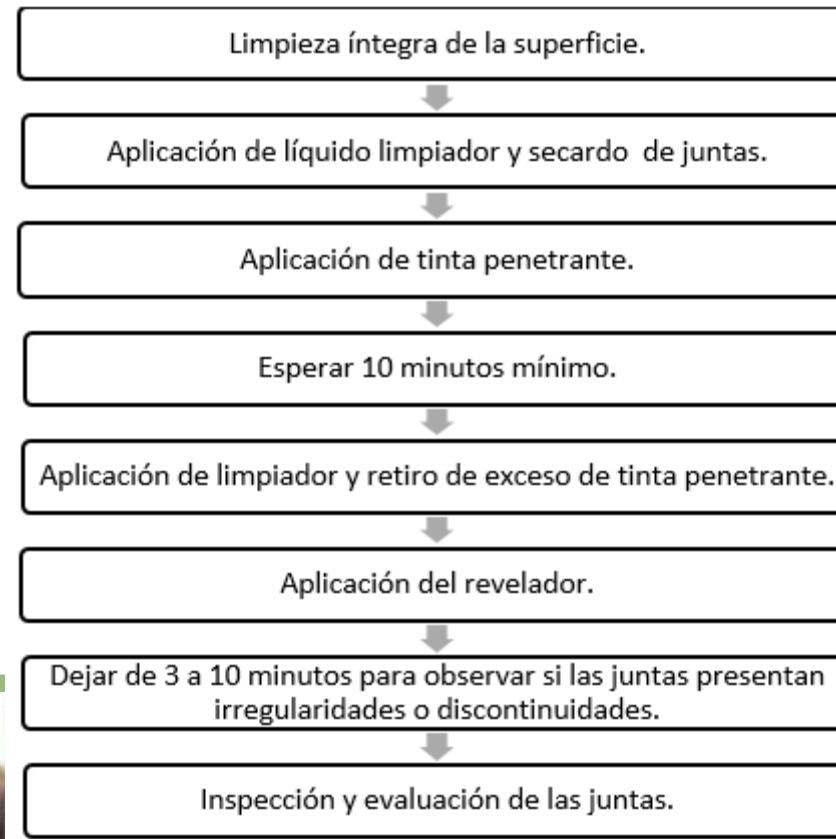
Procedimiento de prueba del ensayo destructivo (Tracción)





ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES, PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Procedimiento del ensayo no destructivo





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

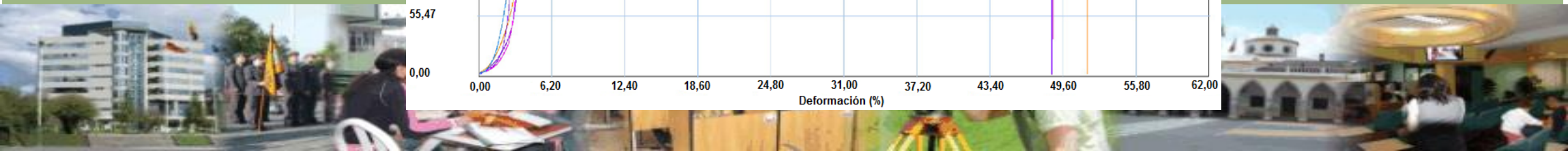
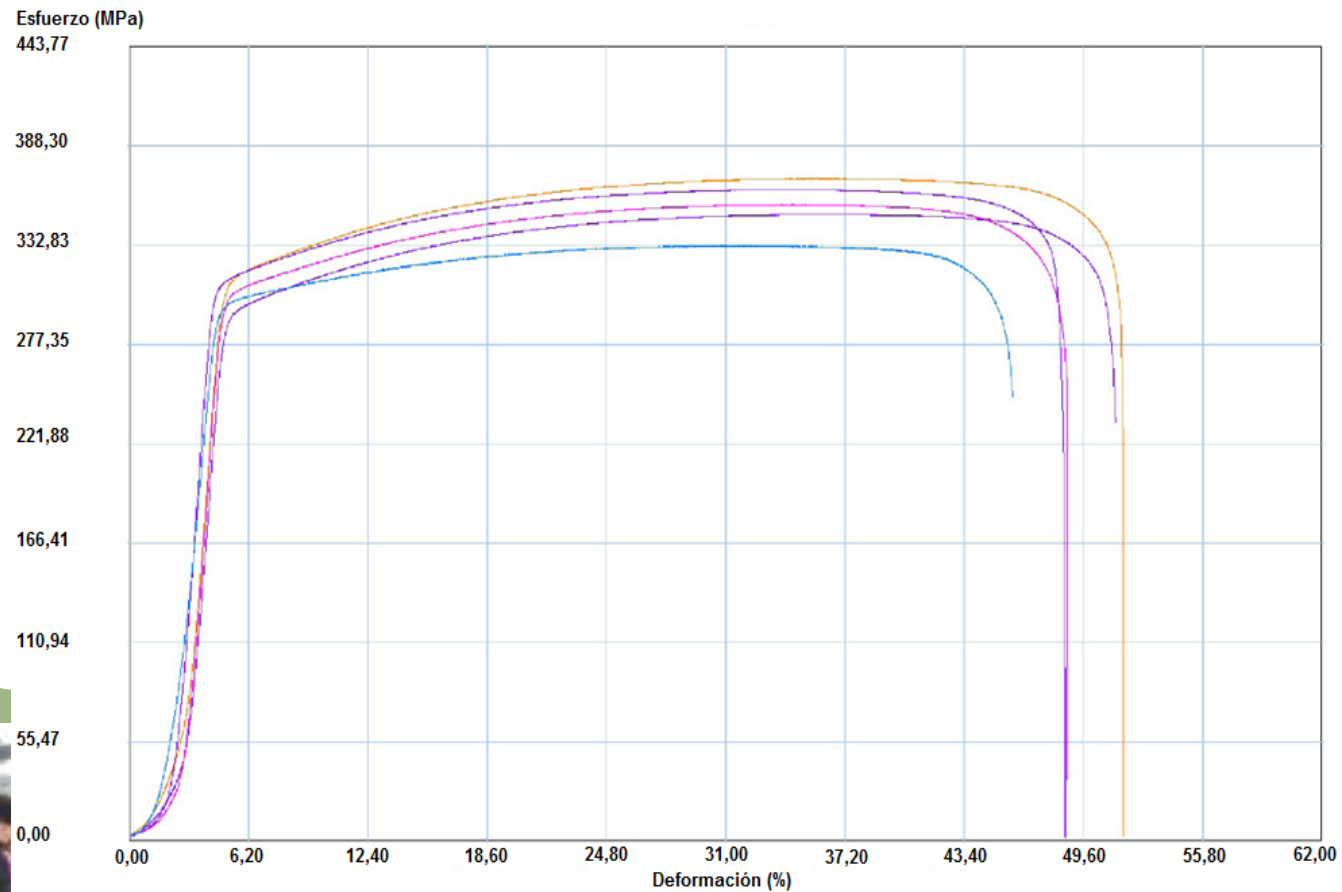
ANÁLISIS DE RESULTADOS





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados de los ensayos destructivos (Tracción)





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados de los ensayos destructivos (Tracción)

Resultados						
Probeta	Fuerza máxima. F _{máx} (N)	Fuerza cedencia. F _{Yield} (N)	Fuerza rotura. F _{Rot} (N)	Esfuerzo máximo. C _{Máx} (MPa)	Esfuerzo cedencia. C _{Yield} (MPa)	Esfuerzo rotura. C _{Rot} (MPa)
■ 1	13206,25	10981,60	12060,76	369,81	304,99	337,73
■ 2	13116,31	11166,14	12284,80	363,78	309,70	340,72
■ 3	13215,71	11006,78	12504,12	349,97	291,48	331,13
■ 4	13204,67	11243,45	12022,89	355,45	302,66	323,64
■ 5	13151,02	11735,73	12007,11	332,76	296,95	303,82
Media	13178,792	11208,740	12175,936	354,355	301,155	327,408





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados ensayos no destructivos (Inspección Visual y Líquidos penetrantes)

Resultados ensayos no destructivos

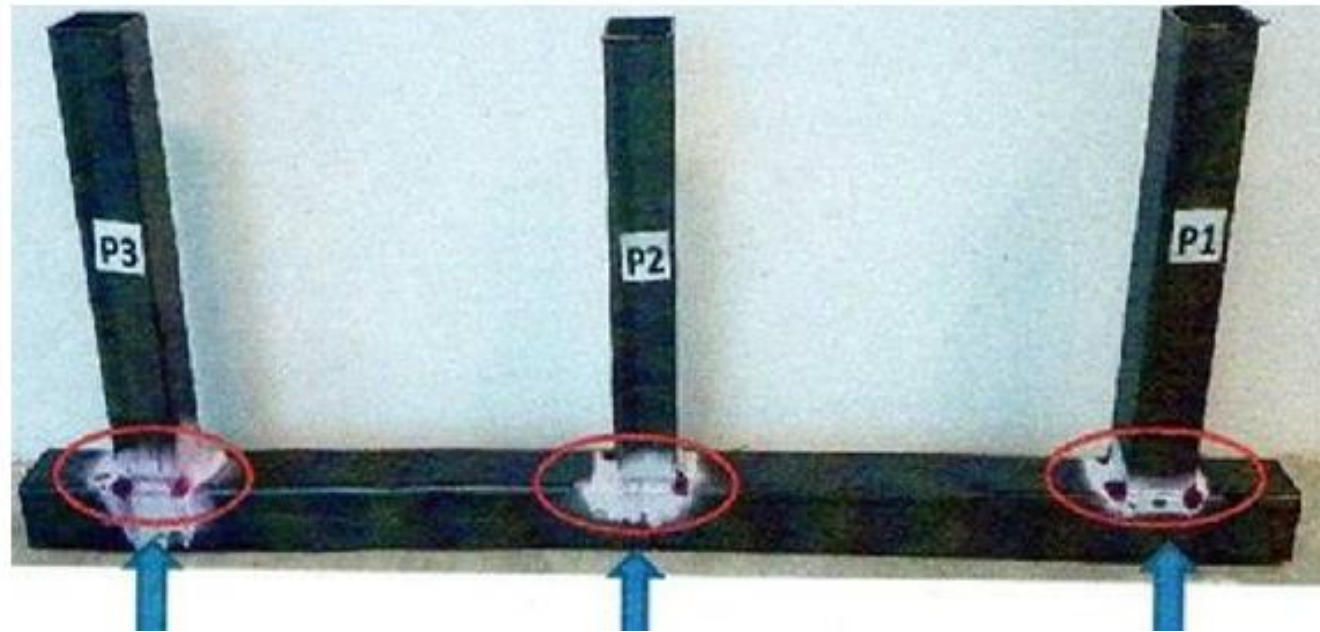
Descripción de la inspección mediante líquidos penetrantes (PT)					
Resultados de la evaluación			Norma criterio de aceptación o rechazo:		AWS D1.1/D1-1M-2010 Código de soldadura estructural – Acero.
Indicaciones encontrada	Dimensiones de las indicaciones (mm)			APROB. FINAL	Comentarios finales
	Indicación	Indicación	∅/LONG.		
P1	Ninguna	Ninguna	Si	Aceptado	No se encuentra defectos en la soldadura solo por parte del proceso.
P2	2 socavados	1mm, 2mm	No	Rechazado	Se encontró un defecto repetido en la soldadura.
P3	Poros	2,6 mm	No	Rechazado	Se encontró una discontinuidad en la soldadura.





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados ensayos no destructivos (Inspección Visual y Líquidos penetrantes)



Juntas de soldaduras a analizar





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados ensayos no destructivos (Inspección Visual y Líquidos penetrantes)

Junta de soldadura P1

De acuerdo a la Norma: AWS D1.1/D1-1M-2010, Código de soldadura estructural – Acero, Sección 4.8.1., la junta de soldadura P1 es aceptable por Inspección Visual y por el método de Tintas Penetrantes como métodos de ensayo no destructivos, no se encuentra defectos en la soldadura por parte del proceso.





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados ensayos no destructivos (Inspección Visual y Líquidos penetrantes)

Junta de soldadura P2

De acuerdo a la Norma: AWS D1.1/D1-1M-2010 Código de soldadura estructural – Acero, la junta de soldadura P2 es aceptable por Inspección Visual, pero mediante el método de Tintas Penetrantes se encontró un defecto repetido en la soldadura.

En la junta de soldadura P2 se evidencia dos socavados inaceptables, esta indicación es rechazada debido a que es un defecto de la soldadura por parte del proceso.





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados ensayos no destructivos (Inspección Visual y Líquidos penetrantes)

Junta de soldadura P3

De acuerdo a la Norma: AWS D1.1/D1-1M-2010 Código de soldadura estructural – Acero, la junta de soldadura P3 es aceptable por Inspección Visual, pero mediante el método de Tintas Penetrantes se encontró una discontinuidad en la soldadura.

En la junta de soldadura P3 se evidencia un poro, esta indicación es rechazada debido a que es un defecto. El diámetro del poro es de 2,6 mm.





CONCLUSIONES

Con la investigación llevada a cabo se pudo encontrar que una discontinuidad o irregularidad presente en una soldadura, ya sea perteneciente a la estructura de la carrocería o a cualquier otra estructura soldada, genera una deficiencia en las propiedades mecánicas del material, en este caso no se cumpliría al cien por ciento con las características que permitan garantizar que no se presenten fallas en el sistema estructural.





CONCLUSIONES

El esfuerzo a la cedencia mínimo obtenido en el ensayo destructivo es de 291,48 MPa perteneciente a la muestra 3, esto indica que el espécimen pasa rápidamente a la zona plástica en comparación a las demás probetas y comienza a deformarse permanentemente; el esfuerzo máximo a la rotura experimentado es de 340,72 MPa, menor a 400 MPa que es el esfuerzo a la tensión del metal base como lo establece la Norma AWS D1.1: 2000 (El esfuerzo permisible puede ser menor o igual al esfuerzo del metal base), esto ocurre en la probeta 2, pues la fuerza aplicada para que se produzca la falla de la soldadura es de 12284,80 N.





CONCLUSIONES

La variación en los resultados de acuerdo se debe a que durante el proceso de soldadura se producen discontinuidades metalúrgicas que alteran las tensiones en la zona de soldadura. Además influyen en la variación de resultados la zona afectada por el calor, las características isotrópicas del material, los parámetros de pruebas, etc.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

Las propiedades de la soldadura obtenidas de los ensayos destructivos presentan una reducción del 25 % en lo que respecta a la resistencia a la cedencia y de un 26 % en lo relativo al esfuerzo máximo, esto se debe a la zona afectada por el calor.





CONCLUSIONES

Los especímenes 1, 2 y 4 presentan valores altos en comparación a las probetas 3 y 5 en lo que respecta al límite de resistencia a la cedencia con valores de 304,99 MPa, 309,70 MPa y 302,66 MPa respectivamente, estos valores se aproximan a 320 MPa que es el límite de resistencia a la cedencia del metal base, lo cual se considera aceptable, este dato importante sirve para analizar la estructura desde el punto de vista de seguridad estructural.





CONCLUSIONES

Los especímenes 3 y 5 muestran valores inferiores de resistencia en comparación a las muestras 1, 2 y 4, por tal motivo el esfuerzo de rotura es inferior para cada caso con 331,13 MPa y 303,82 MPa respectivamente. De acuerdo a los diagramas Esfuerzo vs. Deformación ninguna de las muestras de ensayo presentan singularidades o caídas bruscas de esfuerzos, por lo que se consideraría como aceptable la calidad y proceso de soldadura realizado por parte de la empresa.





CONCLUSIONES

Los resultados de los ensayos destructivos demuestran que el proceso de soldadura utilizado en la empresa carrocera para la construcción de estructuras de buses es idónea, pues las propiedades mecánicas del material de aporte se aproximan a las del material base, lo cual es aceptable desde el punto de vista de seguridad y de acuerdo a las normativa AWS D1.1: 2000 que rige en la actualidad sobre soldaduras en estructuras metálicas.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

Los resultados de los ensayos no destructivos de acuerdo a la Norma: AWS D1.1/D1-1M-2010 Código de soldadura estructural – Acero, son aceptables por inspección visual, pero este método sólo permite realizar un análisis superficial mas no interno de la soldadura.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

Los especímenes P2 y P3 presentan defectos superficiales en las juntas de soldaduras, estos defectos se deben a una mala calidad en el cordón de soldadura. Esto se puede corregir con buenas prácticas especializadas en soldaduras de estructuras metálicas.





RECOMENDACIONES

Mejorar el proceso de soldadura por parte de la empresa carrocera para que las juntas soldadas pertenecientes al armazón estructural del bus no presenten defectos superficiales de soldaduras y presten la debida seguridad a los ocupantes del vehículo en el caso de un evento adverso.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECOMENDACIONES

La exactitud de resultados depende de la clase de máquina, extensómetro y exactitud de las dimensiones de la probeta, por lo que se debe cumplir con estos parámetros para que no haya una variación considerable en los resultados en el caso de pruebas destructivas.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECOMENDACIONES

Cumplir con lo requisitos y procedimientos de prueba establecidos en las normas vigentes de ensayos destructivos y no destructivos para que los resultados obtenidos sean validados.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones basadas en ensayos destructivos considerando todos los parámetros del material y los de ensayo tales como, naturaleza del material, geometría y preparación de la probeta, temperatura, técnicas de adquisición y análisis de datos.





RECOMENDACIONES

Realizar pruebas de ensayos destructivos y no destructivos con otros materiales de aporte aproximados al del material base, ya que de esta manera se mejoraría la unión entre el material base y el material de aporte para obtener un ensamble óptimo y seguridad en los puntos de unión que componen el sistema estructural.





RECOMENDACIONES

Realizar pruebas de ensayos destructivos y no destructivos con otros materiales de aporte aproximados al del material base, ya que de esta manera se mejoraría la unión entre el material base y el material de aporte para obtener un ensamble óptimo y seguridad en los puntos de unión que componen el sistema estructural.





RECOMENDACIONES

Interpretar detenidamente el diagrama esfuerzo-deformación del comportamiento del material de prueba en los ensayos destructivos, pues de no tener conocimiento en la interpretación se puede llegar a conclusiones erróneas de los datos obtenidos.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS

