

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA MAESTRÍA DE DISEÑO MECÁNICO

*Ensayos Mecánicos Aplicados a Uniones Soldadas
mediante suelda (SMAW; GMAW (MIG)) de Autobuses
de acuerdo a las normativas ISO de soldeo.*

UISEK



25 AÑOS

Autor:

Ing. Marcelo R González Gálvez

Dirigido por:

Ing. Msc. Paolo Salazar

Quito, Mayo 2018

INTRODUCCIÓN



- **OBJETIVO GENERAL:**
- Evaluar el uso de la normativa existente en la manufactura de carrocerías de bus usando un proceso siguiendo las normas ISO de soldeo para comparar el proceso SMAW y el proceso GMAW (MIG) de las juntas soldadas en estructura frontal de un bus.

- 
- Realizar probetas normadas de dichas juntas soldadas utilizando el material ASTM A36, manejando las normas ISO de soldeo, para realizar los ensayos destructivos y no destructivos.
 - Seleccionar que ensayos mecánicos destructivos y no destructivos según las normativas ISO utilizadas: ISO: ISO 5817, ISO 3452, ISO 6892-1, ISO 5173, ISO 6892, ISO 6506-1, ISO 9015-2, las cuales dejaran claro, que ensayo se deben realizar sobre las probetas obtenidas.

- 
- Según la rigurosidad del ensayo.
 - Según la naturaleza del ensayo.
 - Según la utilidad de la pieza después de ser sometida al ensayo.
 - Según la velocidad de aplicación de las fuerzas.

NORMAS ISO DE SOLDEO

- **ISO 5817** Norma Para La Inspección Visual De Juntas Soldadas.
- **ISO 3452** Norma Para La Inspección Con Tintas Penetrantes Para Juntas Soldadas.
- **ISO 6892** Parte 1 Norma Para Test De Tracción En Materiales Metálicos – Juntas Soldadas.
- **ISO 5173** Anexo A1 Norma Para El Ensayo De Doblado En Materiales Metálicos – Juntas Soldadas.
- **ISO 6506** Parte 1 Norma Para Test De Dureza BRINELL En Materiales Metálicos – Juntas Soldadas.
- **ISO 9015** Parte 2 Norma Para Test De Macro Estructura De La Junta Soldada.

ENSAYOS MECANICOS REALIZADOS.

ENSAYOS MECÁNICOS NO DESTRUCTIVOS:

- Inspección Visual
- Inspección Por Tintas Penetrantes

ENSAYOS MECÁNICOS DESTRUCTIVOS:

- Ensayo De Tracción.
- Ensayo De Flexión.
- Ensayo De Dureza.
- Ensayo De Macrografía.

MATERIAL BASE Y ELECTRODOS UTILIZADOS

- **Material Base: ASTM A-36**
 - Resistencia ultima a la tracción
475 MPa
- **Proceso SMAW: E6011**
 - Resistencia a la tracción
482.63 MPa
- **Proceso GMAW: ER70S-6**
 - Resistencia a la tracción
551.58 MPa
- **Avance de Soldadura: 110 a 140 mm / min**
- **Amperaje de Trabajo: 100 a 140 A**
- **Tensión de Trabajo: 30 a 35 V**

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

- Permiten analizar las piezas sin destruirlas ni deteriorarlas, persiguen fundamentalmente en detectar los fallos internos como son: poros, grietas, fisuras, segregaciones, etc.
- Se utilizan en el campo cuando es difícil o poco eficiente trasladar la pieza o estructura al laboratorio, reduciendo costos y empleando mano de obra calificada.

INSPECCIÓN VISUAL ISO 5817

- En la inspección visual lo que se prioriza es la detección de fallas en el cordón de soldadura, ya sean poros fisuras o grietas.
- Tanto como el numero de imperfecciones por cada 100 mm.
- El tamaño de la falla en mm por cada 100 mm.
- Y la distancia entre defectos en mm por cada 100 mm.

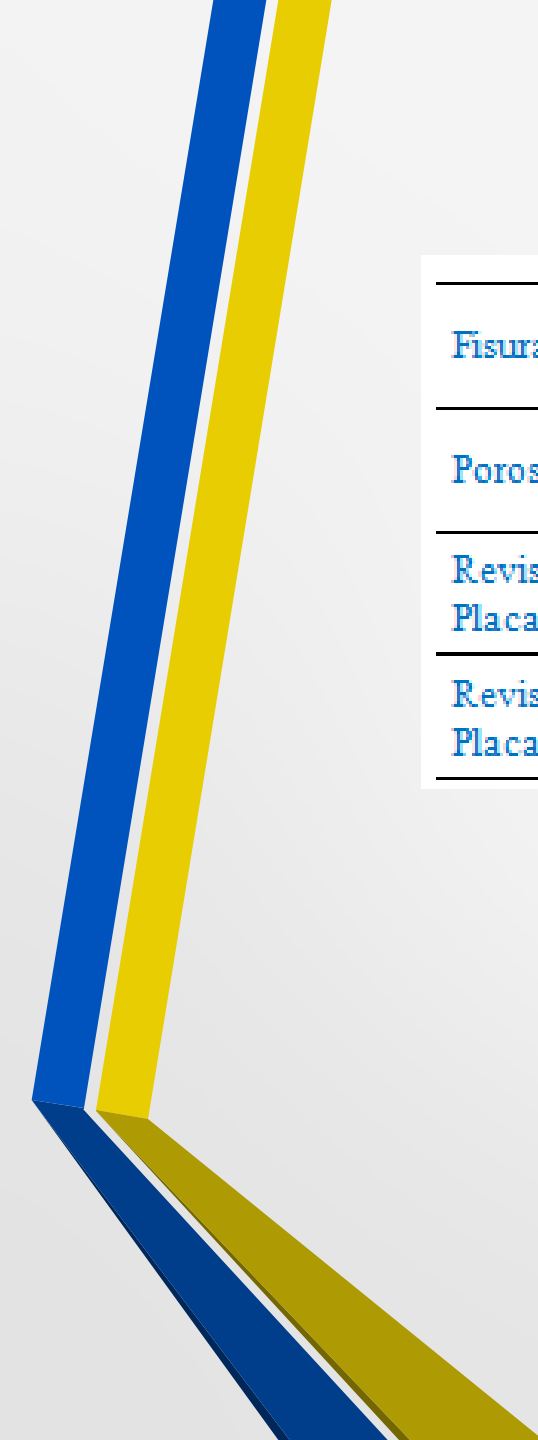
	Proceso De Soldadura SMAW		Proceso De Soldadura GTAW (MIG/MAG)	
	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
Prohibición De Grietas	X		X	
Fusión De La Soldadura Del Metal	X		X	
Cráteres En La Sección Transversal	X		X	
Perfiles De Soldadura	X		X	
Tiempos De Soldadura	X		X	
Disminución De Tamaño De Cordón De Soldadura	X		X	
Socavamiento	X		X	
Porosidades En El Cordón	X		X	

INSPECCIÓN POR TINTAS PENETRANTES

ISO 5817

- El ensayo por tintas penetrantes lo que busca es la identificación de fallas en el cordón de soldadura, que no hayan sido visualizadas en la revisión visual de la misma.
- Tanto como el numero de imperfecciones por cada 100 mm.
- El tamaño de la falla en mm por cada 100 mm.
- Y la distancia entre defectos en mm por cada 100 mm.

	Proceso De Soldadura SMAW		Proceso De Soldadura GTAW (MIG/MAG)	
	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
Prohibición De Grietas	X		X	
Fusión De La Soldadura Del Metal	X		X	
Cráteres En La Sección Transversal	X		X	
Perfiles De Soldadura	X		X	
Mínimo Número De Porosidades	X		X	
Disminución De Tamaño De Cordón De Soldadura	X		X	
Socavamiento	X		X	
Fisuras Encontradas En El Cordón	X		X	

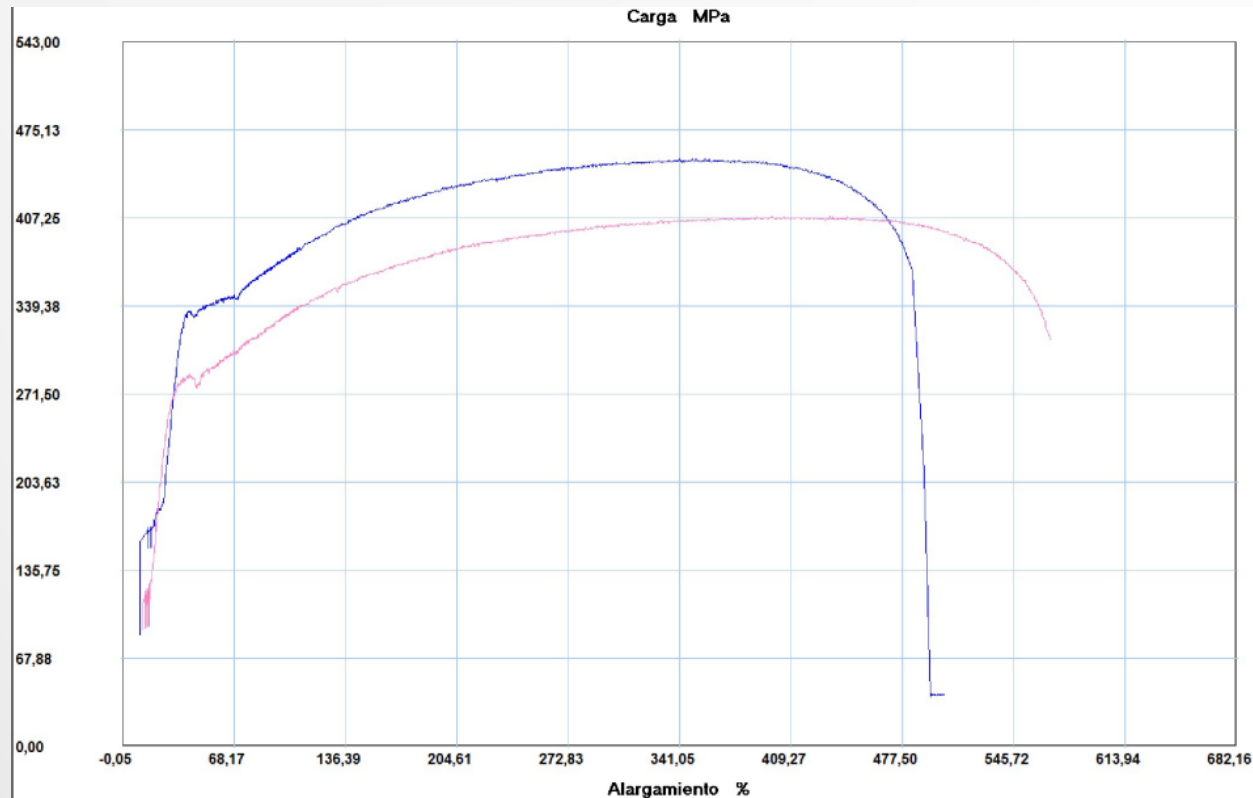


Fisuras Pasantes En El Cordón	X	X
Porosidades Pasantes En El Cordón	X	X
Revisión Por El Anverso De La Placa Base	X	X
Revisión Por El Reverso De La Placa Base	X	X

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

- Este tipo de ensayos son utilizados para ver las características mecánicas a fondo utilizando maquinas certificadas en un laboratorio, bajo condiciones especificas que dan resultados mas veraces y confiables.
- Al utilizar este tipo de ensayos se tienen que tener en cuenta que los cupones o probetas que son utilizadas serán prácticamente destruidas para conseguir los datos necesarios para la validación de cualquier proceso.

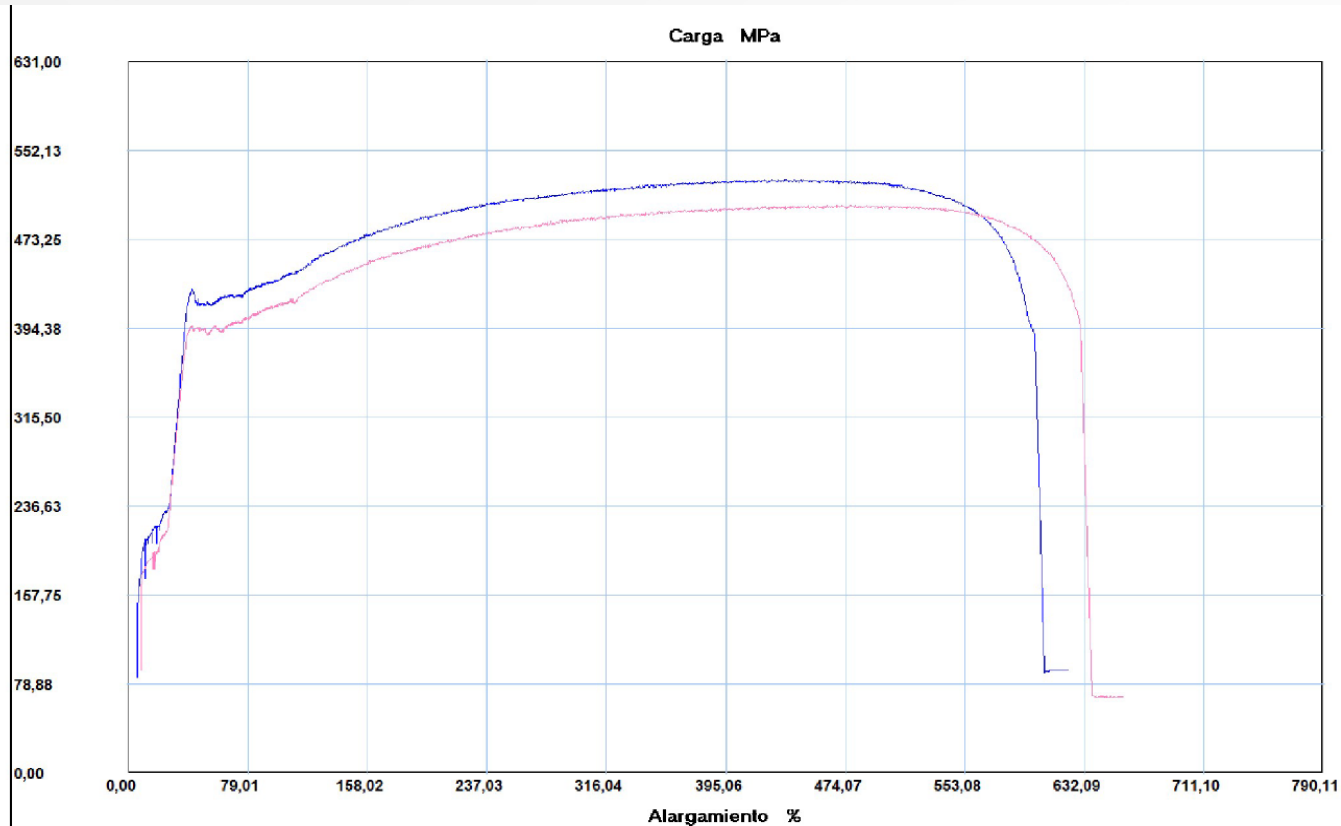
ENSAYO DE TRACCIÓN



- PROCESO SMAW

PROBETA	Fmax N	Frot N	Fyield N	CMax Mpa	CRot Mpa	C.Yield Mpa
1	27150,01	22850,00	20050,00	452,50	380,83	334,17
2	24500,00	18750,00	16900,00	408,33	312,50	281,67
Promedio	25825.005	20800.00	18475.00	430.415	346.67	307.92

ENSAYO DE TRACCIÓN



- PROCESO GMAW

PROBETA	Fmax N	Frot N	Fyield N	CMax Mpa	CRot Mpa	C.Yield Mpa
1	31550,01	25900,01	25450,00	525,83	431,67	424,17
2	30200,01	23800,00	23600,00	503,33	396,67	393,33
Promedio	30875.01	24850,005	24525,00	514,58	414,17	408,75

Norma ISO 6892
Fuerza Max
F(N)

26500,00

Norma ISO 6892
Carga Max
CMax (MPa)

400,00

Proceso GMAW (MIG/MAG)
Fuerza Max
F(N)

31550,01

30200,01

Proceso GMAW (MIG/MAG)
Carga Max
CMax (MPa)

525,83

503,33

Proceso SMAW
Fuerza Max
F (N)

27150,01

24500,00

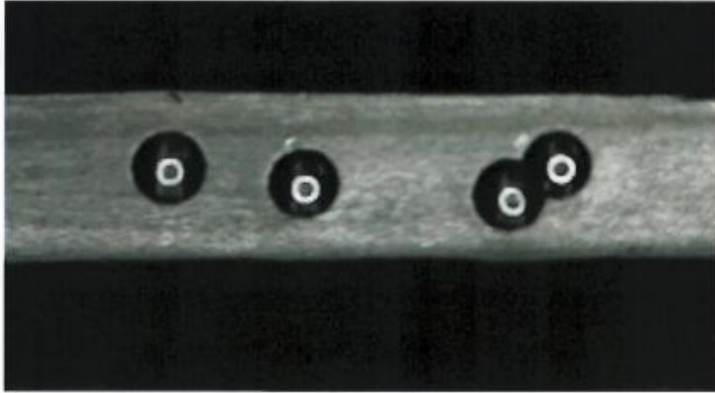
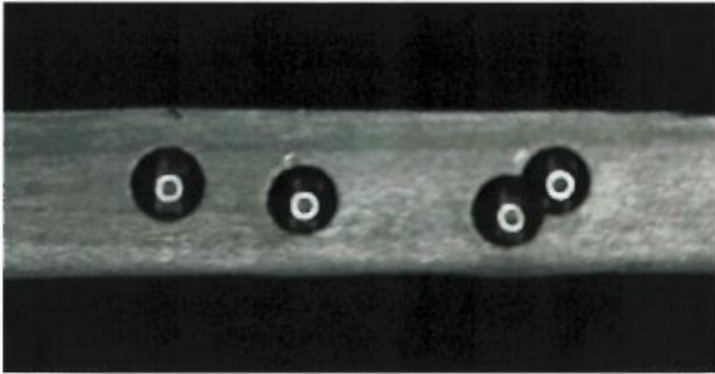
Proceso SMAW
Carga Max
CMax (MPa)

452,50

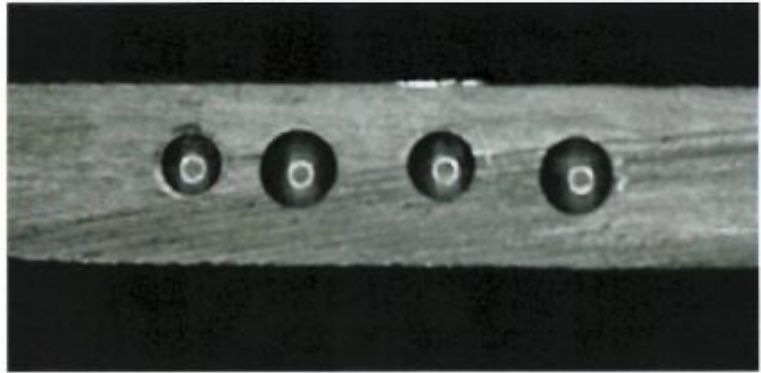
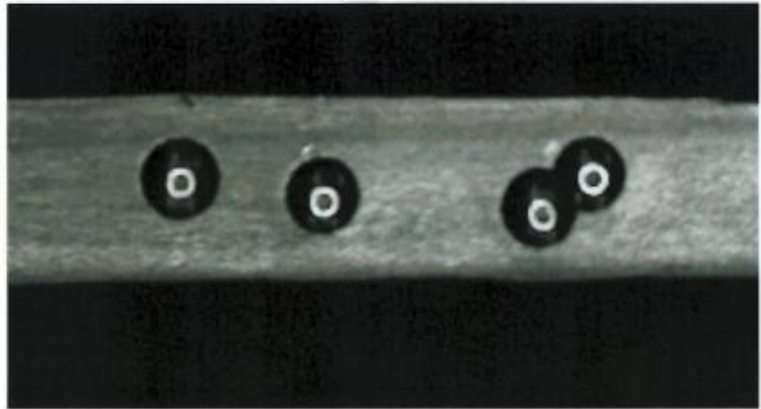
408,33

ENSAYO DE DUREZA

Norma ISO 6506-1 Dureza BRINELL Max	Proceso GMAW (MIG/MAG) Dureza BRINELL ZF Max	Proceso SMAW Dureza BRINELL ZF Max
98.07	199	143
	184	146
	Proceso GMAW (MIG/MAG) Dureza BRINELL ZF/ZAT Max	Proceso SMAW Dureza BRINELL ZF/ZAT Max
	149	126
	150	131
	Proceso GMAW (MIG/MAG) Dureza BRINELL ZAT Max	Proceso SMAW Dureza BRINELL ZAT Max
	122	103
	114	97
	Proceso GMAW (MIG/MAG) Dureza BRINELL MB Max	Proceso SMAW Dureza BRINELL MB Max
	100	92
	98	90

Probeta	Identificación de probeta
3	171809894820190129-EDB 02-1
	
4	171809894820190129-EDB 02-2
	

- PROCESO
SMAW

Probeta	Identificación de probeta
1	171809894820190129-EDB 01-1
	
2	171809894820190129-EDB 01-2
	

- PROCESO
GMAW

ENSAYO DE DOBLADO

Norma ISO 5173	N° De Probeta Y Proceso	Longitud de las Imperfecciones (mm)	Evaluación del ensayo
Conforme Y Sin Imperfecciones	GMAW	1	Conforme
		2	Conforme
	SMAW	1	Conforme
		2	No Conforme



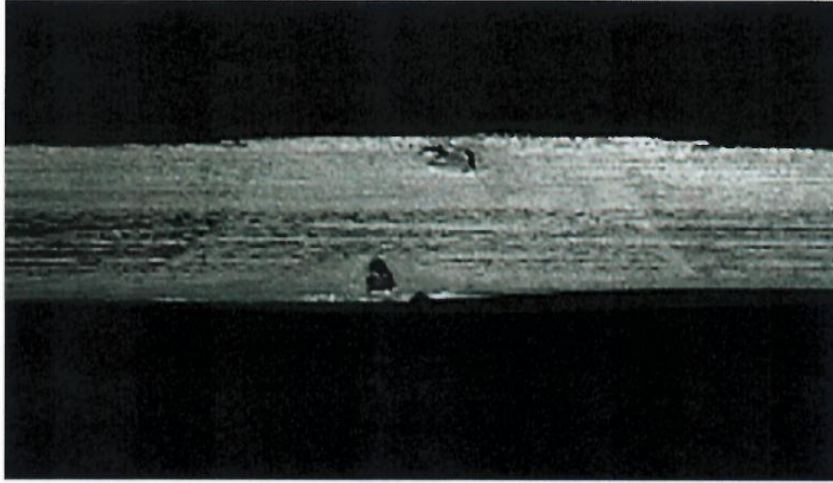
- PROCESO
SMAW

- PROCESO
GMAW



ENSAYO DE MACROESTRUCTURA

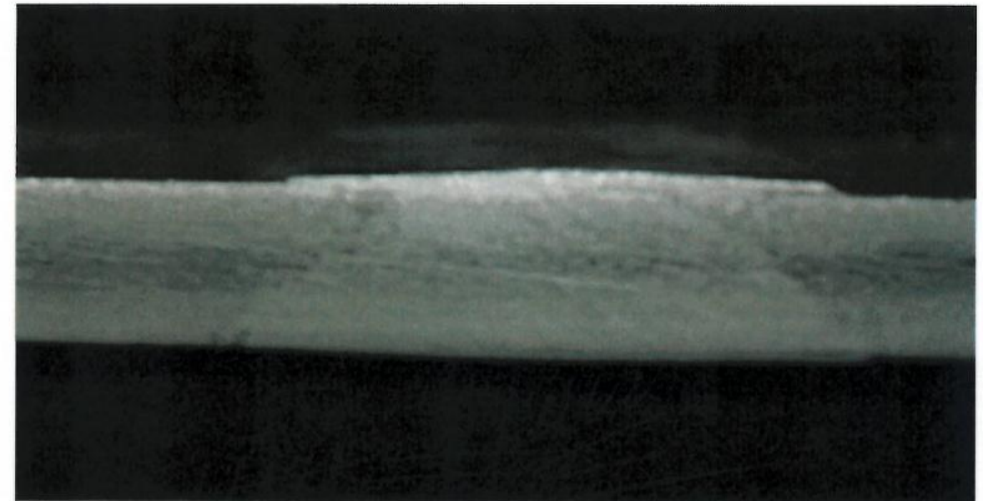
Identificación de la probeta: 171809894820190129-EMS 02-1



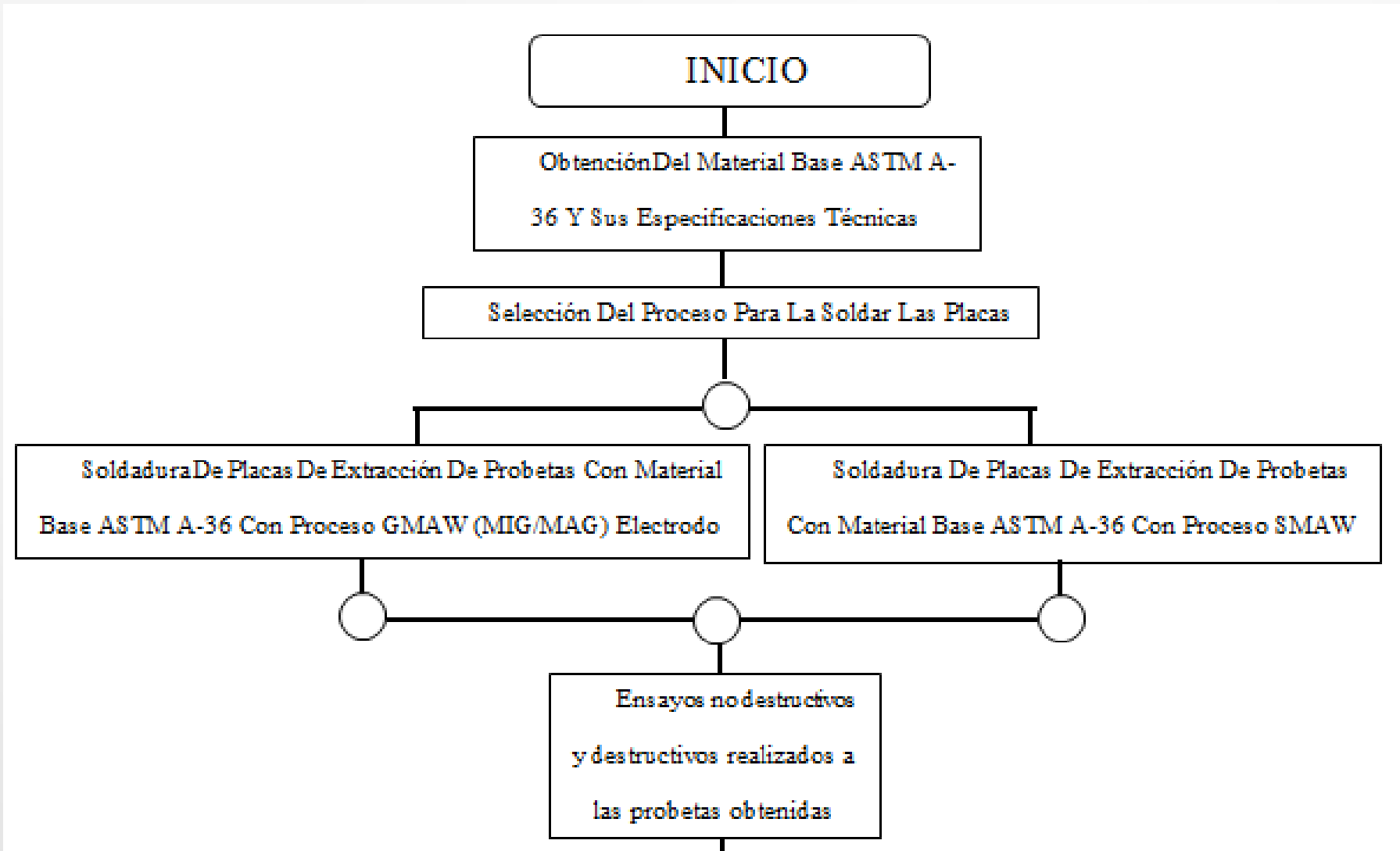
- PROCESO
SMAW

- PROCESO
GMAW

Identificación de la probeta: 171809894820190129-EMS 02-2



Método Utilizado





Inspección Visual: Especificación De
Discontinuidades Según La Norma ISO 5817

Tintas Penetrantes: Especificación de
discontinuidades según la norma ISO3452

Ensayo de Tracción: Determinación de
Propiedades Mecánicas según la Norma ISO5173-A1

Ensayo de Doblado: Determinación de
Discontinuidades Norma ISO6892-1

Ensayo De Macroestructura: Determinación de
Propiedades Mecánicas según la Norma ISO9015-2

Análisis Y Comparación De Resultados.

Determinación WPS y PQR

Conclusiones Y Recomendaciones

Fin

CONCLUSIONES

- Para este tipo de juntas se necesita un perfil de Material **ASTM A-36** con un espesor mínimo de 3mm para que exista la resistencia a la tracción esperada, así como se presenta en los resultados de las pruebas destructivas se espera que los perfiles puedan soportar una fuerza máxima de **31550,01 [N]**, que supera el rango establecido por la norma **ISO 6892**, así como también que tenga una dureza de material base de más de **98,07 BRINELL**.
- Al emplear **GMAW (MIG)** en un proceso de soldeo se sabe que con un foco de calor y temperatura mucho menor en el arco eléctrico que es más enfocado al área donde se fundirá el material, este será mucho más eficiente que el proceso **SMAW** claro está siguiendo las condiciones más adecuadas para este tipo de juntas.
- Al escoger un electrodo con altos niveles de desoxidantes de manganeso y silicio que toleran superficies con escamación ligera hasta una pesada como es el **ER70S-6** que junto con el gas **CO₂**, se funde completamente con el material base sin dejar espacios para las grietas o porosidades, teniendo en cuenta que este electrodo se fusiona de mejor manera con un material base que tenga una resistencia a la cedencia de **485 – 551,58 MPa** y el material base tiene utilizado el **ASTM A-36** tiene una resistencia a la cedencia de **400-550 MPa**.

RECOMENDACIONES

- Seguir el **WPS** y el **PQR** para poder tener un estadístico de cuantas juntas cumplen con lo establecido en esta investigación.
- El **técnico soldador** deberá tener la certificación en el proceso **GMAW (MIG)** con espesores delgados como es el de **3mm**, así como también una capacitación continua y renovar su certificación.
- La máquina soldadora deberá tener la certificación para este proceso y tendrá que ser calibrada periódicamente para que dé una velocidad de avance de **110 a 140 mm/min**, utilizando un amperaje de **100 – 140 Amperios**, trabajando con una tensión de **30 – 35 Voltios**, al utilizar un electrodo **ER70S-6** con gas de protección **CO₂**, para que su funcionamiento sea el adecuado, y la junta deseada tenga las características mecánicas que se busca.