



ESTRUCTURAS DE ACERO DE EDIFICACIÓN



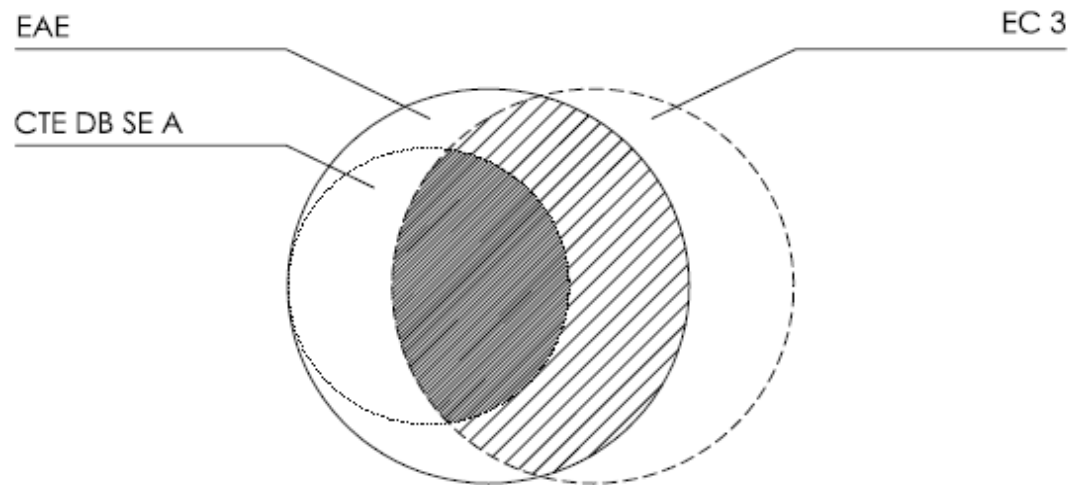
NORMATIVA VIGENTE

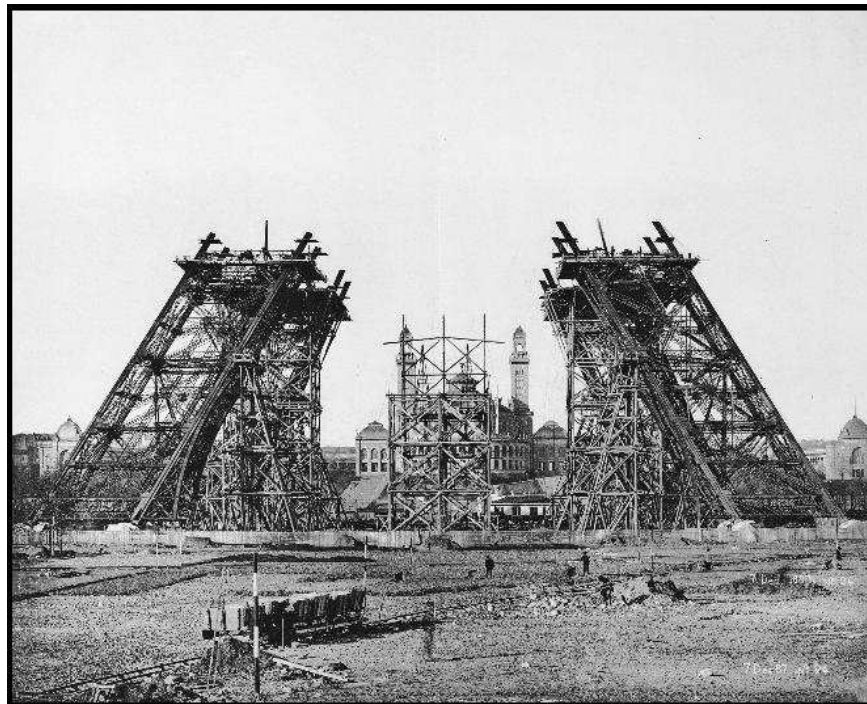
EC 3

EAE

CTE DB SE A

- **CTE DB SE A (MV)** **ÁMBITO NACIONAL** **ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN**
DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO
- **EAE (CPA MF)** **ÁMBITO NACIONAL** **ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN** En lo que no abarque CTE DB SE A
ESTRUCTURAS DE INGENIERÍA CIVIL Obras de infraestructuras:
 - De transporte
 - Hidráulicas
 - De telecomunicaciones
 - Otras (silos y chimeneas)
 DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO (Estructuras aceros límite elástico > 460 N/mm²)
- **EC 3 (AEN/CTN 140 CEN)** **ÁMBITO EUROPEO** **ESTRUCTURAS DE ACERO DE EDIFICIOS**
Anejo Nacional de Aplicación (ANA) aprobado a nivel de proyecto
PUEDEN UTILIZARSE EN VEZ DE LA NORMATIVA ESTATAL UTILIZANDO EL ANA





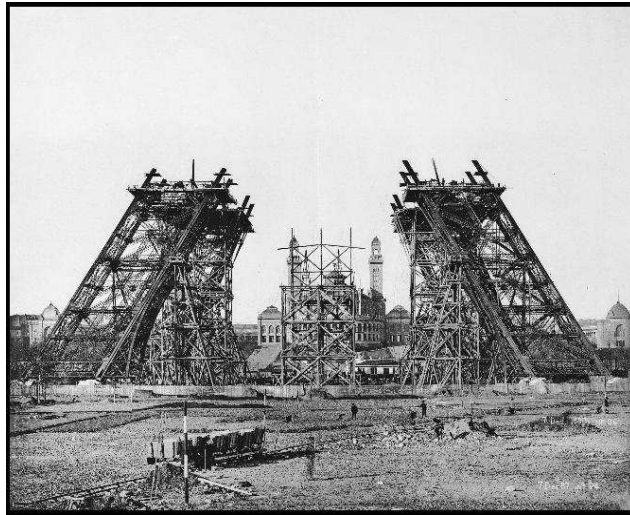
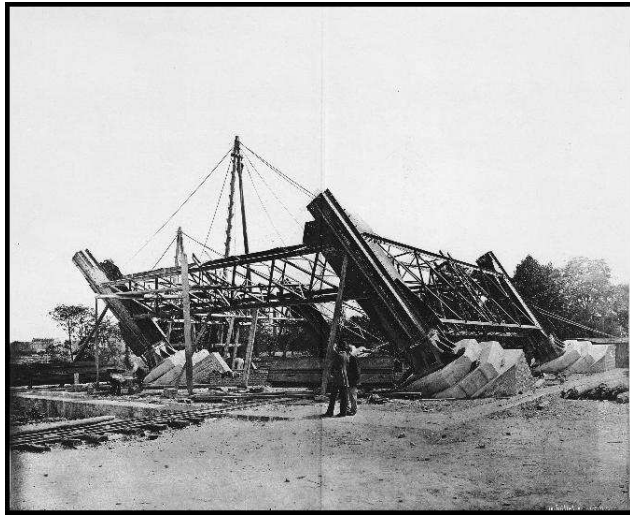
COMPARATIVA

EAE (CPA)
EHE 08 (CPH)

TABLA 1. COMPARATIVA ÍNDICES EAE Y EHE 08

EAE	EHE 08
I. PRINCIPIOS GENERALES II. CRITERIOS DE SEGURIDAD Y BASES DE CÁLCULO III. ACCIONES IV. MATERIALES Y GEOMETRÍA V. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	
VI. MATERIALES	VI. MATERIALES
VII. DURABILIDAD	VII. DURABILIDAD
VIII. DATOS MATERIALES PARA PROYECTO	VIII. DATOS MATERIALES PARA PROYECTO
	IX. CAPACIDAD RESISTENTE BIELAS, TIRANTES Y NUDOS
IX. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	X. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS
X. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	XI. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO
XI. ESTADO LÍMITE DE FATIGA	48. Estado Límite fatiga
XII. PROYECTO ESTRUCTURAS FRENTE A INCENDIO	ANEJO 6. RECOMENDACIONES PROTECCIÓN ADICIONAL CONTRA FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
XIII. ÍDEM ACERO FRENTE A SISMO	ANEJO 10. REQUISITOS ESPECIALES RECOMENDADOS PARA ESTRUCTURAS SOMETIDAS A ACCIONES SÍSMICAS
XIV. UNIONES	XII. ELEMENTOS ESTRUCTURALES
XV. ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
XVI. FABRICACIÓN EN TALLER	XIII. EJECUCIÓN
XVII. EJECUCIÓN EN OBRA	
XVIII. TOLERANCIAS	ANEJO 11. TOLERANCIAS
XIX. BASES GENERALES DEL CONTROL	XIV. BASES GENERALES DEL CONTROL
XX. CONTROL DE CALIDAD DEL PROYECTO	XV. CONTROL DE CALIDAD DEL PROYECTO
XXI. CONTROL CONFORMIDAD PRODUCTOS	XVI. CONTROL CONFORMIDAD PRODUCTOS
XXII. CONTROL DE LA EJECUCIÓN	XVII. CONTROL DE LA EJECUCIÓN
XXIII. MANTENIMIENTO	XVIII. MANTENIMIENTO
ANEJO 1: NOTACIONES Y UNIDADES	ANEJO 1: NOTACIONES Y UNIDADES
ANEJO 2: RELACIÓN DE NORMAS UNE	ANEJO 2: RELACIÓN DE NORMAS UNE
ANEJO 3: DIAFRAGMAS	
ANEJO 4: CURVAS EUROPEAS DE PANDEO	
ANEJO 5: LONGITUD PANDEO E. COMPRIMIDOS	
ANEJO 6: E. PLANOS RIGIDIZADOS LONGITUDINALMENTE	

ANEJO 7: RIGIDIZACIÓN. DETALLES	
ANEJO 8: ACCIONES PARA EL ANÁLISIS TÉRMICO	
ANEJO 9: UNIONES DIRECTAS DE PERFILES TUBULARES	
ANEJO 10: NIVELES DE GARANTÍA Y REQUISITOS PARA RECONOCIMIENTO OFICIAL DE DISTINTIVOS CALIDAD	ANEJO 19. NIVELES GARANTÍA Y REQUISITOS RECONOCIMIENTO OFICIAL DISTINTIVOS DE CALIDAD
ANEJO 11: ÍNDICE CONTRIBUCIÓN SOSTENIBILIDAD	ANEJO 13. ÍNDICE CONTRIBUCIÓN SOSTENIBILIDAD
	ANEJO 3. PRESCRIPCIONES PARA UTILIZACIÓN CAC
	ANEJO 4. RECOMENDACIONES SELECCIÓN CEMENTO
	ANEJO 5. MÉTODO ENSAYO DETERMINACIÓN ESTABILIDAD INYECCIÓN
	ANEJO 7. CÁLCULO SIMPLIFICADO SECCIONES EN ELA FRENTE A SOLICITACIONES NORMALES
	ANEJO 8. ANÁLISIS EN SERVICIO SECCIONES Y ELEMENTOS A FLEXIÓN SIMPLE
	ANEJO 9. CONSIDERACIONES ADICIONALES DURABILIDAD
	ANEJO 12. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y DE CÁLCULO ESPECÍFICOS DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES CON VIGUETAS Y LOSAS ALVEOLARES PREFABRICADAS
	ANEJO 14. RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE HORMIGÓN CON FIBRAS
	ANEJO 15. ÍDEM HORMIGÓN RECICLADO
	ANEJO 16. ÍDEM HORMIGÓN LIGERO
	ANEJO 17. ÍDEM HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE
	ANEJO 18. HORMIGONES DE USO NO ESTRUCTURAL
	ANEJO 20. LISTA COMPROBACIÓN DE PROYECTO
	ANEJO 21. DOCUMENTOS DE SUMINISTRO Y CONTROL
	ANEJO 22. ENSAYOS PREVIOS Y CARACTERÍSTICOS HORMIGÓN
	ANEJO 23. PROCEDIMIENTO PREPARACIÓN POR ENDEREZADO DE MUESTRAS DE ACERO PROCEDENTES DE ROLLO, PARA CARACTERIZACIÓN MECÁNICA
	ANEJO 24. ELEMENTOS AUXILIARES DE OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DE HORMIGÓN



COMPARATIVA

EAE

CTE DB SE A (Vigente)

CTE DB SE A (Borrador)

<p>28. Productos de acero 29. Medios de unión 30. Sistemas de protección</p>	<p>4.4 Materiales de aportación 4.5 Resistencia de cálculo</p>
<p>VII. DURABILIDAD 31. Durabilidad estructuras de acero</p>	<p>3 DURABILIDAD 3.1 Generalidades 3.2 Estrategia para la durabilidad</p>
<p>VIII. DATOS MATERIALES PARA PROYECTO 32. Datos de proyecto del acero estructural</p>	
<p>IX. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS 33. EL equilibrio 34. EL resistencia de las secciones 35. EL inestabilidad</p>	<p>6 ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS 6.1 Generalidades 6.1 EL equilibrio 6.2 Resistencia de las secciones 6.2 EL resistencia secciones 6.3 Resistencia de las barras 6.3 Resistencia elementos</p>
<p>X. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO 36. Bases 37. EL deformaciones 38. EL vibraciones 39. EL deslizamiento uniones tornillos pretensados AR 40. EL deformaciones transversales paneles esbeltos 41. EL plastificaciones locales</p>	<p>7 ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO 7.1 Deformaciones, flecha y desplome 7.2 Vibraciones 7.3 Deslizamiento de uniones</p>
<p>XI. ESTADO LÍMITE DE FATIGA 42. EL fatiga</p>	<p>9 FATIGA 9.1 Generalidades</p>
<p>XII. PROYECTO ESTRUCTURAS FRENTE A INCENDIO 43. Consideraciones generales 44. Acciones mecánicas e indirectas incendio 45. Propiedades de los materiales sometidos a incendio 46. Comprobación resistente e. prismáticos a incendio 47. Comprobación de la resistencia de las uniones 48. Cálculo de temperaturas en el acero</p>	
<p>XIII. PROYECTO ESTRUCTURAS FRENTE A SISMO 49. Generalidades 50. Bases de proyecto 51. Análisis estructural 52. Materiales 53. Elementos estructurales 54. Uniones</p>	

<p>XIV. UNIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> 55. Generalidades 56. Determinación de esfuerzos en uniones 57. Clasificación uniones sometidas a momento flector 58. Uniones atornilladas 59. Uniones soldadas 60. Uniones entre elementos sometidos a esfuerzo axial 61. Uniones entre elementos a flexión y cortante. 62. Uniones viga-soporte 63. Uniones híbridas con tornillos y soldadura 64. Uniones entre piezas de sección tubular 65. Uniones a la cimentación 66. Elementos de apoyo <p>XV. ELEMENTOS ESTRUCTURALES</p> <ul style="list-style-type: none"> 67. Vigas 68. Entramados 69. Forjados 70. Soportes 71. Elementos compuestos 72. Estructuras trianguladas 73. Estructuras ligeras 74. Mallas 	<p>8 UNIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> 8.1 Bases de cálculo 8.2 Criterios de comprobación 8.2 Rigidez y resistencia 8.3 Rigidez 8.3 Criterios comprobación 8.4 Resistencia 8.4 Uniones soldadas 8.5 Uniones atornilladas 8.5 Algunas uniones típicas 8.6 Uniones soldadas. 8.7 Capacidad de rotación 8.8 Algunas uniones típicas 8.9 Uniones de perfiles huecos en las vigas de celosía
<p>XVI. FABRICACIÓN EN TALLER</p> <ul style="list-style-type: none"> 75. Fabricación en taller 76. Fijación con elementos mecánicos 77. Soldadura <p>XVII. EJECUCIÓN EN OBRA</p> <ul style="list-style-type: none"> 78. Montaje 79. Tratamiento de protección 	<p>10 EJECUCIÓN</p> <p>9 EJECUCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> 10.1 Materiales 9.1 Materiales 10.2 Fabricación taller 9.2 Manipulación almacenamiento 10.3 Soldeo 9.3 Montaje 10.4 Uniones atornilladas 9.4 Tratamiento de protección 10.5 Otros tornillos 9.5 Soldeo 10.6 Tratamientos de protección 10.7 Ejecución de soldeo y montaje en taller 10.8 Control de fabricación en taller
<p>XVIII. TOLERANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> 80. Tolerancias 	<p>11 TOLERANCIAS</p> <p>10 TOLERANCIAS</p>

	11.1 Tolerancias fabricación 10.1 Generalidades 11.2 Tolerancias ejecución 10.2 Tolerancias fabricación 10.3 Tolerancias montaje
XIX. BASES GENERALES DEL CONTROL 81. Criterios generales del control 82. Condiciones para la conformidad de la estructura 83. Documentación y trazabilidad 84. Niveles de garantía y distintivos de calidad XX. CONTROL DE CALIDAD DEL PROYECTO 85. Control de proyecto XXI. CONTROL CONFORMIDAD PRODUCTOS 86. Generalidades 87. Criterios generales conformidad productos 88. Criterios específicos conformidad productos XXII. CONTROL DE LA EJECUCIÓN 89. Criterios generales para el control de ejecución 90. Comprobaciones previas comienzo ejecución 91. Control del montaje en taller	12 CONTROL DE CALIDAD 11 CONTROL DE CALIDAD 12.1 Generalidades 11.1 Generalidades 12.2 Control de calidad documentación de proyecto 12.3 Control de calidad de los materiales 12.4 Control de calidad de la fabricación 12.5 Control de calidad del montaje
XXIII. MANTENIMIENTO	13 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO 12 MANTENIMIENTO 13.1 INSPECCIÓN 12.1 Inspección 12.2 Mantenimiento
	Anejo A. TERMINOLOGÍA
ANEJO 1: NOTACIONES Y UNIDADES	Anejo B. NOTACIÓN Y UNIDADES
	Anejo C. FATIGA
ANEJO 2: RELACIÓN DE NORMAS UNE	Anejo D. NORMAS DE REFERENCIA
ANEJO 3: DIAFRAGMAS	
ANEJO 4: CURVAS EUROPEAS DE PANDEO	
ANEJO 5: LONGITUD PANDEO E. COMPRIMIDOS	
ANEJO 6: E.PLANOS RIGIDIZADOS LONGITUDINALMENTE	
ANEJO 7: RIGIDIZACIÓN. DETALLES	
ANEJO 8: ACCIONES PARA EL ANÁLISIS TÉRMICO	
ANEJO 9: UNIONES DIRECTAS DE PERFILES TUBULARES	
ANEJO 10: NIVELES DE GARANTÍA Y REQUISITOS DOR	
ANEJO 11: ÍNDICE CONTRIBUCIÓN SOSTENIBILIDAD	

ESTRUCTURAS DE ACERO DE EDIFICACIÓN DE:

- CATEGORÍA DE USO SCI** ACCIONES ESTÁTICAS Sin sobrecargas repetitivas o acción de impacto
 ACCIONES SÍSMICAS MODERADAS Sin uniones con ductilidad
- ACERO (TIPO Y GRADO)** No aleado (contenido C < 0,2%), laminado en caliente (UNE EN 10.025-2)
 Sin características especiales (resistencia mecánica o a la corrosión)
 Con microestructura normal de ferrita-perlita.
 Designación y características mecánicas, Tablas 3 y 4

TABLA 3. FORMATO DESIGNACIÓN ACERO (EAE y CTE DB SE A)						(UNE EN 10.027-1)	
SIGLA	Valor mínimo garantizado f_y N/mm ²	SÍMBOLOS ADICIONALES PARA ACEROS DE EDIFICACIÓN					
		Grupo 1			Grupo 2		
		Características de flexión por choque (*) Julios (J)			Temperatura de ensayo		
		27J	40 J	60 J	° C	C	Conformado en frío
S	235	JR	KR	LR	20	D	Galvanizado en caliente
		J0	K0	L0	0	E	Esmaltado
		J2	K2	L2	- 20	F	Forjado
	275	J3	K3	L3	- 30	H	Perfil hueco
		J4	K4	L4	- 40	L	Baja temperatura
		J5	K5	L5	- 50	M	Lam. termomecánica
	355	J6	K6	L6	- 60	N	Normalizado
		A**	Endurecido por precipitación			P	Tablestacas
	420	M**	Laminación termomecánica			Q	Templado y revenido
		N**	Normalizado o laminado de normalización			S	Construcción naval
		Q**	Templado y revenido			T	Tubo
		G	Otras características			W	Resistente a corrosión
	460						

(*) Aceros de grado JR, en estructuras de edificación ordinarias J0 en estructuras con altas exigencias de soldabilidad y J2 en estructuras con especiales exigencias de resistencia, resiliencia y soldabilidad

(**) A, M, N y Q se aplican a los acero de grado fino UNE EN 10.025-3 y 10.025-4

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS ACEROS NO ALEADOS (CTE DB SE A)		(UNE EN 10.025-2)			
TIPO	GRADO	ESPESOR NOMINAL t (mm)			
		$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
		f_y	f_u	f_y	f_u
S 235	JR	235	$360 < f_u < 510$	215	$360 < f_u < 510$
	J0				
	J2				
S 275	JR	275	$430 < f_u < 580$	255	$410 < f_u < 560$
	J0				
	J2				
S 355	JR	355	$490 < f_u < 680$	335	$470 < f_u < 630$
	J0				
	J2				
	K2				

OTROS TIPOS Y GRADOS DE ACERO (EAE) → TABLA 5

TABLA 5. OTROS ACEROS INCLUIDOS EN EAE		
TIPO		UNE EN
SOLDABLES DE GRANO FINO	Normalizado	10.025-3
	Laminado termomecánicamente	10.025-4
CON RESISTENCIA MEJORADA	A la corrosión (patinables)	10.025-5
	A la deformación en dirección perpendicular a la superficie del producto	10.025-1 y 10.164
DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO	Templado y revenido	10.025-6:2007+A1

TIPOS DE ELEMENTOS RESISTENTES, SECCIONES Y UNIONES

ELEMENTOS RESISTENTES

LINEALES DE SECCIÓN SIMPLE CONSTANTE Y DIRECTRIZ RECTA:

- VIGAS CONTINUÚAS DE SECCIÓN DE CLASE 1
- PILARES, CON ESFUERZO NORMAL CONSTANTE
- PÓRTICOS ARRIOSTRADOS O CON NUDOS RÍGIDOS
- CERCHAS O VIGAS CELOSÍAS.

Único caso en que se admite análisis plástico global

Sin acciones transversales a su directriz.

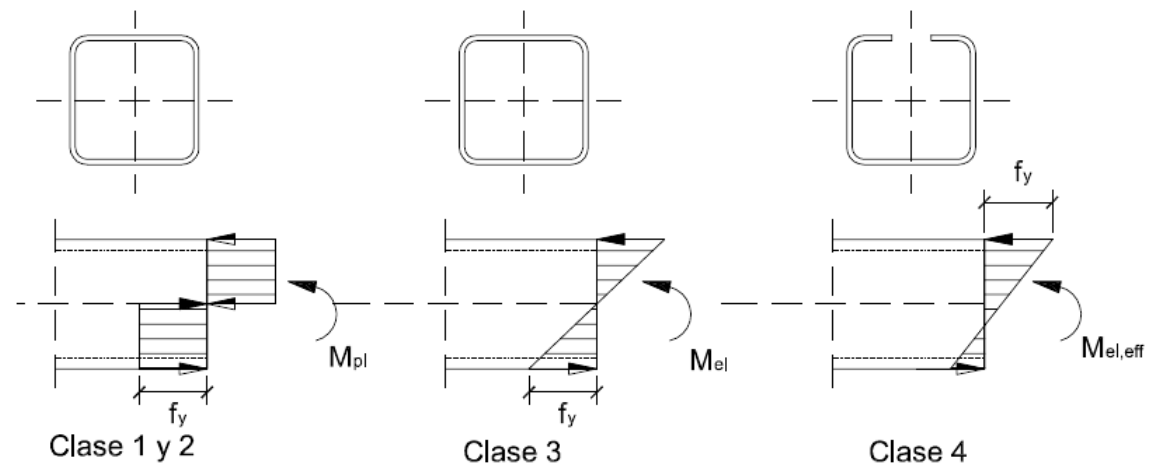
Intraslacionales o ligeramente traslacionales.

SECCIONES

CLASES 1, 2 y 3

Plástica, compacta y elástica

(Tabla 5.1 de DB SDE A)



UNIONES SOLDADAS

Articuladas o rígidas de resistencia completa.

No se consideran:

- SECCIONES ESBELTAS O DE CLASE 4 (la abolladura limita su capacidad resistente)
- UNIONES DE RESISTENCIA PARCIAL O ATORNILLADAS

- VIDA ÚTIL

TABLA 6. VIDA ÚTIL NOMINAL DE ESTRUCTURAS DE ACERO	
TIPO DE ESTRUCTURA	VIDA UTIL NOMINAL (años)
De carácter temporal	3-10
Elementos reemplazables que no integran la estructura principal (por ejemplo, barandillas)	10-25
Edificios agrícolas o industriales y obras marítimas	15-50
Edificios de viviendas y oficinas	50
Edificios de carácter monumental o especial importancia	100

- CLASES DE EJECUCIÓN (EXC)

Clasificación de los elementos resistentes en PROYECTO, función de:

- **NIVEL DE RIESGO (CC)** Función de las consecuencias derivadas del fallo estructural durante ejecución o tras la puesta en servicio de la estructura

TABLA 7. NIVELES DE RIESGO (CC)	
NIVEL	TIPOS DE ESTRUCTURA, EN FUNCIÓN DE CONSECUENCIAS DERIVADAS DEL FALLO (COMPROMISO DE SEGURIDAD DE OCUPANTES Y USUARIOS Y COSTE DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS)
CC 3	Edificios de uso público: el fallo compromete la seguridad de usuarios o genera grandes pérdidas.
CC 2	Otros usos: el fallo compromete la seguridad de ocupantes o genera pérdidas económicas apreciables.
CC 1	Los no incluidos en los niveles anteriores.

- **CATEGORÍA DE USO (SC)** Ídem, función del riesgo ligado al servicio para el que se proyecta la estructura.
DB SE A sólo considera clase SC 1

TABLA 8. CATEGORÍAS DE USO (SC)	
TIPO	SERVICIO PREVISTO
SC 1	Estructuras con acciones predominantemente estáticas o con uniones proyectadas para soportar acciones sísmicas moderadas que no requieren ductilidad. Soportes sometidos a acciones susceptibles de producir fatiga reducida, por debajo del umbral de daño del detalle más vulnerable.
SC 2	Estructuras sometidas a fatiga, vibraciones por viento, paso de personas o maquinaria. Las que requieren ductilidad por requisito de diseño sismorresistente.

- **CATEGORÍA DE EJECUCIÓN (PC)** Depende del tipo de acero, forma de fabricación y modo de montaje

TABLA 9. CATEGORÍAS DE EJECUCIÓN (PC)	
TIPO	TIPO DE ACERO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS
PC 1	Cualquier tipo de acero, sin uniones soldadas. Acero inferior a S 355, con uniones soldadas realizadas en taller.
PC 2	Acero igual o superior que S 355, con uniones soldadas. Con uniones soldadas ejecutadas en obra. Elementos sometidos a tratamiento térmico durante fabricación. De perfil hueco con recortes en forma de lobo.

TABLA 10. CLASES DE EJECUCIÓN (EXC)							
NIVEL DE RIESGO		CC 1		CC 2		CC 3	
CATEGORÍA DE USO		SC 1	SC 2	SC 1	SC 2	SC 1	SC 2
CATEGORÍA DE EJECUCIÓN	PC 1	EXC 1	EXC 2	EXC 2	EXC 3	EXC 3	EXC 3
	PC 2	EXC 2	EXC 2	EXC 2	EXC 3	EXC 3	EXC 4

- **DURABILIDAD** Exigencia de identificación del TIPO DE AMBIENTE, función de las condiciones físico-químicas a las que van a quedar expuesta la estructura durante su VIDA ÚTIL.

CRITERIO SIMILAR A EHE 08



Determinación de **CLASE DE EXPOSICIÓN**

(Corrosión atmosférica y contacto con agua/suelo)

CUESTIONES A EVITAR EN PROYECTO:

- Existencia de sistemas de evacuación de agua no accesibles para conservación y mantenimiento
- Formación de rincones en las uniones (depósito de residuos, agua o suciedad)
- Contacto acero-otros metales o acero-yeso.

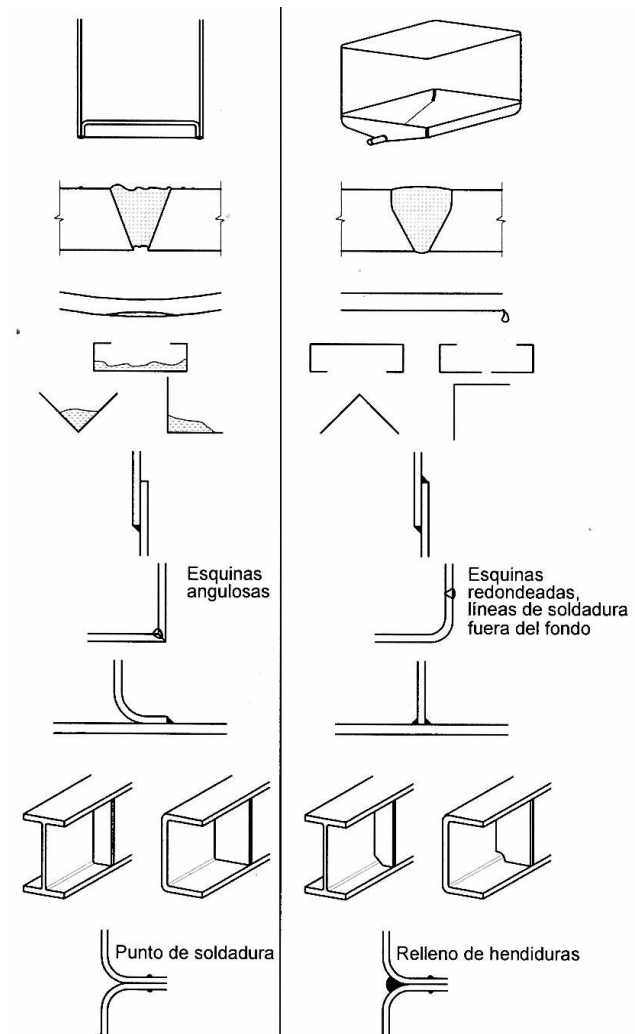


TABLA 11. CLASES DE EXPOSICIÓN (CORROSIÓN ATMOSFÉRICA)				(Art. 8.2.2 EAE)	
DESIG	CLASE DE EXPOSICIÓN	Perdida de masa, m g/m ²	Pérdida de espesor, e μm	EJEMPLOS DE TIPOS DE AMBIENTE EN CLIMA TEMPLADO (*)	
		Tras el primer año de exposición, ISO 9.226:1992		EXTERIOR	INTERIOR DEL EDIFICIO
C 1	Muy baja	≤ 10	$\leq 1,3$	-----	Con calefacción y atmósfera limpia: Oficinas, tiendas, colegios, hoteles.
C 2	Baja	$10 < m \leq 200$	$1,3 < e \leq 25$	Zonas rurales o con bajo nivel de contaminación	Sin calefacción y con posibilidad de condensaciones: Almacenes
C 3	Media	$200 < m \leq 400$	$25 < e \leq 50$	Zonas urbanas o industriales con contaminación moderada (CO ₂) Áreas costeras de baja salinidad	Naves de fabricación con elevada humedad y algo de contaminación. Plantas procesado de alimentos, lavanderías
C 4	Alta	$400 < m \leq 650$	$50 < e \leq 80$	Áreas industriales y costeras en media salinidad	Plantas químicas, piscinas
C 5 - I	Muy alta (Industrial)	$650 < m \leq 1.500$	$80 < e \leq 200$	Áreas industriales con elevada humedad y atmósfera agresiva	Condensaciones casi permanentes y alta contaminación
C 5-M	Muy alta (Marina)	$650 < m \leq 1.500$	$50 < e \leq 200$	Áreas costeras y marítimas con elevada salinidad	Condensaciones casi permanentes y alta contaminación

(*) En clima frío o seco, la corrosión atmosférica es menor. En clima cálido y húmedo, mayor

TABLA 12. CLASES DE EXPOSICIÓN (CONTACTO CON AGUA Y SUELO)			(Art. 8.2.2 EAE)
DESIG	CLASE	EJEMPLOS	
Im 1	Agua dulce	Instalaciones ribereñas, plantas hidroeléctricas	
Im 2	Agua salina	Estructuras en zonas portuarias en contacto con agua de mar o cercanas a la costa	
Im 3	Suelo	Depósitos, pilotes de acero, tuberías de acero	

- **COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD DEL ACERO**

RESISTENCIA DE CÁLCULO DEL ACERO

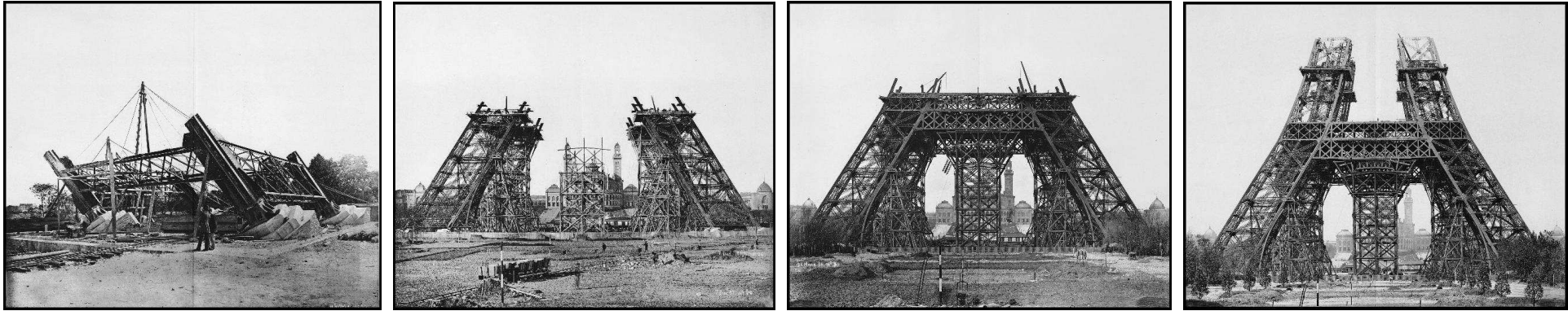
$$f_{yd} = \frac{f_{yk} \text{ (Límite elástico)}}{\gamma_M \text{ (Coeficiente parcial de seguridad)}}$$

$\gamma_{M0} = 1,00$ Comprobación por resistencia de secciones transversales
(1,05 en vigente CTE DB SEA A)

$\gamma_{M1} = 1,00$ Resistencia de elementos estructurales frente a inestabilidad
(1,05 en vigente CTE DB SEA A)

Siempre que:

- TOLERANCIAS DE PROYECTO Artículo 80 de EAE, o más estrictas
- ACERO CON DISTINTIVO OFICIALMENTE RECONOCIDO (DOR)
- CONTROL DE EJECUCIÓN INTENSO Artículo 89 de EAE



PRODUCTOS PARA ESTRUCTURAS DE ACERO

- 1 PRODUCTOS LARGOS Y PLANOS: PERFILES Y CHAPAS
- 2 MEDIOS DE UNIÓN: FIJACIONES MECÁNICAS Y SOLDADURAS
 - 2.1 Fijaciones mecánicas: Tornillos, tuercas, contratuercas, arandelas y otros dispositivos
 - 2.2 Material de aportación para soldaduras
- 3 FIJACIONES ESPECIALES
- 4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN
- 4 MARCADO CE Y DISTINTIVOS DE CALIDAD DE LOS PRODUCTOS PARA ESTRUCTURAS DE ACERO

UNIONES DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

- 1 UNIONES ATORNILLADAS
- 2 UNIONES SOLDADAS

1 PRODUCTOS LARGOS Y PLANOS: PERFILES Y CHAPAS

TABLA 13. PERFILES DE SECCION LLENA LAMINADOS EN CALIENTE ($e \geq 3$ mm)		(Art. 28.1 EAE)
SERIE	NORMA PRODUCTO	
	DIMENSIONES	TOLERANCIAS
IPN	UNE 36.521	UNE EN 10.024
IPE	UNE 36.526	UNE EN 10.034
HEB	UNE 36.524	UNE EN 10.034
HEA	UNE 36.524	UNE EN 10.034
HEM	UNE 36.524	UNE EN 10.034
UPN	UNE 36.522	UNE EN 10.279
UPE (alas paralelas y h adaptada a IPE)	UNE 36.523	UNE EN 10.279
U ($h < 80$ mm)	UNE 36.525	UNE EN 10.279
L (lados iguales)	UNE EN 10.056 - 1	UNE EN 10.056 - 2
LD (lados desiguales)	UNE EN 10.056 - 1	UNE EN 10.056 - 2
T	UNE EN 10.055	UNE EN 10.055
Ø	UNE EN 10.060	UNE EN 10.060
# (Cuadrado o rectangular)	UNE EN 10.059 y 10.058	UNE EN 10.059 y 10.058
Hexagonal	UNE EN 10.061	UNE EN 10.061
Chapa	UNE 36.559	UNE 36.559

TABLA 14. PERFILES DE SECCION HUECA ACABADOS EN CALIENTE ($e \geq 2$ mm)		(Art. 28.2 EAE)
SERIE	NORMA PRODUCTO (DIMENSIONES Y TOLERANCIAS)	
Circular	UNE EN 10.210-2	
Cuadrada		
Rectangular		
Elíptica		

TABLA 15. PERFILES DE SECCION HUECA CONFORMADOS EN FRIO		(Art. 28.3 EAE)
SERIE	NORMA PRODUCTO (DIMENSIONES Y TOLERANCIAS)	
Circular	UNE EN 10.219-2	
Cuadrada		
Rectangular		

TABLA 16. PERFILES DE SECCION ABIERTA CONFORMADOS EN FRIO

(Art. 28.2 EAE)

SERIE	NORMA DE PRODUCTO (DIMENSIONES Y TOLERANCIAS)
L	UNE EN 10.162
U	
Z	
Ω	

2 MEDIOS DE UNIÓN: FIJACIONES MECÁNICAS Y SOLDADURAS

TIPO DE UNIONES en función del **LUGAR DE EJECUCIÓN:**

- **DE TALLER** Constitución de elementos de dimensiones y pesos limitados por los medios disponibles en obra.
- **EN OBRA** Para el montaje de los anteriores in situ para constituir la estructura.

En función de los **MEDIOS DE UNIÓN:**

- **TALADRADAS**

Se realizan taladrando agujeros circulares en los elementos planos de los productos en la unión. En los agujeros se introducen en frío los tornillos, que pueden o no pretensarse.

VENTAJAS: ejecución más rápida, en cualquier circunstancia climática, menor coste del control de calidad y mayor resistencia a la fatiga o rotura frágil.

DESVENTAJAS: cálculo y representación en planos más complejo y menores tolerancias de montaje. El aspecto final de las uniones es menos estético, si van a quedar vistas.
- **SOLDADAS**

Se realizan fundiendo eléctricamente el acero de las piezas en líneas de contacto, con o sin aportación del metal de un electrodo.

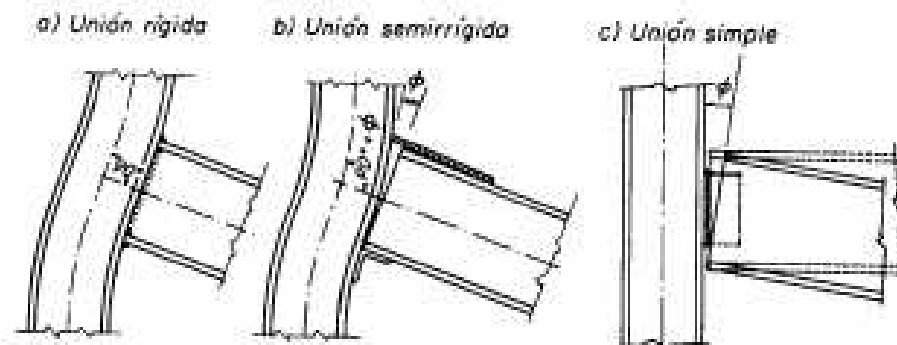
En función de la **TRASMISIÓN DE ESFUERZOS**:

- **DE ATADO** Mantienen unidos entre sí y en su posición inicial los perfiles que conforman un elemento compuesto
- **DE RESISTENCIA** Transmiten cargas a los elementos resistentes de la estructura. Pueden ser:
 - **DE RESISTENCIA TOTAL** Capacidad resistente mayor o igual que la del elemento más débil.
 - **DE RESISTENCIA PARCIAL** Capacidad inferior a la del elemento más débil de la unión pero superior a la sollicitación de cálculo.

EMPALMES son uniones de fuerza entre elementos en prolongación

Las uniones **RESISTENTES A FLEXIÓN**, a su vez, se clasifican en:

- **RÍGIDAS** Giro del nudo igual al de los elementos en él unidos
- **SEMIRRÍGIDAS** Uniones flexibles en las que se produce un giro relativo entre los elementos enlazados en el nudo, pero existiendo transmisión de momentos
- **SIMPLES** Se comportan como articuladas, la barra se une al nudo sin coartar sus giros y sin transmisión de momentos



2.1 Fijaciones mecánicas: Tornillos, tuercas, contratuercas, arandelas y otros dispositivos

TORNILLOS

Piezas metálicas compuestas por CABEZA (de forma hexagonal) y espiga o vástago de diámetro d , que consta de una parte cilíndrica lisa, junto a la cabeza, el CUELLO, y otra, en el extremo, que tiene tallado el surco en el que se ajusta la tuerca, la ROSCA.

LONGITUD DEL TORNILLO: suma de longitudes de cuello y rosca. En tornillos avellanados, incluye la cabeza.



ELEMENTOS DE LA ROSCA

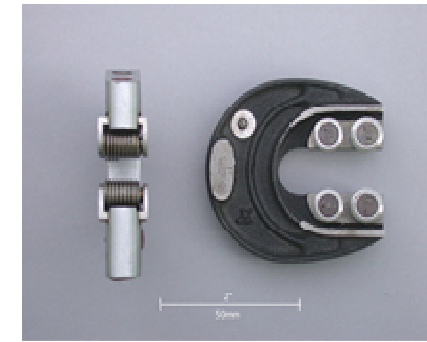
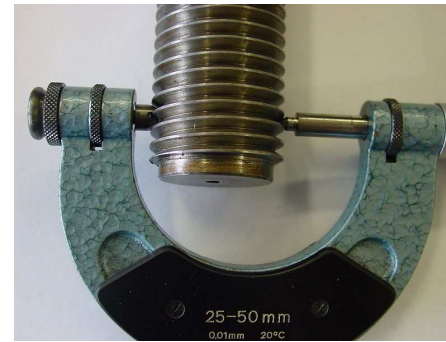
FILETE (parte saliente del surco), FONDO O RAÍZ (parte baja) y CRESTA (la parte más saliente). PASO DE ROSCA es la distancia que existe entre dos crestas consecutivas. Si el tornillo es de rosca sencilla, se corresponde con lo que avanza sobre la tuerca por cada vuelta completa. Si es de rosca doble el avance será igual al doble del paso.

DESIGNACIÓN ROSCA

Letra M mayúscula, seguida del diámetro del tornillo, expresado en milímetros.

TORNILLOS DE CABEZA HEXAGONAL (ISO 4.014-2011)

M 1,6 a M 64, de longitud nominal $10d$ ó 150 mm



M 1,6 a M 24 (Productos de grado A)

M 24 a M 64 (Productos de grado B)



ARANDELAS

- PLANAS Para uniformar la presión sobre la pieza a la que se ajusta el tornillo o para proteger su superficie
- ABIERTAS Para evitar que la tuerca se afloje por causa de los movimientos o vibraciones de las piezas.



INDICADORES DIRECTOS DE TENSION (IDTs)

Arandelas indicadoras que se utilizan para controlar la fuerza de apriete de las uniones con tornillos pretensados.

DESIGNACIÓN TORNILLOS

- TIPO DE TORNILLO
- MÉTRICA ROSCA
- LONGITUD NOMINAL en mm (separado por un signo x)
- CLASE DE ACERO NORMALIZADA

Serie 4.6, 4.8, 5.6, 6.8, 8.8, 10.9 y 12.9 (*a.b*) Siendo *a* Valor del límite de rotura (f_{ub}) N/mm², dividido por 100
b Factor que, multiplicado por anterior, permite obtener el valor del límite elástico (f_{yb}) N/mm², dividido por 100.

TIPOS TORNILLOS

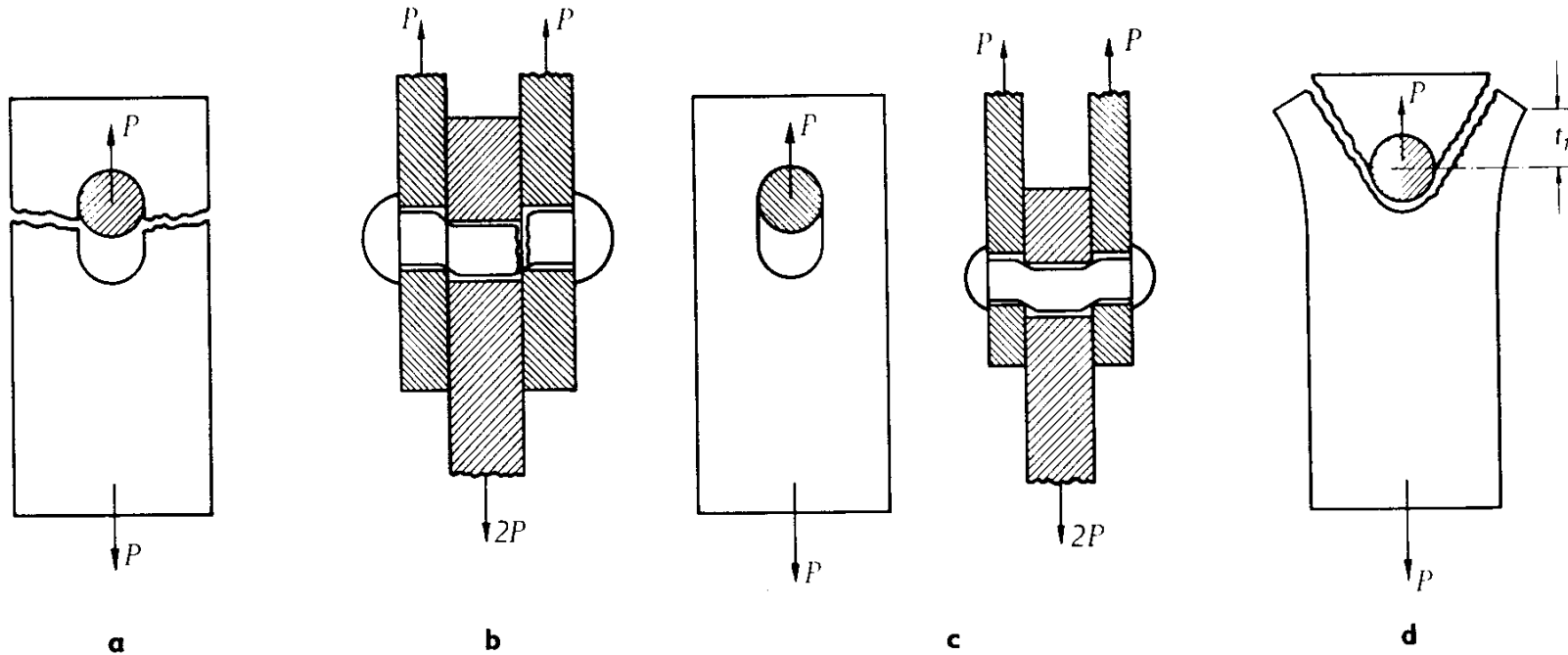
- **ORDINARIOS** Arandela bajo la cabeza No se tensa, trabajando a cortante y tracción.
Acero resistencia media 4.6, 5.8 y 6.8
- **DE ALTA RESISTENCIA** Arandela bajo cabeza y tuerca Tensados mediante apriete, generando rozamiento entre las superficies en contacto en la unión.
Acero de alta resistencia De 8.8 a 10.9



- **ESPECIALES**
 - De cabeza avellanada.
 - Calibrados (o ajustados) y bulones (o pasadores en articulaciones)
 - De inyección

FALLO DE UNIONES CON TORNILLOS ORDINARIOS (ESFUERZO CORTANTE NORMAL A SU EJE)

- Rotura a tracción de la chapa (a)
- Cortadura de la sección del tornillo (b)
- Aplastamiento de la chapa o flexión del vástago del tornillo (c)
- Desgarro laminar de la chapa (d)



FALLO DE UNIONES CON TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA PRETENSADOS

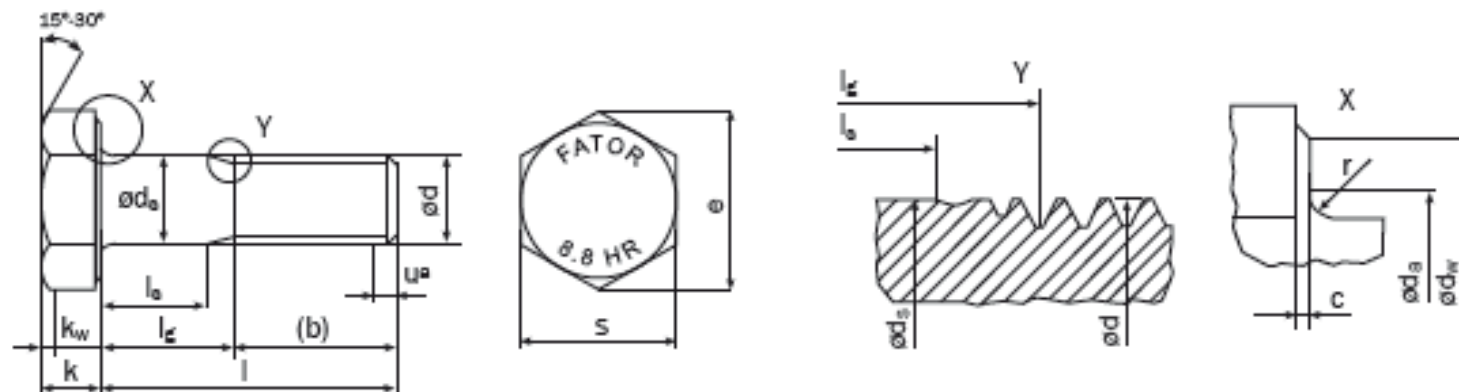
- ESFUERZO CORTANTE NORMAL A SU EJE Por deslizamiento
- SOMETIDOS A TRACCIÓN PARALELA A SU EJE Rotura a tracción, ya son uniones resistentes al deslizamiento
(Sistemas HR y HV, normas de producto UNE EN 14.399-3 y 143.99-4, respectivamente)

Sistemas de montaje de tornillo/tuerca/arandela

	tornillo/tuerca/arandela montaje sistema HR	tornillo/tuerca/arandela montaje sistema HV
Tornillo/tuerca montaje Arandelas Calidades	EN-14399-3 HR 8.8/8 or 10.9/10	EN-14399-4 HV 10.9/10
Arandelas Marcado	EN-14399-6 H	EN 14399-6 H
Indicadores Directos de Tensión (IDT) Marcado	DTI 8.8 or 10.9	DTI 10.9

Conjunto tornillo/tuerca sistema HR

Dimensiones de los tornillos



2.2 Material de aportación para soldaduras

PARTES DEL ELECTRODO

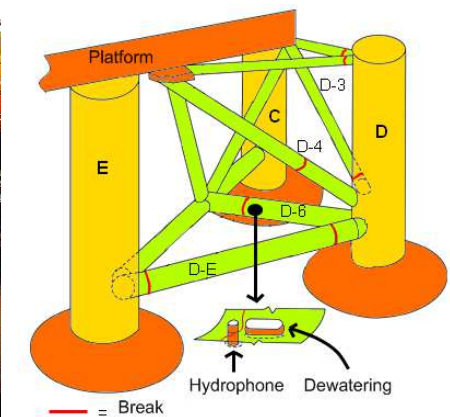
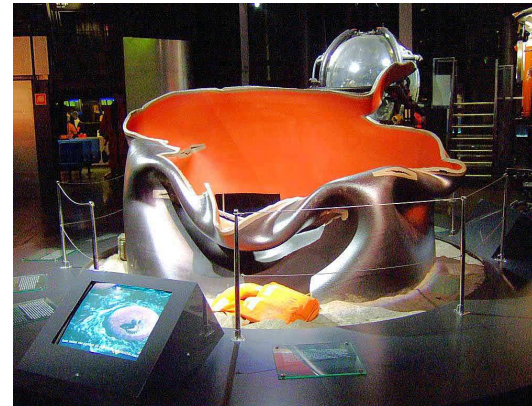
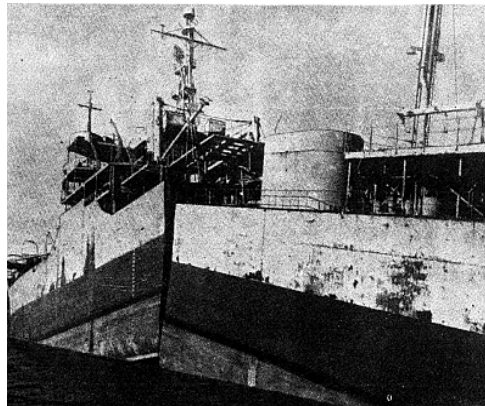
- ALMA Parte metálica interior (metal de aportación)
- REVESTIMIENTO PROTECTOR Parte no metálica exterior

TIPOS DE ELECTRODOS

- VARILLA RECUBIERTA DE PASTA PROTECTORA (soldadura SMAW)
- HILO CONSUMIBLE O DE TUNGSTENO (soldadura GMAW)

PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO

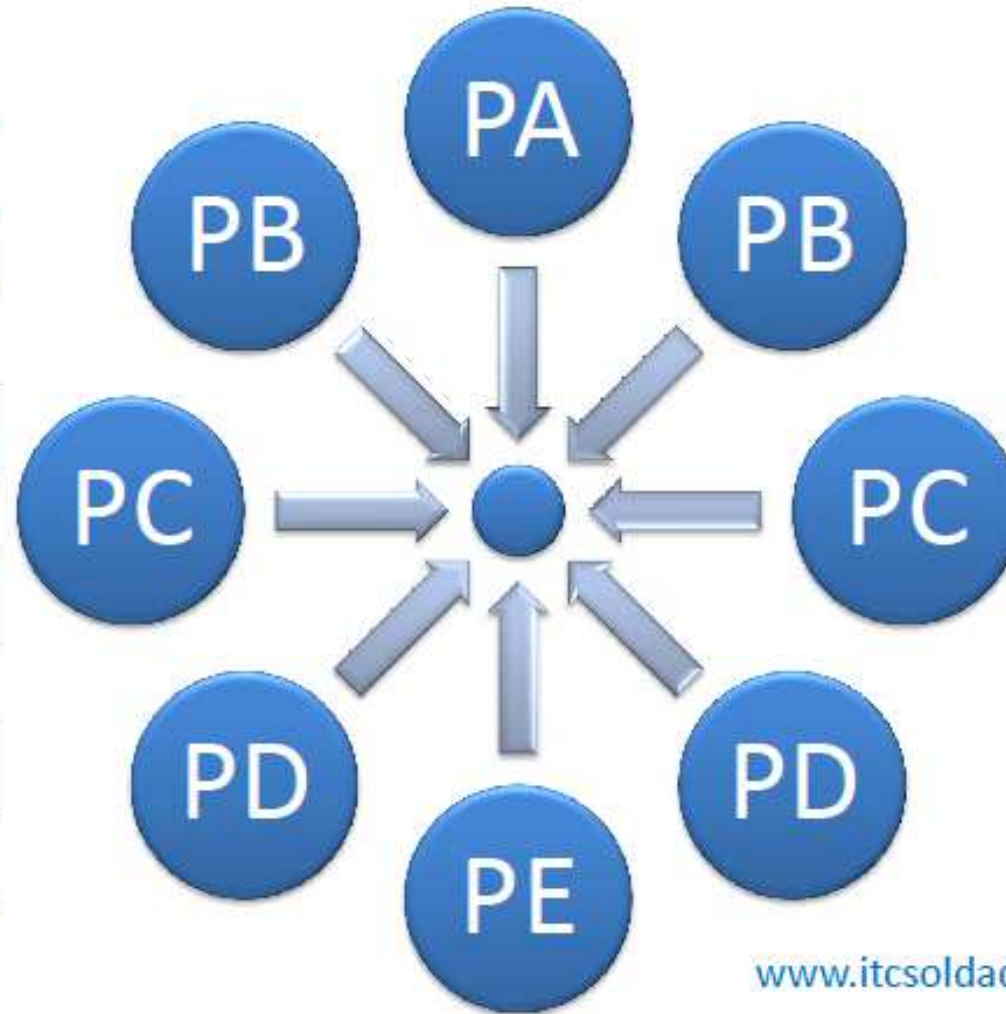
- MANUAL POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO (Shielded metal arc welding, SMAW)
Fundido de juntas de piezas a soldar a través del arco eléctrico formado entre el electrodo revestido y la pieza a soldar.
- POR ARCO CON GAS PROTECTOR Y ELECTRODO CONSUMIBLE (GMAW) o NO CONSUMIBLE REFRACTARIO (GMAW)
- POR ARCO SUMERGIDO (SAW)



POSICIONES DE SOLDEO

- PLANA
(Sobremesa)
- HORIZONTAL
(Cornisa)
- BAJO TECHO
- VERTICAL

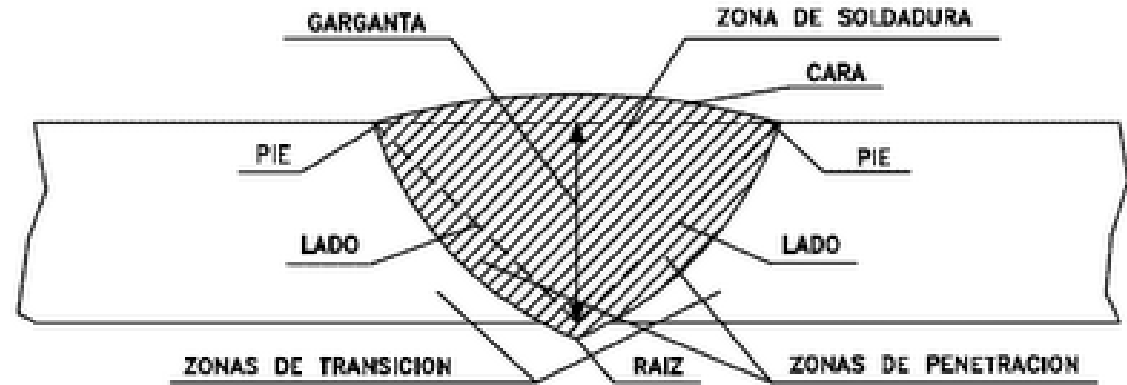
PA <small>SW, FW P, T</small>	Plana
PB <small>FW P, T</small>	Horizontal vertical
PC <small>SW, FW P, T</small>	Horizontal
PD <small>FW P, T</small>	Horizontal sota sostre
PE <small>SW, FW P, T</small>	Sota sostre
PF <small>SW, FW P, T</small>	Vertical ascendent
PG <small>SW, FW P, T</small>	Vertical descendent
PH <small>SW T</small>	Ascendent
PJ <small>SW T</small>	Descendent



Plana	Flat
Horizontal vertical	Horizontal vertical
Horizontal	Horizontal
Horizontal bajo techo	Horizontal overhead
Bajo techo	Overhead
Vertical ascendente	Vertical up
Vertical descendente	Vertical down
Ascendente	Upwards
Descendente	Downwards

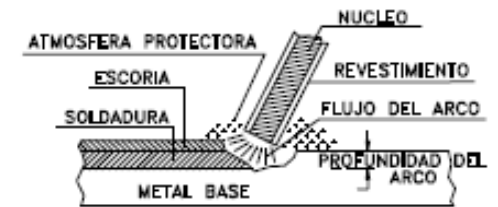
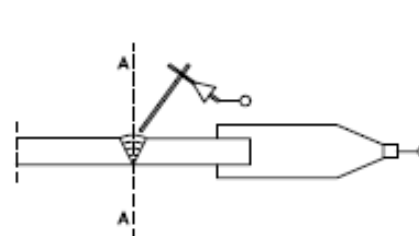
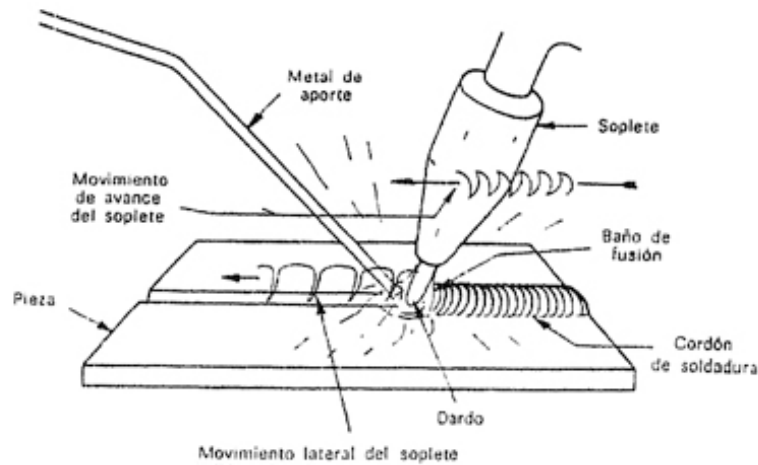
TIPOS DE SOLDADURA

De ángulo
A tope

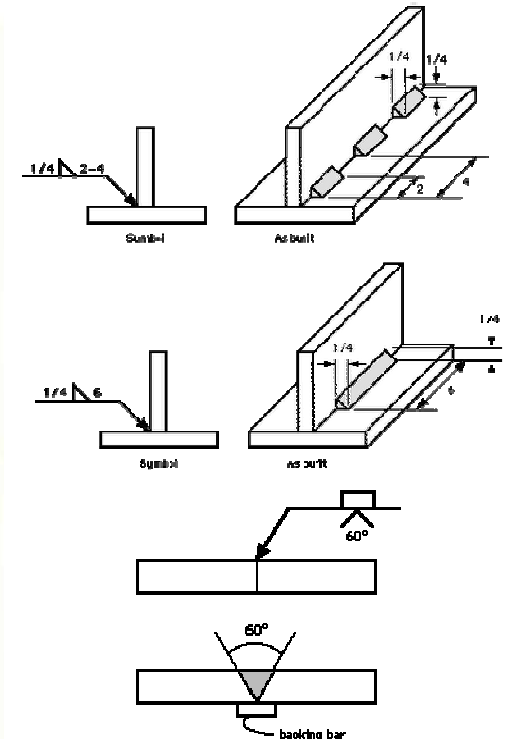
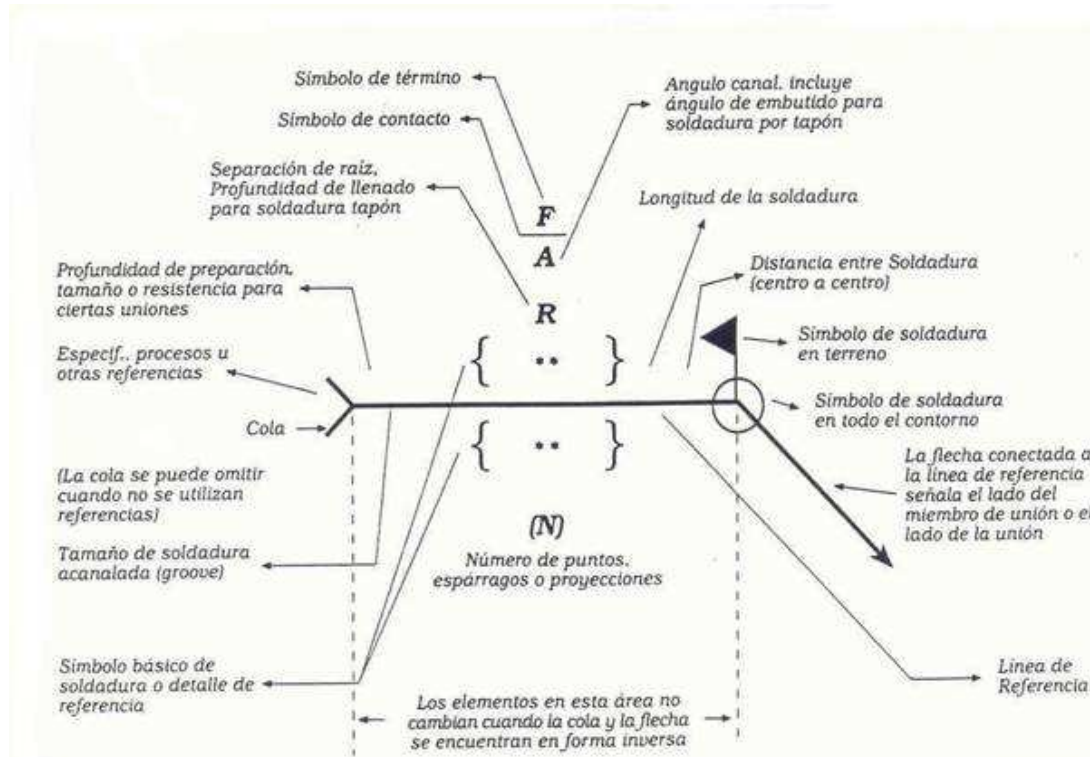
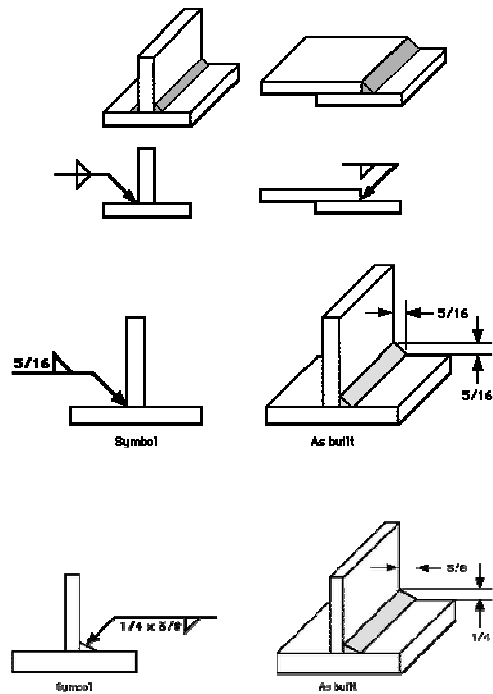


DIMENSIONES FUNDAMENTALES SOLDADURA

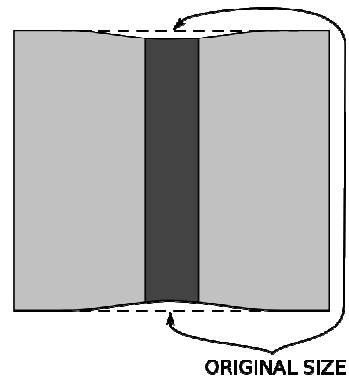
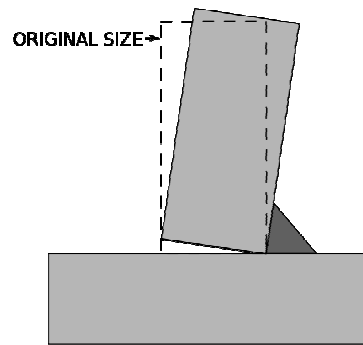
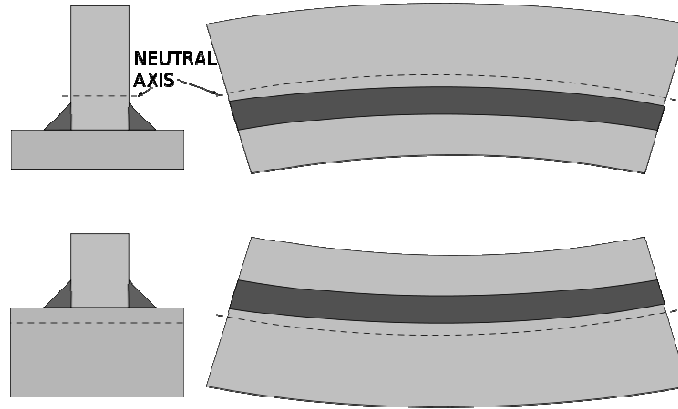
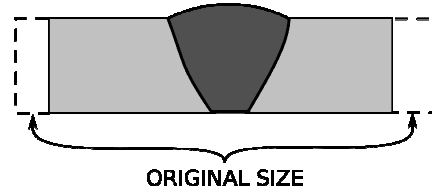
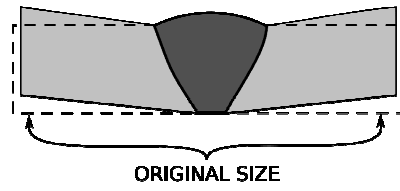
- GARGANTA: Altura máximo triángulo isósceles, de lados iguales contenido en las caras de piezas a unir
- LONGITUD EFICAZ: Longitud real del cordón, menos los cráteres extremos.
- CRÁTER: Igual a la garganta.
- ZONA SOLDADURA: Zona central, formada fundamentalmente por el metal de aportación.
- ZONA PENETRACIÓN: Parte de las piezas base que se unen, fundida por los electrodos
Su mayor o menor profundidad define la penetración de la soldadura
- ZONA AFECTADA TÉRMICAMENTE (ZAT): Zona más próxima a la de penetración, que no ha sufrido fusión pero ha soportado altas temperaturas, que la han proporcionado un tratamiento térmico con posibles consecuencias desfavorables, provocando tensiones internas
- CORDON RAIZ: En soldaduras de varios cordones, primer cordón que origina la unión de caras de la junta.
- PASADAS: Resto de cordones o pasadas simples de la soldadura
- CORDON DE SELLADO: Pasada de metal de aportación depositada sobre el lado opuesto de una unión a tope, a lo largo de la línea de raíz.
- LONGITUD DE ARCO: Distancia entre la punta del electrodo y la superficie del baño de fusión



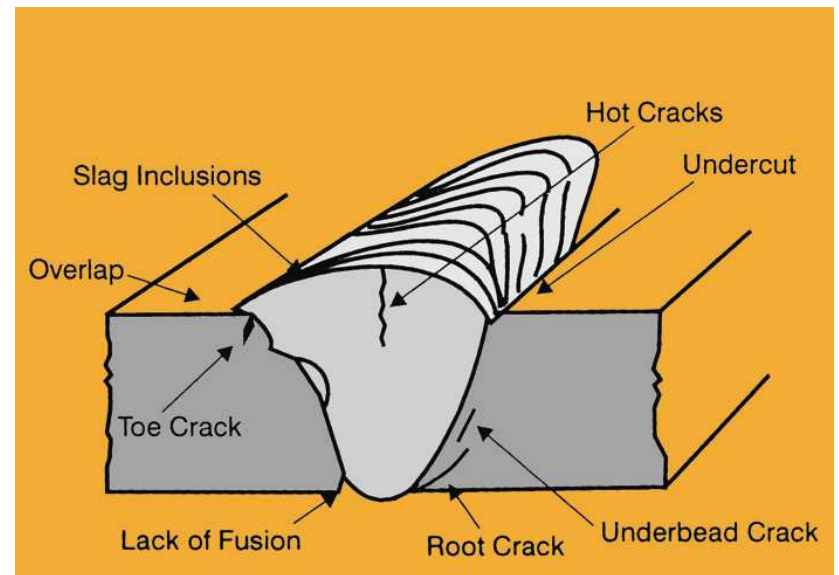
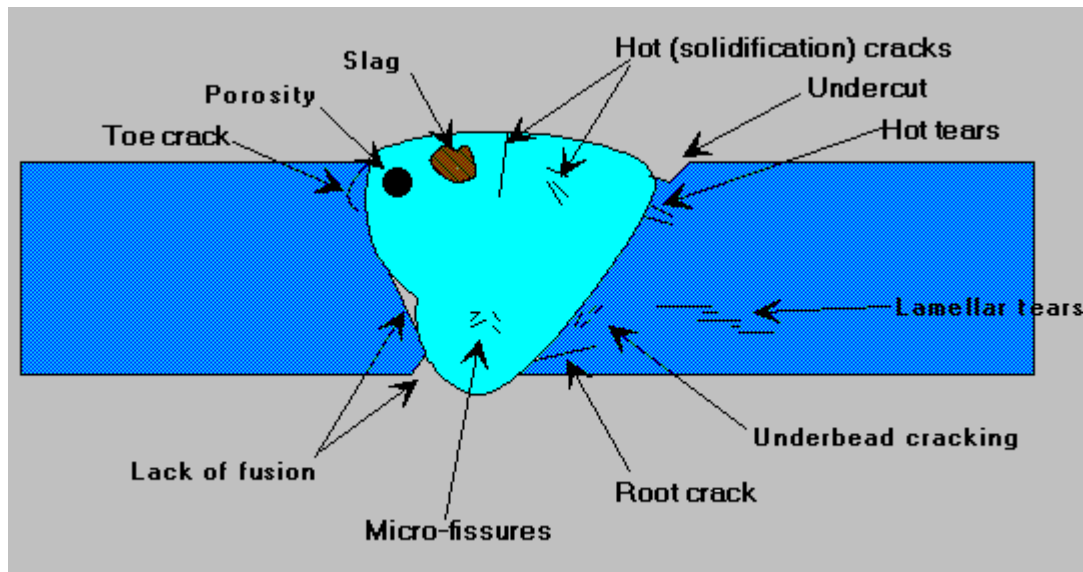
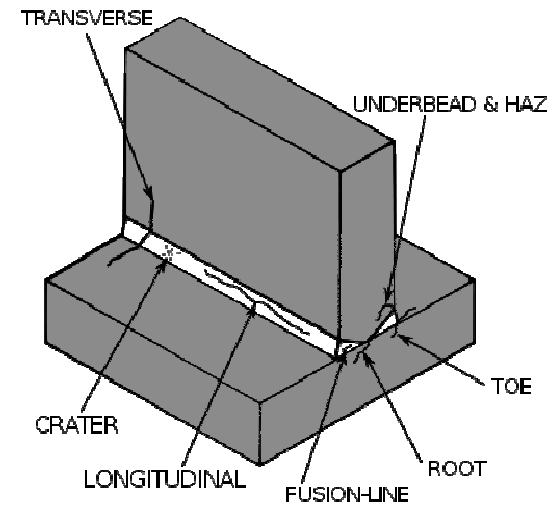
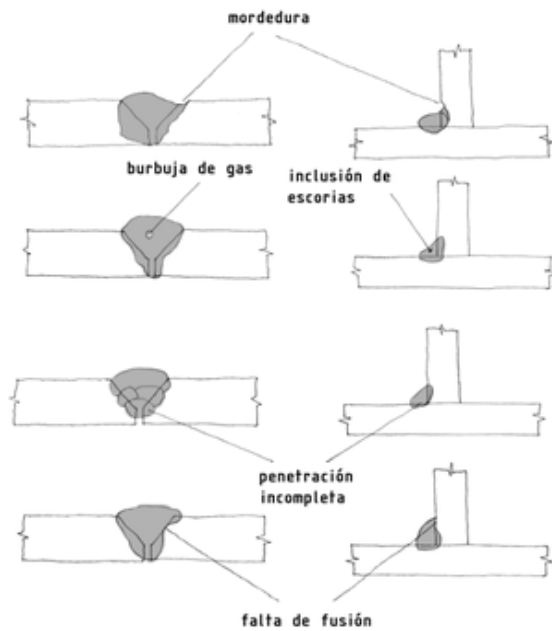
DESIGNACIÓN SOLDADURAS



DISTORSIONES DEBIDAS A LAS SOLDADURAS



PRINCIPALES DEFECTOS DE LAS SOLDADURAS

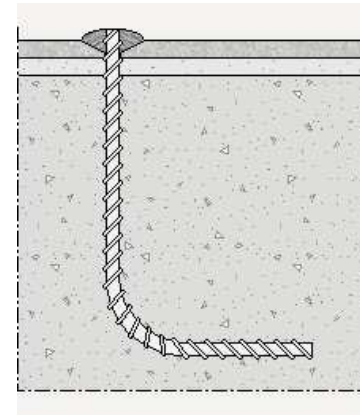


3 FIJACIONES ESPECIALES

PERNOS DE UNIÓN DE ELEMENTOS DE ACERO AL HORMIGÓN

- **EMBEBIDOS EN HORMIGÓN**
(Anclaje de basas de pilares)
- **ANCLADOS EN TALADROS RELLENOS DE MORTERO**
- **ANCLADOS MECÁNICAMENTE, TIPO EXPANSIÓN O CUÑA**
(Unión de pletinas de vigas o ménsulas de acero a pilares de hormigón)

REQUISITOS Anclaje por adherencia y de tornillos, de acuerdo con su material y montaje, (excepto diámetros de agujeros)



4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- Art. 30 EAE Tipos y sistemas de pintura de protección para estructuras de acero.
- Art. 9.4.3 METODOS DE PROTECCIÓN DB SE A Requisitos generales exigibles a galvanizado y pintura

TABLA 17. TIPOS DE SISTEMAS DE PINTURA. DURABILIDAD		(Art. 30 EAE)
TIPOS DE PINTURA		
De secado al aire		
De curado físico		En base disolvente En base agua
De curado químico		Epoxídica, bicomponente De poliuretano, bicomponente De curado por humedad
SISTEMAS DE PINTURA		
Capa base de imprimación		1 ó 2, según casos
Capa de acabado		1 a 4, según casos Espesor de película seca definido, que determina la durabilidad del sistema
DURABILIDAD DEL SISTEMA		
Baja	L	De 2 a 5 años
Media	M	De 5 a 15 años
Alta	H	Más de 15 años

5 **MARCADO CE Y DISTINTIVOS DE CALIDAD DE LOS PRODUCTOS PARA ESTRUCTURAS DE ACERO**

• **MARCADO CE**

- Productos planos y largos para uso con carácter permanente en las obras de construcción UNE EN 10.025:2006
- Consumibles para el soldeo (metales de aportación y fundentes para soldeo por fusión) UNE EN 13479:2005
- Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga UNE EN 14.399:2009/2010

Sistema de evaluación de la conformidad 2+.

• **Marca N AENOR**

- Perfiles laminados en caliente uso estructural: IPN, UPN, UPE, HEB, HEA, HEM, IPE AEN/CTC-046 (Calsider)
- Barras y perfiles comerciales de acero: U, L, LD, T, perfiles Ø, # y hexagonal AEN/CTC-046 (Calsider)
- Chapas de acero laminado en caliente uso estructural $e \geq 3$ mm AEN/CTC-046 (Calsider)
- Perfiles huecos de acero no aleado y grano fino, conformado en frío AEN/CTC-036 (Calsider)

- **MARCA EMC**

Marca de carácter voluntario gestionada por CALSIDER, para perfiles, barras y chapas de aceros laminados en caliente, en están posesión de la Marca N AENOR y cuyo fabricante además debe:

- Tener suscrito un seguro de responsabilidad civil.
- Garantizar la identificación y trazabilidad de cada partida de producto de acero suministrada.

Los productos con marca EMC añaden el logotipo de la marca al de N AENOR en su marcado de identificación.




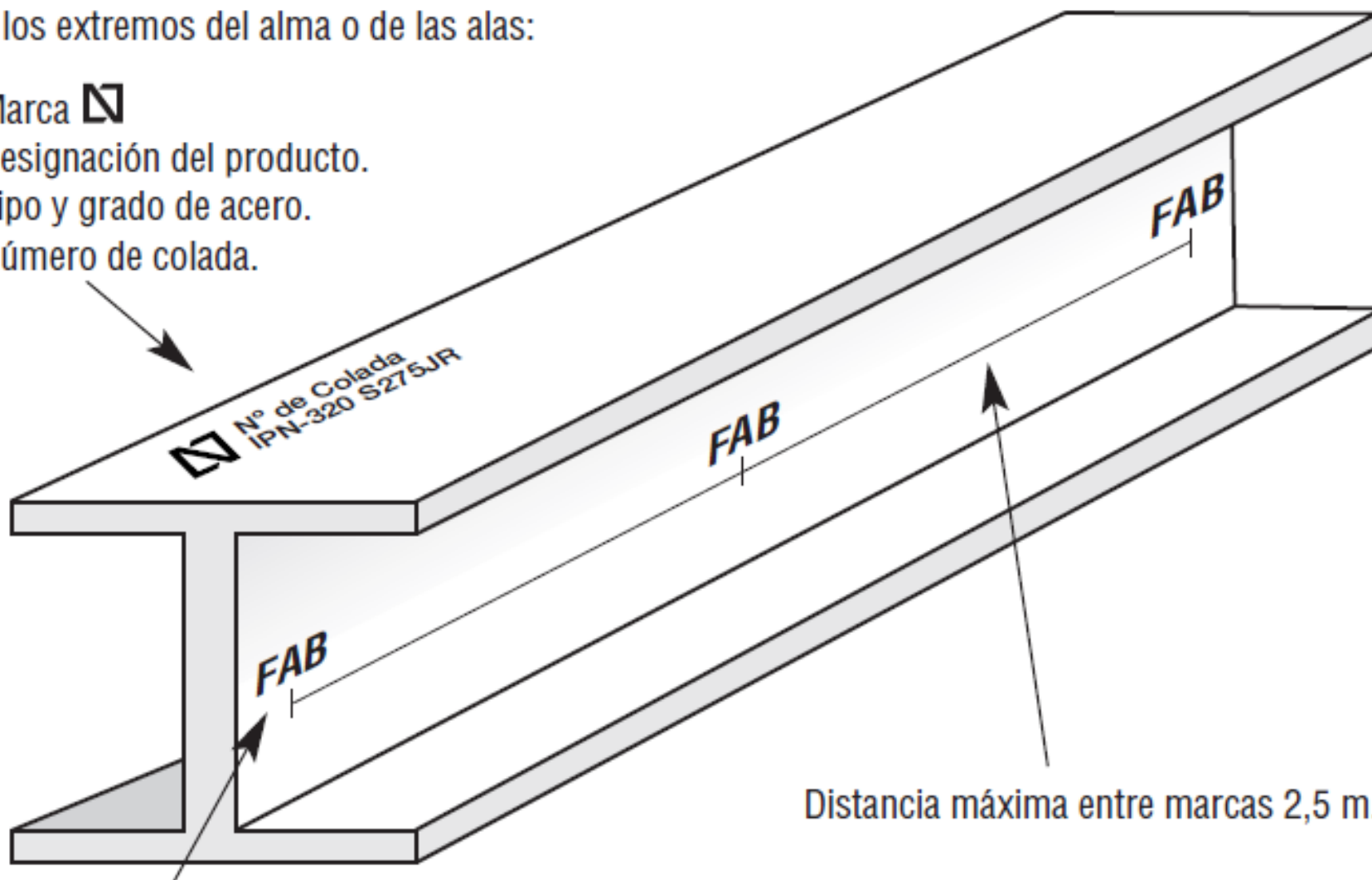
MARCADO FABRICANTE DE PRODUCTOS

Materialización de su garantía de que cumplen condiciones de norma de producto. Posibilita la trazabilidad del producto

- Marca del fabricante. Grabada en caliente, en relieve producido por los rodillos de laminación, a intervalos variables, con una distancia máxima de 2,5 m.
- Designación del producto. Mediante pintura indeleble, troquelado o grabado en caliente.
- Tipo y grado de acero. Mediante pintura indeleble, troquelado o grabado en caliente.
- Número de colada o lote. Mediante pintura indeleble.
- Logotipos: N de la Marca AENOR o de EMC. Mediante pintura indeleble.

En los extremos del alma o de las alas:

- Marca 
- Designación del producto.
- Tipo y grado de acero.
- Número de colada.



Marca del fabricante, grabada en caliente, en el alma del perfil.

1 UNIONES ATORNILLADAS

- CATEGORÍAS DE UNIONES ATORNILLADAS

TABLA 18. CATEGORIAS DE LAS UNIONES ATORNILLADAS			UNE EN 10.090 (Art. 58.2 EAE)
	CATEGORÍA	TIPO TORNILLO	COMPROBACIÓN RESISTENCIA
CORTANTE (Solicitud normal a eje tornillo)	A	Ordinario o de alta resistencia, sin pretensar o pretensados sin controlar el par	A cortante A deslizamiento
	B	De alta resistencia pretensados con apriete controlado, resistentes al deslizamiento en ELS	A cortante A aplastamiento A deslizamiento
	C	De alta resistencia pretensados con apriete controlado, resistentes al deslizamiento en ELU	A cortante A aplastamiento Axial chapa unión
TRACCIÓN (Solicitud paralela a eje tornillo)	D	Ordinario o de alta resistencia, sin pretensar	A tracción A punzonamiento
	E	De alta resistencia, pretensados con apriete controlado	A tracción A punzonamiento

- DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS DE AGUJEROS

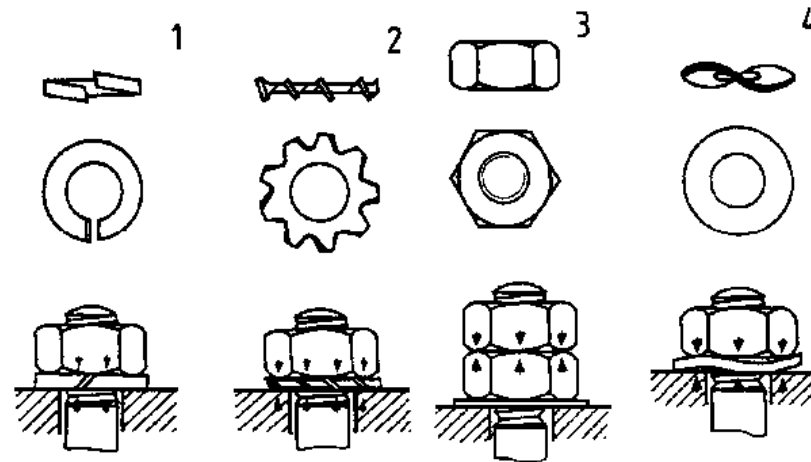
TABLA 20. HOLGURAS NOMINALES AGUJEROS TORNILLOS			UNE EN 10.025 (Art.58.4 EAE)	
Dimensión	MÍNIMA mm	RECOMENDADA mm	MÁXIMA, FUNCIÓN DEL AMBIENTE mm	
			Normal	Intemperie o corrosivo
SEPARACIÓN ENTRE CENTROS				
Paralela al esfuerzo	1,2 <i>d</i>	2,0 <i>d</i>	125 ó 8 <i>t</i>	40 + 4 <i>t</i>
Normal al esfuerzo		1,5 <i>d</i>		
DISTANCIA A BORDE				
Paralela al esfuerzo	2,2 <i>d</i>	3,0 <i>d</i>	Elementos comprimidos 200 ó 14 <i>t</i>	
Normal al esfuerzo			Elementos traccionados 400 ó 28 <i>t</i>	
DISTANCIA ACUALQUIER BORDE		2,0 <i>d_t</i>		
Siendo: <i>d</i> Diámetro del agujero <i>d_t</i> Diámetro del tornillo <i>t</i> Espesor de la pieza más delgada a unir				

TABLA 19. HOLGURAS NOMINALES AGUJEROS TORNILLOS			(Art.58.3 EAE)
TIPO AGUJERO	HOLGURA mm	MÉTRICA	TIPO UNIÓN
Redondo normal	1	M12 y M14	Cualquier tipo
	2	M16 a M24	
	3	> M 27	
Redondo sobredimensionado	3	M 12	Resistente por rozamiento
	4	M 14 a M22	
	6	M 24	
	8	> M 27	
Rasgado	4	M12 y M14	Resistente por deslizamiento: En dirección longitudinal *
	6	M16 a M22	
	8	M24	
	10	> M 27	
	1	M12 y M14	En dirección normal (o corta)
2	M16 a M24		
3	>M 27		

(*) Pueden disponerse mayores, siempre que no superen dos veces y media el diámetro del tornillo

- UTILIZACIÓN DE TORNILLOS, TUERCAS Y ARANDELAS

- ESTADO ROSCA TRAS APRIETE Sobresaliendo un filete (tornillos sin pretensar) ó 4 (tornillos pretensados)
- POSICIÓN TUERCAS Marcado accesible a inspección
Tornillos sin pretensar: Con contratuerkas u otro medio mecánico eficaz.
- ARANDELAS Tornillos sin pretensar: Sólo si se precisa evitar daños locales superficiales
(Recubrimientos de gran espesor)
Tornillos pretensados: Plana o achaflanada (UNE-EN 14399-5 y UNE-EN 14399-6)
Bajo cabeza siempre y bajo tuerca recomendable.
En superficies inclinadas, de espesor variable



PPTP debe especificar si en PROYECTO se ha considerado:

- El plano de cizalladura (suma de espesores de arandelas y chapas unión) en la rosca del tornillo
- Se deben soldar tornillos o tuercas, determinando el procedimiento de soldeo (UNE-EN ISO 15609-1)
- Se deben utilizar IDTs, indicando las instrucciones de uso del fabricante

• APRIETE DE TORNILLOS

- **Uniones no pretensadas.** Apretado progresivo, del interior hacia fuera, hasta CONTACTO AJUSTADO DE COMPONENTES, sin precisar valor de par de apriete (holgura local < 2 mm). Con holgura > 2 mm (o menores, según PPTP) pueden interponerse cuñas, forros o galgas.

Incluyen las uniones de basas de pilares con pernos de anclaje en hormigón.

- **Uniones pretensadas** Resistentes al deslizamiento, holgura máxima entre superficies de contacto ≤ 1 mm (Hasta 2 mm en ambientes corrosivos ó 4 mm en interiores, ajustables mediante forros).

Pretensado de tornillos tras contacto ajustado, ordenada y progresivamente, mediante: llave dinamométrica, IDT ó método combinado. Esfuerzo pretensado en espiga, 70% de la resistencia a tracción por el área o especificación PPTP



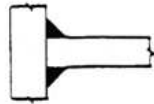
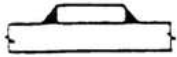
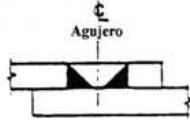










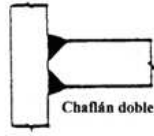
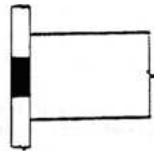
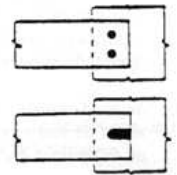
- SUPERFICIES DE CONTACTO (UNIONES RESISTENTES AL DESLIZAMIENTO)

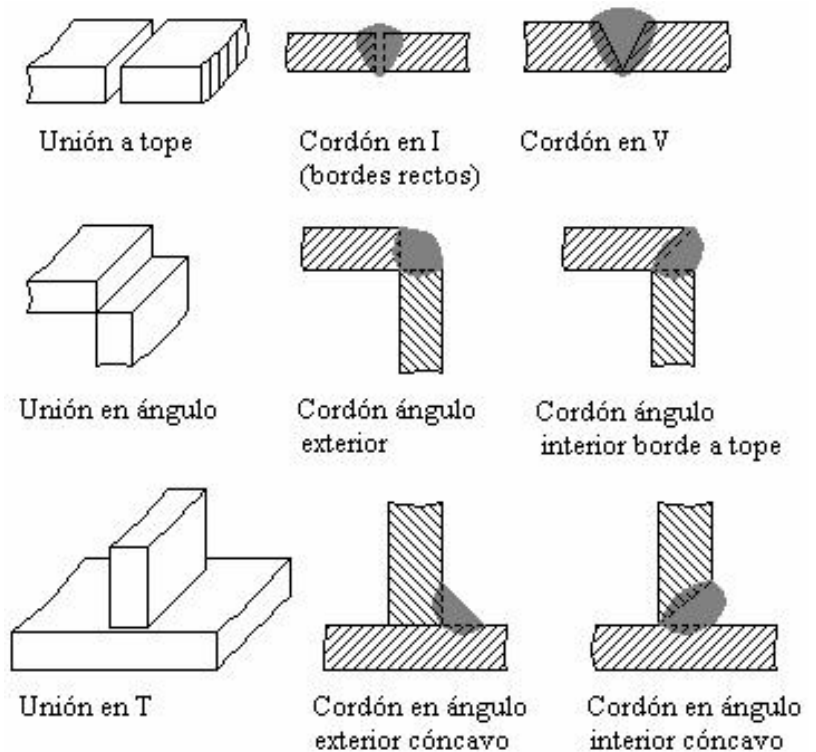
TABLA 21. VALORES DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO, FUNCIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL

CLASE	TRATAMIENTO		Coef. μ
A	A 1	Chorreado o granallado sin picaduras de corrosión	0,50
	A 2	Ídem y metalizado por pulverización con aluminio	
	A 3	Ídem metalizados por pulverización a base de zinc, con ensayo de deslizamiento	
B	Ídem con imprimación de pintura de silicato alcalino zinc hasta espesor 80 micras		0,40
C	Limpieza por cepillado o flameo (eliminación de toda la cascarilla o herrumbre). Superficie de acero galvanizado con cepillado con cepillo de alambre		0,30
D	Sin tratamiento ó de acero galvanizado		0,20

2 UNIONES SOLDADAS

TABLA 22. REQUISITOS DE CALIDAD PARA SOLDEO		UNE EN ISO 3.834
EXC 1		Parte 4: Requisitos elementales
EXC 2		Parte 3: Requisitos estándar
EXC 3 y 4		Parte 2: Requisitos completos

Tipo de soldadura	Tipo de unión		
	Unión a tope	Unión a tope en T	Unión de solape
Soldadura en ángulo			
Soldadura de ojal (o en ranura)			
Soldadura a tope con penetración completa*)	 Sencilla en V  En doble V  Sencilla en U  En doble U	 Chafán sencillo  Chafán doble  Sencilla en J  En doble J	
Soldadura a tope con penetración parcial*)	 En doble V  En doble U	 Chafán doble	
Soldadura de tapón (o botón)			



- **SOLDADURAS DE PENETRACIÓN**
 - **Completa** Metal de aportación ocupa todo el espesor de las piezas a unir
 - **Parcial** Metal de aportación en volumen inferior al de las piezas unidas

- **CORDONES EN ÁNGULO**
 - **Laterales** Paralelos a la dirección del esfuerzo que transmiten
 - **Frontales** Normales al esfuerzo
 - **Oblicuos** En casos intermedios

Pueden ser continuos o discontinuos y unir piezas cuyas caras conforman ángulos entre 60° y 120°.

- Ángulos mayores y menores Uniones de atado, sin capacidad resistente
- Ángulos entre 45° y 60° De penetración parcial

- **Espesor mínimo de garganta, a** en mm.

Elementos de sección llena	$a \leq 0,7 t_{min}$	Siendo t_{min} el espesor de la pieza más delgada a unir
Chapas de espesor < 10 mm	$a > 3,0$ mm	
Chapas de espesor < 20 mm	$a > 4,5$ mm	
Chapas de piezas ≥ 20 mm	$a > 5,6$ mm	

Amenos que el procedimiento de soldeo contemple espesores de garganta menores.

- **Terminación.** Nunca en esquinas, prolongación a su alrededor, en el mismo plano que el cordón, en longitud al menos igual a tres veces la garganta.

- **Cordones discontinuos.** Sólo en estructuras con cargas predominantemente estáticas, en clases de exposición C1 o C2, si el espesor de garganta requerido por cálculo resulta inferior al mínimo.
Distancias libres máxima entre extremos de cordones según Art. 59.4.8

- **Solapes.** En uniones a solape, el solape mínimo no será inferior a $5 t_{min}$, siendo t_{min} el menor espesor de las piezas a unir, ni a 25 mm. Si la unión debe transmitir esfuerzos axiales, deben disponerse cordones en ángulo frontales en ambos extremos de las piezas solapadas.
- **Excentricidades.** Disposición de cordones en ángulo tal que se evite la aparición de momentos flectores que no tengan por eje el del propio cordón.
- **Longitud mínima para cordones laterales.** Cordones en ángulo laterales que transmitan esfuerzos axiales de barras, longitud no inferior a $15 a$ ni al ancho de la pieza a unir.
- **CORDONES A TOPE** Se prohíben discontinuos.
 - **Soldaduras de botón**

Rellenan agujeros circulares o alargados ejecutados en una pieza que solapa a otra, sólo utilizables si no existe otro medio para transmitir esfuerzos cortantes, impedir el pandeo o la separación de partes solapadas. No deben utilizarse para transmitir esfuerzos de tracción.

Disposiciones según el apartado 77.5.10 para evitar su posible fisuración e inspección según apartado 91.2.

Limitaciones de agujeros de diámetros, extremos de agujeros y distancias entre ellos, espesor de metal de aportación en Art. 59.4.5 de EAE

Se prohíbe rellenar con soldadura los agujeros practicados en la estructura para colocar tornillos provisionales de montaje. Se dispondrán, por consiguiente, dichos agujeros en forma que no afecten a la resistencia de la estructura.
 - **Soldaduras en ranura**

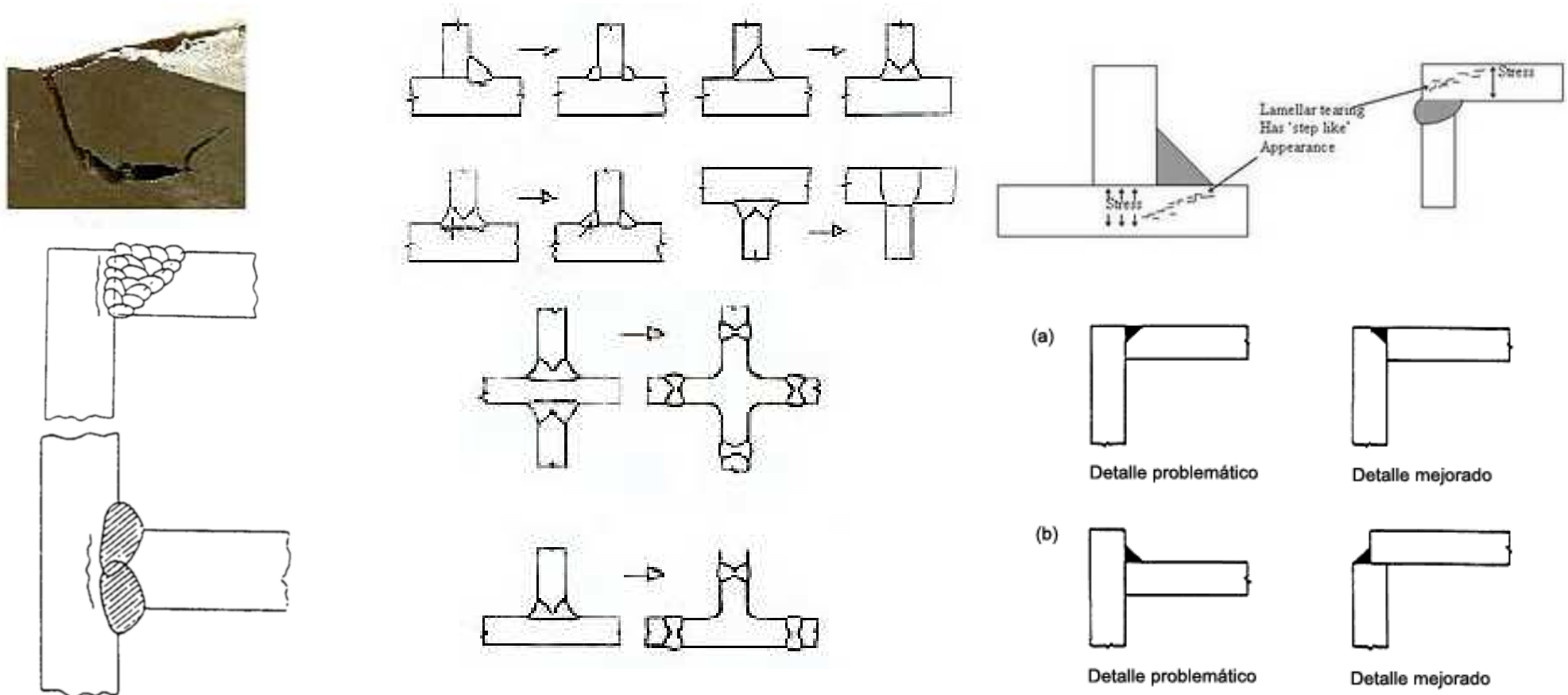
Sólo para transmitir esfuerzos cortantes o impedir el pandeo o la separación de partes solapadas.

Limitaciones de dimensiones de la ranura según correspondiente

- DESGARRO LAMINAR

Rotura o fisuración en el sentido de laminación de los productos de acero (perfiles o chapas) asociada a la geometría de las soldaduras que originan, al retraer, **tensiones normales al plano de laminación**, en el que la resistencia del acero es limitada (como consecuencia de la existencia de inclusiones no metálicas en el proceso de laminado).

Para evitarlo, si pueden existir tensiones de tracción (residuales de soldeo o debidas a fuerzas exteriores) en la dirección del espesor de piezas planas de $e < 15$ mm, debe estudiarse el procedimiento de soldeo, las propiedades del metal de base en la dirección del espesor y los detalles de la unión.



- **PLACAS BASE DE PILARES** Unión rígida o empotramiento perfecto. Si cumplen las condiciones del Art. 65.2.5 de EAE.
Unión articulada. Intercalando un bulón o dispositivo similar entre placa y soporte.

- **PLAN DE SOLDEO**

Incluyendo, según corresponda:

- Detalle de uniones: tamaños y tipos.
- Especificaciones: tipo de electrodo y precalentamiento.
- Secuencia de soldeo, limitaciones a la soldadura discontinua o comprobaciones intermedias.
- Giro o volteo de la pieza necesarias para el soldeo.
- Detalle de fijaciones provisionales.
- Disposiciones frente a desgarro laminar.
- Referencia al plan de inspección y ensayos.
- Requisitos para identificación de soldaduras.
- Procedimientos para reparar soldaduras defectuosas y acabado superficial de las soldaduras (rectificado y amolado).

- **PROCEDIMIENTO DE SOLDEO Y SOLDADORES CUALIFICADOS**

- **Procedimiento de soldeo.** De la tabla siguiente (UNE-EN ISO 4.063) o el que figure en PPTP.

TABLA 23 DESIGNACIÓN PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO		UNE EN ISO 4.063
111	Soldeo por arco con electrodo revestido	
114	Ídem con alambre tubular autoprotegido	
121	Ídem sumergido con alambre electrodo macizo.	
122	Ídem sumergido con banda electrodo.	
131	Ídem con alambre electrodo macizo y gas inerte; soldeo MIG.	
135	Ídem con alambre electrodo macizo y gas activo; soldeo MAG.	
136	Ídem con alambre tubular relleno de fundente y protección de gas activo; soldeo MAG.	
141	Ídem con gas inerte y electrodo consumible macizo; soldeo TIG.	
783	Soldeo de espárragos por arco inducido con férula cerámica o gas de protección.	
784	Soldeo de espárragos por arco inducido de ciclo corto.	

– **Cualificación del procedimiento.**

- MEDIANTE:
- Métodos de UNE-EN ISO 15.609-1.
 - Si lo especifica el PPTP, otros métodos o ensayos previos

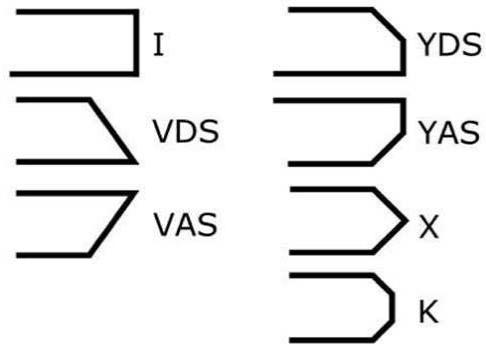
Cualificación mediante ensayo previo obligatoria en procesos automáticos con chapas imprimadas de taller y soldaduras con penetración profunda, realizadas en una sola pasada. Procedimientos cualificados mediante ensayo no utilizados durante un periodo superior a 3 años requieren inspeccionar una muestra a escala real de una prueba de producción previamente. Con electrodos de gran penetración o soldadura por ambas caras sin toma de raíz debe ensayarse una probeta mediante ensayo destructivo cada 6 meses además del ensayo previo.

– **Cualificación de soldadores.** Examen según UNE-EN 287-1 ó EN 1.418. Documentación acreditativa de la cualificación, certificada por organismo acreditado, archivada y disponible para verificación.

– **Coordinador de soldeo.** Estructuras de EXC 2, 3 y 4, requieren contar durante el soldeo con COORDINADOR DE SOLDEO, especialista con capacitación y experiencia acorde con el proceso de soldeo (UNE-EN ISO 14.731), responsable del mismo durante su ejecución.

• **PREPARACIÓN DE BORDES**

Para asegurar la penetración completa. El COORDINADOR DE SOLDEO debe elegir el tipo adecuado (UNE EN ISO 9.692.1). Superficie de piezas y bordes deben estar exentos de fisuras y entalladuras visibles, secas y libres de materiales que pueda afectar negativamente a la calidad de la soldadura. Se admite la imprimación si el procedimiento de soldeo ha sido cualificado con ella.



- **ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES**

Según instrucciones de fabricante y UNE EN ISO 3.834. Cualquier defecto o daño (fisuración o descamación del revestimiento de oxidación) del hilo implicará el rechazo.

- **PROTECCIÓN CONTRA LA INTEMPERIE.**

Piezas a soldar y soldador protegidos del viento, nieve y lluvia, por lo que es recomendable que las actividades de soldadura se lleven a cabo en taller. Las superficies a soldar deben mantenerse secas y libres de condensación.

- **MONTAJE PARA EL SOLDEO.**

Las piezas a soldar deberán estar alineadas y correctamente posicionadas manteniendo su inmovilidad durante el soldeo. Para ello pueden utilizarse soldaduras de punteo o dispositivos externos (plantillas o gálibos de armados). Se debe tener en cuenta la contracción longitudinal y transversal de las soldaduras durante el enfriamiento, pudiendo recurrir a enderezado posterior para cumplir las tolerancias del Art. 80 de EAE.

- **PRECALENTAMIENTO**

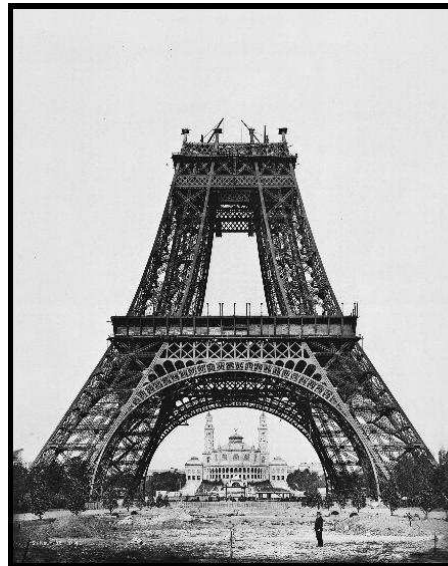
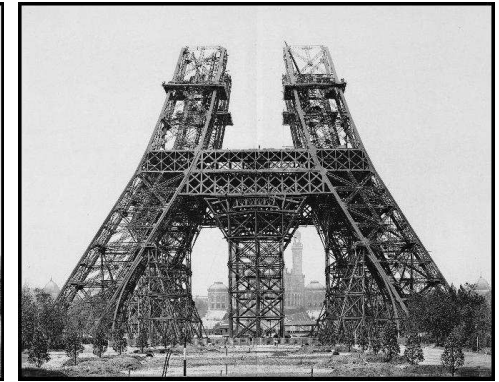
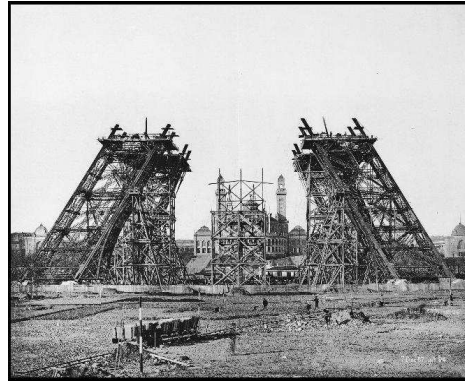
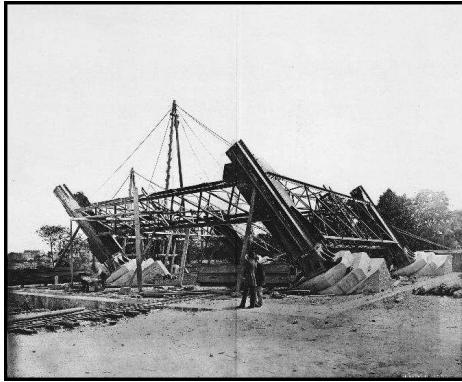
Su objeto es modificar el tiempo de enfriamiento, para reducir la probabilidad de formación de componentes frágiles en el material de aportación y en la zona afectada por el calor del material base. Su definición, que debe constar en el Plan de Soldeo, es responsabilidad del coordinador de soldeo.

- SOLDADURAS TEMPORALES O DEFINITIVAS

TABLA 24		REQUISITOS DE LAS SOLDADURAS TEMPORALES O DEFINITIVAS
SOLDADURAS	REQUISITOS	
TEMPORALES (DE PUNTEO)	Requeridas para facilitar el montaje, deben ser eliminadas posteriormente sin dañarla pieza Mediante corte o cincelado, quedando la superficie de metal lisa por amolado. Deben inspeccionarse tras la eliminación y ser ejecutadas por soldadores cualificados $l_{min} \text{ (mm)} > 4 e$ Siendo e el espesor de la pieza más gruesa de la unión > 50	
DEFINITIVAS	DE ANGULO	Elementos a unir en contacto lo más estrecho posible
	A TOPE	En PPTP debe señalarse si hay que recurrir a piezas adicionales de prolongación del cordón para garantizar que en el extremo exterior se mantiene la garganta sin los cráteres producidos por el cebado corte del acero. En EXC 3 y 4, las de penetración completa con caras accesibles requieren saneado de raíz antes de depositar el primer cordón dorsal, por arco o burilado.
	POR UN LADO	De penetración completa, con o sin chapa dorsal, permanente sólo si lo indica el PPTP. Con preparaciones de borde V y U, recomendable depositar cordón dorsal de raíz
	DE RANURA	Las ranuras pueden ser cuadradas, ovaladas o circulares Ancho b (mm): $7e \geq b \geq 2e$ Siendo e el espesor de la chapa Número de ojales, separación entre ellos y a borde, de fácil ejecución. No debe rellenarse el hueco tras ejecutar la soldadura de ángulo (tapón).
	DE CONECTADORES	En zonas libres de herrumbre, cascarilla, grasa y pintura. Pueden soldarse a través de la chapa perfilada sobre la viga si se cumple: <ul style="list-style-type: none"> - Espesor de chapa no galvanizada menor que 1,5 mm - Espesor de chapa galvanizada menor que 1,25 mm y de galvanizado que 30 μ - Zonas bajo y entre chapas secas y libres de condensaciones - Chapas lo más en contacto posible con las vigas (holgura menor que 2 mm) - No se ejecutaran soldaduras en zonas de solape de chapas - Se dispondrán en el eje del seno de la chapa o a un lado, si existe rigidizador

- ENDEREZADO

Corrección de distorsiones para cumplir con las tolerancias o por motivos estéticos, mediante prensa o máquinas de rodillo en frío o en caliente con llama, por medio de aplicación local de calor.



REQUISITOS DE EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO

- 1 FABRICACIÓN EN TALLER
- 2 MARCADO CE DE COMPONENTES ESTRUCTURALES PARA ESTRUCTURAS DE ACERO
- 3 MONTAJE EN OBRA

1 FABRICACIÓN EN TALLER

• PLANOS DE TALLER

Realizados por el CONSTRUCTOR, basados en los de PROYECTO. Deben contener:

- Dimensiones de elementos, clase de acero, tipo de perfil, peso y marca.
- Contraflechas de vigas, si se han previsto.
- Disposición de uniones, incluso temporales.
- Uniones atornilladas Diámetro de agujeros, con indicación de forma de mecanizado. Clase y diámetro de tornillos.
- Uniones soldadas Forma y dimensiones, preparación de bordes, procedimiento y posición de soldeo, material de aportación y orden de ejecución, si es necesario.
- Indicaciones sobre mecanizado o tratamiento de los elementos que lo precisen.
- Elementos auxiliares (orejetas, plantillas, gálibos de armado, agujeros, etc.) para fijación, volteo, enderezado o izado de los elementos metálicos principales, indicando posición y conexión a otros elementos, así como el posible saneo posterior a su eliminación.
- Posición y radio de groeras para cruce de soldaduras.

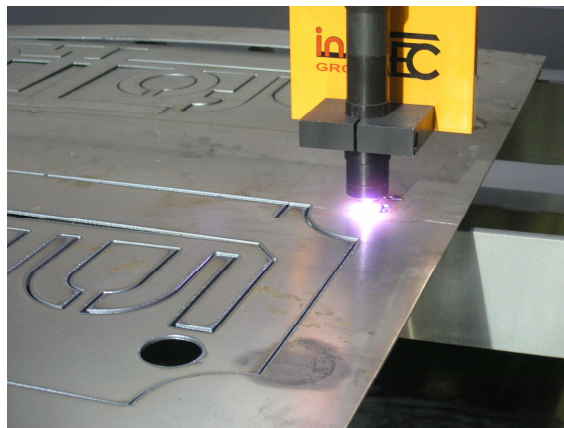
Antes de comenzar la ejecución en taller, el constructor debe entregar **DOS COPIAS** al DO, para su revisión y firma de la copia autorizada. Si debe modificarse su contenido, tras procederse a ello se repite el proceso. Las modificaciones de Proyecto durante la ejecución conllevan la lógica modificación de los planos de taller, que siempre debe aprobar el DO.

• CONTROL DE CONFORMIDAD DE PRODUCTOS

Antes del inicio de la fabricación, se debe proceder al CONTROL DE CONFORMIDAD DE PRODUCTOS y a la ELIMINACIÓN DE LOS DEFECTOS SUPERFICIALES. Si resultasen defectos ocultos no corregibles (inclusiones, sopladuras, memas fuera de tolerancia, etc.), debe rechazarse el producto.

- PROCESOS DE FABRICACIÓN DE ELEMENTOS

- **Marcado, manipulación y almacenamiento.** Marcado con pintura (o prensa o troquel, si lo autoriza el DO), para facilitar el control de acopios y montaje en obra. Almacenamiento de elementos fabricados en las condiciones de durabilidad requeridas (sin contacto directo con agua acumulada o terreno) y de elementos auxiliares (tornillos, electrodos, pinturas, etc.) según instrucciones del fabricante.
- **Enderezado.** Para corregir desviaciones de tolerancia. Mediante prensas o máquinas de rodillos (chapas y perfiles) o estirado (perfiles ligeros de gran esbeltez).
- **Corte.** El proyectista o el DO debe establecer el método a emplear en EXC 1 y 2. Preferiblemente sierra, plasma y oxicorte automático frente a corte mediante cizalla (hasta $e < 25$ mm) u oxicorte manual. No requiere mecanizado posterior si el acabado queda libre de irregularidades y no se producen endurecimientos locales superiores a 380HV10. En EXC 4 y 3, el oxicorte manual y la cizalla, en EXC 3 con espesor > 15 mm, requieren mecanizado. El equipo utilizado debe revisarse periódicamente para garantizar la magnitud máxima de irregularidades. Rebabas y partes dañadas deben eliminarse y realizar el corte de modo que no queden ángulos entrantes con arista viva (efecto entalla), redondeando las aristas con radio mínimo 5 mm (EXC 3 y 4, 8 mm).



– **Conformación.** Por doblado con rodillos en caliente o plegado (o curvado) en frío, con los radios mínimos de UNE EN 10.025 o redactando un procedimiento específico elaborado por el Constructor en el que se indique el tratamiento térmico a aplicar y las medidas de control oportunas, que deberá ser aprobado por el DO, que podrá establecer los ensayos o procedimientos de control oportunos para garantizar la adecuación del proceso, especialmente si se recurre a la aplicación de calor por soplete en estructuras de EXC 3 y 4.

– **Perforación.** Mediante taladrado o punzonado de perforaciones a diámetro definitivo o reducido en 2 mm, para escariado posterior.

Agujeros rasgados punzonados de una vez o taladrados con dos agujeros, con posterior acabado para asegurar el desplazamiento del tornillo a lo largo del óvalo, si se ha previsto, y mecanizado.

Se recomienda taladrar a la vez los agujeros de las piezas de una misma unión, si es posible.

Las rebabas deben eliminarse de los agujeros antes del armado, excepto cuando los agujeros están taladrados en una sola operación a través de los elementos unidos firmemente entre sí que no necesitan separarse después del taladrado. Deben corregirse los bordes de agujeros que alcancen una dureza local superior a 380HV10 (EXCs 4 y 3).

- **ENSAMBLADO PREVIO**

Presentación y montaje de los elementos fabricados en taller, previo al montaje en obra.

Las uniones deben coincidir con las tolerancias del Artículo 80 de EAE, sin forzar o dañar elementos, comprobándose el ajuste (dimensiones, ortogonalidad y planeidad) de las superficies de apoyo por contacto.

Agujeros desalineados o no coincidentes se pueden corregir mediante escariado si están dentro de los límites definidos en el apartado 76.2 de EAE; en caso contrario, rechazo de los elementos afectados. Para evitarlo se recomienda el uso de plantillas o taladrado conjunto.

En uniones con soldaduras a tope se debe comprobar que las tolerancias entre preparaciones de borde están dentro de las exigencias aplicables a los tipos de soldadura previstos. Requisitos relativos a contraflechas o ajustes previos, según PPTP.

- **EJECUCIÓN Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN DE SOLDADURAS**

En clases EXC 3 y 4, si se produce proyección de chispas erráticas, amolado de superficie afectada e inspección. Debe evitarse la proyección y salpicaduras de soldadura y eliminarlas si se producen. En cada pasada debe eliminarse escoria y defectos que se aprecien en la superficie antes de proceder a la siguiente.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN DE SOLDADURAS basado en UNE EN ISO 5.817 (u otro, si lo especifica el PPTP) según los NIVELES DE CALIDAD, función de la gravedad y extensión de los defectos detectados:

- D Moderado
- C Intermedio
- B Elevado

TABLA 28. NIVELES DE CALIDAD DE SOLDADURAS PARA LAS DIFERENTES CLASES DE EJECUCIÓN (Art. 77.6 de EAE)	
EXC 1	Nivel D
EXC 2	Nivel C en general y D para defectos de: Mordedura (5011, 5012), solapamiento (506), cebado del arco (601) y rechupe de cráter abierto (2025)
EXC 3	Nivel B
EXC 4	Nivel B y requisitos complementarios

2 MARCADO CE DE COMPONENTES ESTRUCTURALES PARA ESTRUCTURAS DE ACERO

Las componentes estructurales de acero deberán ostentar el marcado CE a partir del 1 de octubre de 2012 conforme a las normas de producto correspondientes, que se listan a continuación.

- | | |
|---------------------|--|
| UNE-EN 1.090-1:2011 | EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ALUMINIO
Parte 1: Requisitos para la evaluación de la conformidad de los componentes estructurales. |
| UNE-EN 1.090-2:2011 | Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero |

3 MONTAJE EN OBRA

- PROGRAMA DE MONTAJE

Elaborado por el Constructor y aprobado por el DO antes del inicio de la ejecución. El PPTP debe determinar el método de montaje adecuado a las características resistentes de la estructura, que servirá de orientación al Constructor.

El programa se desarrolla en dos fases: preliminar y definitiva.

TABLA 29. PROGRAMA DE MONTAJE PREELIMINAR Y DEFINITIVO	
FASE	CONTENIDO
PROGRAMA PREELIMINAR	Descripción de fases: tiempos de actividad y fechas a origen de inicio y final, incluyendo la coordinación con la elaboración en taller y el transporte a obra.
	Equipo requerido en cada fase, incluyendo grúas.
	Personal, especificando su cualificación profesional.
	Precauciones especiales frente a las condiciones climáticas durante el montaje.
	CUESTIONES A TENER EN CUENTA <ul style="list-style-type: none"> - Situación de nudos y empalmes - Longitudes máximas de barras - Secuencia de montaje - Estabilidad provisional, incluyendo apeos y arriostramientos - Condiciones para la retirada de apeos y arriostramientos - Piezas con estabilidad reducida durante montaje (lateral y a torsión), de izado y manipulación especial - Ejecución de bases de pilares y apoyos en cuanto a retacado con mortero de placas base. - Contraflechas y ajustes en juntas de dilatación - Utilización de chapa perfilada como contribución a la estabilidad - Posibilidad de que las cargas de ejecución superen a las de cálculo - Necesidad de uso de elementos auxiliares: cimbras, apeos o arriostramientos provisionales.
PROGRAMA DEFINITIVO	El Constructor puede modificar el programa preliminar e introducir otros métodos o sistemas, siempre que lo justifique mediante cálculo o referencias de obra similares ante el DO. Debe asegurar que las modificaciones cumplen lo estipulado en PPTP y no implican desviaciones sobre el presupuesto.

- **PILARES**

- **Replanteo y colocación**

Inspección previa de la cimentación previamente, incluyendo pernos de anclaje.

Pernos dotados de libertad para facilitar su inserción en las basas de los pilares,

La posición de pilares durante el montaje no debe sufrir modificaciones que excedan las tolerancias del Art 80 de EAE.

Pernos, calzos o cuñas de nivelación basas deben de ser capaces de soportar la estructura montada, previamente al retacado con mortero de nivelación.

El recubrimiento mínimo de los elementos provisionales que vayan a quedar embebidos en el hormigón es de 25 mm.

- **Retacado con mortero**

El espacio entre basa y cimentación debe rellenarse, lo antes posible, con mortero de cemento o morteros especiales sin retracción, con un espesor mínimo de 25 mm.

En basas de dimensión mínima 400 mm, orificios de venteo de 50 mm para facilitar la penetración del mortero.

El material de relleno de pilares empotrados mediante receptáculos tipo cáliz de resistencia característica al menos igual que la de la cimentación. Primero se deben rellenar dos tercios de la longitud de empotramiento, no sometiendo a ninguna carga al pilar hasta que el material de relleno no alcance la mitad de su resistencia característica.

- **EJECUCIÓN DEL MONTAJE**

- **Planos de montaje**

Elaborados a partir de los de taller: Plantas y alzados acotados, a escala que permita apreciar las marcas de montaje de identificación de elementos y uniones y las tolerancias especiales. En las basas, debe constar número, tipo, diámetro y posición de pernos de anclaje, así como la holgura a rellenar con mortero de nivelación.

Deben incluir todos los elementos provisionales (arriostrados, escaleras de obra o accesos temporales) así como el peso y centro de gravedad de elementos o subconjuntos de más de 50 kN.

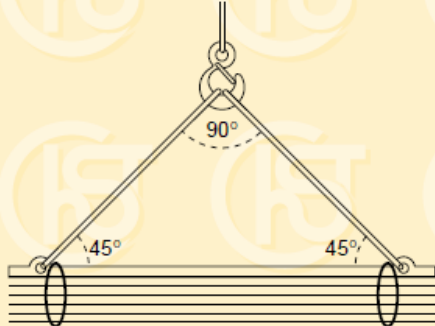
– **Marcado de elementos**

Además del marcado de elementos o componentes, si no se deduce la orientación de montaje o induce a error, pudiendo provocar la inversión de esfuerzos, marcado de orientación (interior/externo; arriba/abajo; superior/inferior). Con componentes idénticos se puede repetir la marca de montaje.

– **Manipulación y almacenamiento durante el montaje en obra**

Se debe prestar especial atención al eslingado en las operaciones de descarga e izado. Los daños de los elementos que afectan a tolerancias, acabado de protección o uniones deben repararse. La tornillería, elementos de fijación, cubrición y auxiliares deben estar embalados e identificados.

SUJECIÓN DE CARGAS - ESLINGADO

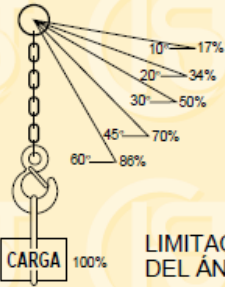


CABLES ADECUADOS
CON ACOPLAMIENTO
TERMINALES

FACTOR DE SEGURIDAD
DE 5 A 8 SI EL RIESGO PARA
PERSONAS ES ALTO

EMPLEAR VARIOS RAMALES
CUANDO LA ESTABILIDAD
LO PRECISE

REALIZAR INSPECCIONES
Y MANTENIMIENTO
REGULARES



LIMITACIÓN DE LA CARGA EN FUNCIÓN
DEL ÁNGULO DE LOS RAMALES

**INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO**

ST. X. 17

– **Montaje de prueba**

El PPTP puede exigir montaje de prueba en taller. En el Programa de Montaje Definitivo, el Constructor puede incluir el montaje en blanco para evaluar el tiempo o duración de operaciones de montaje complicadas.

– **Métodos de montaje**

Debe garantizarse la resistencia y estabilidad de la estructura durante todo el montaje. Para ello, en edificios se recomienda comenzar por núcleos rígidos que hagan intraslacional el conjunto, confiriendo estabilidad a las piezas que se montan posteriormente.

Los pernos de anclaje de basas de pilares articulados no deben de considerarse eficaces para evitar el vuelco.

Debe preverse el efecto de las acciones de ejecución (peso de personal y equipo) y viento sobre la estructura incompleta durante el montaje.

Los arriostramientos provisionales deben mantenerse hasta poder ser retirados sin comprometer la seguridad estructural

Las uniones de elementos provisionales de montaje deben cumplir el PPTP y ejecutarse de forma que no limiten ni la resistencia ni la capacidad de servicio de la estructura definitiva.

Los anclajes provisionales deben estar asegurados contra aflojamientos involuntario.

El Constructor es responsable sobretensiones o distorsiones por acopio de materiales o cargas de montaje a lo largo de la construcción sobre cualquier parte de la estructura.

– **Alineaciones**

Estructura y sus elementos alineados, nivelados y ajustados tan pronto como sea posible una vez montados (mediante tuercas de nivelación, cuñas y forros), ejecutando las uniones inmediatamente después.

En las uniones definitivas, asegurar que su ejecución no compromete el ajuste, nivelación y aplomado de elementos posteriores. Las cuñas pueden soldarse para evitar deslizamientos, si son de acero de espesor mínimo 4 mm cuando se empleen en el exterior. Los errores de montaje o ajuste no corregibles mediante cuñas o forros, deben modificar la fabricación de los elementos, consignando los cambios introducidos en los planos de montaje.

- **TRATAMIENTOS DE PROTECCIÓN (EN TALLER Y OBRA)**

El PPTP debe definir el **sistema de protección** contra la corrosión, los **requisitos adicionales** para obtener condiciones de servicio de la estructura acordes con su vida útil y el **plan de mantenimiento**, teniendo en cuenta el nivel de corrosión atmosférica y grado de exposición de los diferentes elementos estructurales. Debe considerarse conjuntamente los **tratamientos de protección frente a incendio** y corrosión, ya que los requisitos del primero pueden exigir protección superior al segundo (pinturas intumescentes y morteros proyectados). El PPTP debe definir el **sistema de tratamiento previo** al pintado, detallando como mínimo:

- Preparación de superficies.
- Tipo y espesor de la capa de imprimación anticorrosiva, de las capas intermedias y de las de acabado y retoque.

En el presupuesto de Proyecto, debe constar si el precio de la estructura incluye el sistema de protección.

- **Preparación de superficies**

Debe eliminarse suciedad, cascarilla de laminación, restos de escoria de soldaduras y grasa o humedad superficial. Si existieran, revestimientos anteriores.

La preparación por chorreado (UNE-EN ISO 8.504-1 y 2) o la limpieza mecánica y manual (UNE-EN ISO 8.504-3) deben obtener el grado de rugosidad definido en el PPTP, de acuerdo con UNE-EN ISO 8503, Partes 1 a 5. Las instalaciones de chorreado fijas deberán inspeccionarse periódicamente. Para facilitar la inspección se debe conocer el estado inicial de las superficies (UNE-EN ISO 8501-1).

Las condiciones ambientales durante la **preparación de las superficies en obra** no debe perjudicar la calidad del acabado: No se realizarán en tiempo lluvioso, con humedad superior al 85% o temperaturas bajas que puedan producir condensaciones. La temperatura del substrato a pintar deberá estar 3°C por encima de la del punto de rocío del ambiente. Se deberán tomar las precauciones oportunas para no dañar a otras superficies.

La **preparación en taller** mediante métodos abrasivos debe ir seguida de eliminación de polvo (UNE-EN ISO 8502-3) y aplicación de imprimación de secado rápido que no altere las fases siguientes.

– **Métodos de protección**

- METALIZACIÓN (UNE-EN ISO 2.063),
- GALVANIZACIÓN EN CALIENTE (UNE-EN ISO 1.461)
- PINTADO
- REQUISITOS ESPECIALES

Superficies de elementos embebidos en hormigón. Sin protección a partir de 30 mm por debajo del nivel de hormigón, si su superficie está protegida frente a procesos de carbonatación. Solo requieren cepillado (eliminación de cascarilla, suciedad y grasa). La imprimación de taller no requiere operación adicional.

Uniones atornilladas. Deben inspeccionarse antes aplicar la pintura en obra.

Uniones soldadas. Ejecutar sobre una banda sin pintar o con imprimación de 150 mm de ancho La soldadura y su parte adyacente deben pintarse tras eliminar la escoria y aceptarse la unión.

Pintado de elementos inaccesibles. Antes del montaje.

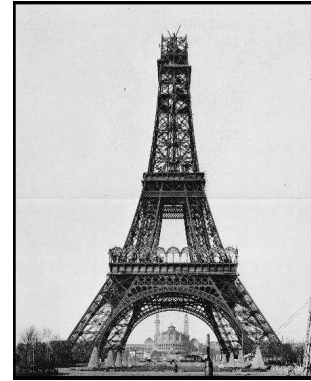
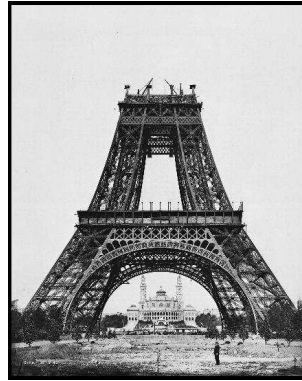
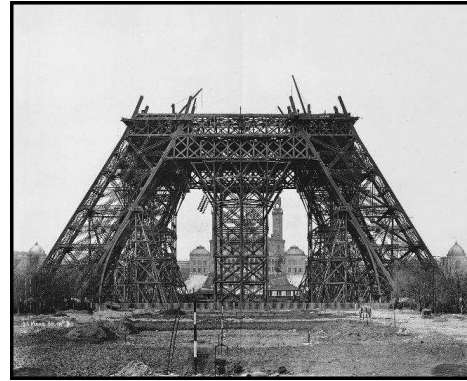
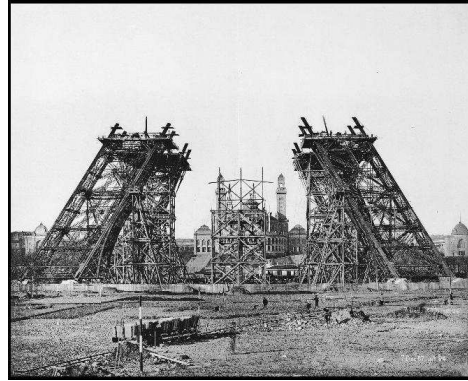
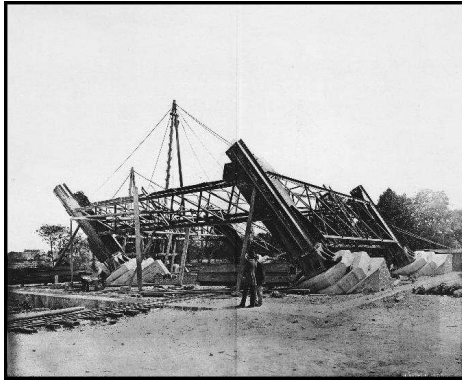
Perfiles cerrados o tubulares. El PPTP debe indicar si requieren tratamiento interno. Con soldaduras resistentes o de sellado de extremos, el interior se considera protegido. Las soldaduras de sellado sólo requieren inspección visual. Los perfiles galvanizados en caliente, quedan protegidos interiormente, sin sellado de extremos.

• **PROTECCIÓN DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN**

Elementos de fijación y anclaje deben suministrarse con protección adecuada a la clase de exposición.

La más adecuada para los elementos de estructuras galvanizadas en caliente es la galvanización (UNE-EN ISO 1.068), ya que garantiza la ausencia de posibles fenómenos de corrosión por pares galvánicos.

Los pernos de anclaje no requieren ningún tratamiento a menos que lo indique el PPTP.



CONTROL DE CALIDAD DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE EDIFICACIÓN

- 1 CONTROL DE PROYECTO
- 2 CONTROL DE PRODUCTOS
- 3 CONTROL DE PROCESOS
 - 3.1 Fabricación en taller
 - 3.2 Montaje en obra
- 4 CONTROL DE ESTRUCTURA

REQUISITOS BASICOS DEL CONTROL DE CALIDAD DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA EDIFICACIÓN

Verificación de la conformidad responsabilidad de la DF, en representación del Promotor

- SEGURIDAD ESTRUCTURAL (SE)
 - Resistencia, estabilidad (ELU)
 - Aptitud al servicio (ELS)
 - Durabilidad (ELD)
- SEGURIDAD FRENTE A INCENDIO (SI)
- CALIDAD MEDIOAMBIENTAL DE LA EJECUCIÓN

CONTROLES DE CONFORMIDAD COMPRENDIDOS

- PROYECTO. Previo al inicio de la ejecución
- PRODUCTOS PARA ESTRUCTURAS DE ACERO (Control de recepción)
- PROCESOS (Control de ejecución).
Ambos, durante la ejecución
- ESTRUCTURA. Finalizada la ejecución

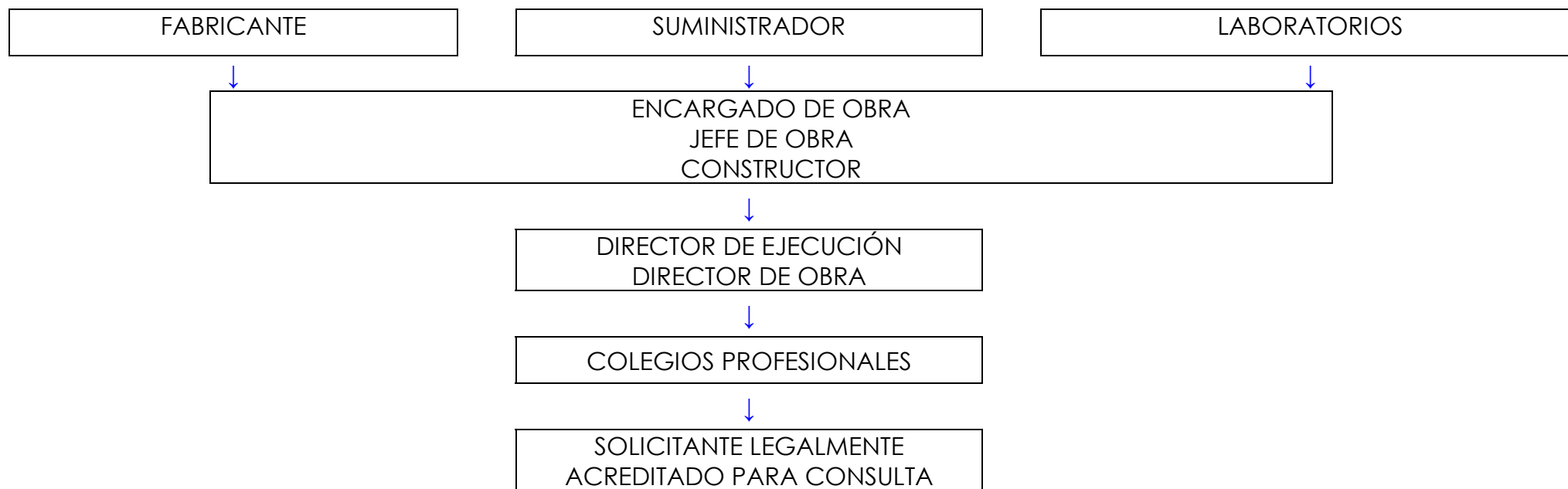
AGENTES INTERVINIENTES

- DIRECCIÓN FACULTATIVA (DF) Director de Obra (DO) y Director de Ejecución de Obra (DEO)
- CONSTRUCTOR
- ENTIDADES Y LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD EN EDIFICACIÓN, (EccEs y LccEs)

EAE desarrolla el control de calidad con un ESQUEMA SIMILAR AL DE EHE 08 para estructuras de hormigón

TABLA 23. ESQUEMA DEL CONTROL DE CALIDAD DE ESTRUCTURAS DE ACERO						(EAE)
CONFORMIDAD DE	CRITERIO	OBJETO	FASE	SUBFASE	TIPO DE CONTROL	AGENTE RESPONSABLE
PROYECTO	Voluntario (A criterio PROMOTOR)	Contenido PROYECTO	Antes de inicio de ejecución	-----	Verificación: Contenido Proyecto (s/nivel control)	EccE (Control externo)
PRODUCTOS (Control Recepción)	Obligatorio (Según EAE y PPTP PROYECTO)	Suministro productos	Durante ejecución	Antes de inicio de suministro	Documental: Marcado CE/DOR productos	DEO (Control externo) Asistencia EccE
				Durante suministro	Documental: Hojas de suministro	
				Finalizado suministro	Documental: Certificado garantía de productos suministrados	
		Requisitos de calidad productos	Durante ejecución	Durante suministro	Documental: Mediante DOR	DEO (Control externo) Asistencia EccE
					Experimental: Mediante ensayos	DEO (Control externo) Asistencia LccE (realización ensayos)
PROCESOS (Control Ejecución)	Obligatorio (Según EAE y PPTP PROYECTO)	Suministro componentes	Durante ejecución	Antes de inicio de montaje	Documental: Marcado CE/DOR Componentes y montaje en taller	DO y DEO (Control externo) Asistencia EccE
		Requisitos de calidad procesos	Durante ejecución	Durante montaje	Comprobaciones e inspecciones: (s/ nivel control)	Constructor (Autocontrol interno) DO y DEO (Control externo) Asistencia EccE
ESTRUCTURA	Voluntario (Según PPTP PROYECTO)	Estructura ejecutada	Finalizada ejecución	-----	Ensayos y pruebas	DO y DEO (Control externo) Asistencia EccE y LccE

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA DOCUMENTACIÓN DE CONTROL DURANTE LA EJECUCIÓN



TÉRMINOS RELATIVOS A ACTIVIDADES DE CONTROL

- **PARTIDA** Cantidad de producto (igual designación y procedencia) de una unidad de transporte, que se recibe en obra o lugar destinado a su recepción.
- **REMESA** Conjunto de productos (semi o totalmente prefabricados) de la misma procedencia, identificados individualmente, contenidos en una unidad de transporte y recibidos.
- **ACOPIO** Cantidad de producto, de una/varias partidas o remesas, almacenado conjuntamente.
- **LOTE DE PRODUCTO** Cantidad de producto que se somete a recepción en su conjunto.
- **LOTE DE EJECUCIÓN** Parte de la obra, cuya ejecución se somete a aceptación en su conjunto.
- **UNIDAD INSPECCIÓN** Actividad de un proceso de ejecución de un lote, susceptible de ser inspeccionado en una visita de obra, para su recepción.

1 CONTROL DE PROYECTO

NIVELES DE CONTROL

- Normal
- Intenso

FRECUENCIA COMPROBACIONES

TABLA 24. FRECUENCIA COMPROBACIONES, FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONTROL DE PROYECTO (TABLA 85.2 EAE)			
TIPO DE ELEMENTO	NIVEL DE CONTROL (%)		FRECUENCIA MINIMA
	NORMAL	INTENSO	
Pilotes (*)	10	20	3 pilotes
Elementos de contención y tablestacas	10	20	3 secciones diferentes
Pilares	15	30	3 tramos
Vigas	10	20	3 vigas de al menos 2 vanos
Zunchos	10	20	2 zunchos
Arcos y bóvedas	10	20	1 tramo
Brochales	10	20	3 brochales
Escaleras	10	20	2 tramos
Forjados	15	30	3 tramos o vanos
Elementos singulares	15	30	1 por tipo

(*) EAE hace referencia en el articulado a los pilotes de acero, pero no en la Tabla 85.2, habiéndose incluido en esta con el mismo nivel de control de los pilotes de hormigón de la Tabla correspondiente de EHE 08.

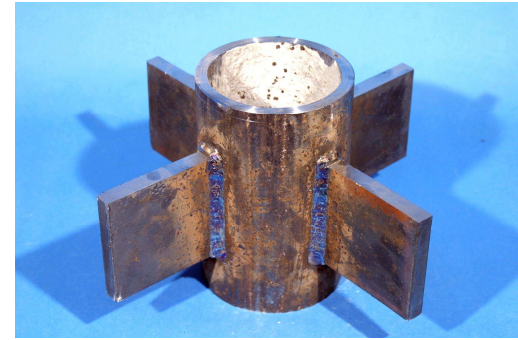


TABLA 25. LISTA DE CHEQUEO. COMPROBACIONES DE CONFORMIDAD DE PROYECTO

DOCUMENTOS PROYECTO		COMPROBACIÓN O VERIFICACIÓN A REALIZAR
MEMORIA	Eval. acciones	ACCIONES ADOPTADAS DURANTE VIDA UTIL Y EJECUCIÓN
	Modelo estructural	Garantiza la ESTABILIDAD del conjunto y partes de la estructura (durante ejecución y terminada). CORRECTO Y CONGRUENTE con criterios dimensionado estructura en toda fase de ejecución.
	Cálculo solicitaciones	ACCIONES. Combinaciones consideradas. COEFICIENTES PARCIALES SEGURIDAD Y COMBINACIÓN ACCIONES. (CTE, NCSE 02, EAE). Si se disminuyen los coeficientes de seguridad del acero, se cumplen las condiciones para ello. PROGRAMA O MÉTODO DE CÁLCULO. Especificado y sancionado como aceptable. INTRODUCCIÓN DE DATOS EN EL PROGRAMA. Acorde con modelo, geometría real de la estructura y las hipótesis de cálculo establecidas SALIDA DE RESULTADOS DEL PROGRAMA. Congruente con el modelo y acciones adoptadas. EJECUCION. Solicitaciones consideradas durante la ejecución.
	Comprobación EL	CONGRUENCIA ENTRE RESULTADOS DE CÁLCULO Y SOLICITACIONES DE COMPROBACIÓN. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES Y SUS COEFICIENTES. DIMENSIONADO DE SECCIONES Y COMPROBACIÓN A ELU Y ELS. DURABILIDAD/ RESISTENCIA AL FUEGO/ RESISTENCIA A SISMO CONGRUENCIA DEL DIMENSIONADO CON MODELOS /INCIDENCIA EN LA EJECUCIÓN ELEMENTOS SINGULARES
	Plan de Control	ANEJO A MEMORIA /PRESUPUESTO CALIDAD COMO CAPITULO DE PRESUPUESTO DE PROYECTO
PLANOS	En relación con memoria	SE AJUSTAN A RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOLICITACIONES Y DIMENSIONADO
	En relación con resto de planos	COTAS REPLANTEO, SECCIONES Y DIMENSIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, HUECOS QUE AFECTEN SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y OTROS CONDICIONANTES QUE PUEDAN AFECTAR A LA ESTRUCTURA, DEFINIDOS EN LOS PLANOS NO ESTRUCTURALES.
	Análisis de su contenido	VERIFICACIONES SEGÚN NIVEL DE CONTROL DE PROYECTO
PPTP	Congruencia memoria	Se han respetado los requisitos de calidad de productos, procesos y la estructura ejecutada, así como los niveles de control de recepción y ejecución asociados que figuran en la memoria de cálculo. Ídem los aspectos esenciales del proceso constructivo que condicionan los modelos estructurales y las acciones adoptadas en el cálculo de solicitaciones y en las comprobaciones de los EL (ELU, ELS y ELD).
	Congruencia planos	Se han respetado los requisitos de calidad de productos y procesos y los niveles de control de recepción y ejecución asociados, que figuran en la memoria de cálculo.
	Tolerancias	Se especifican o se hace referencia expresa a la adopción de las que figuran en EAE

La EccE entregará al promotor informe escrito, firmado por persona física, en el que reflejará:

- Peticionario.
- Identificación de la ECC.
- Identificación del Proyecto objeto de control y del nivel de control adoptado.
- Plan de Control del Proyecto, de acuerdo con las pautas adoptadas.
- Comprobaciones realizadas y resultados obtenidos.
- Relación de no conformidades detectadas, indicando si se refieren a definición de proyecto o si afectan a la seguridad, funcionalidad o durabilidad de la estructura.
- Valoración de las no conformidades y conclusiones.

El PROMOTOR analizará el informe y tomará las decisiones oportunas, previas a la licitación o ejecución de las obras. En caso de la existencia de no conformidades, comunicará el contenido del informe al Projectista, que debe:

- Subsanan las no conformidades detectadas
- Presentar informe escrito y firmado, en el que se ratifiquen y justifiquen las soluciones adoptadas y su grado de definición, anexando la documentación complementaria que estime necesaria.

PROGRAMAS DE CONTROL Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA

TABLA 26. DOCUMENTACIÓN DE CONTROL A REDACTAR CON ANTERIORIDAD AL INICIO DE OBRA				
DOCUMENTO	FUNDAMENTADO EN	REDACTOR	APROBACIÓN	CONTENIDO
Plan de Control	Requisitos CTE DB SE A y EAE PPTP Proyecto	Proyectista	Promotor	(Art. 82.1 de EAE) Anejo a la Memoria del Proyecto. Identificación comprobaciones y verificaciones de control de producto, proceso y estructura. Valoración total, que debe incluirse en el resumen por Capítulo del Presupuesto de Proyecto
Programa de Montaje	Requisitos CTE y EAE Método de montaje del PPTP de Proyecto Plan de SST	Constructor	DO	(Art. 78.2 de EAE) Descripción fases (tipo y fechas inicio-fin) Medios humanos y equipos requeridos por fase Precauciones especiales frente a condiciones climáticas adversas durante el montaje Elementos auxiliares: grúas, cimbras, apeos, etc.
Plan de Autocontrol de ejecución	Plan de Control	Constructor	DO y DEO	(Art. 82.1 y 89.2 de EAE) Desarrollo del seguimiento de la ejecución. Sistema registro (en soporte físico o informatizado) de comprobaciones de autocontrol. Sistema registro responsables verificaciones. Gestión de acopios (trazabilidad de productos).
Programa de Control	Plan de Control Programa Montaje Plan de Autocontrol de ejecución Plan de Obra	Constructor	DO y DEO	(Art. 82.1 y 89.2 de EAE) Identificación de productos y procesos. Definición de niveles de control, lotes, muestras y/o unidades de inspección. Frecuencia comprobaciones y verificaciones. Previsión de medios materiales y humanos Programación del control Designación responsables de tomas de muestras Sistema de documentación del control a emplear y responsables

2 CONTROL DE PRODUCTOS

TABLA 27. COMPROBACIONES CONTROL DE PRODUCTOS					
MARCADO CE	DOR	TIPO DE CONTROL (**)	PRODUCTO		DOCUMENTACIÓN/ LOTE, MUESTRA, ENSAYO
Sin Marcado CE	Sin DOR	SUMINISTRO: Control documental	Todos: Antes, durante y tras el suministro		Certificados producto a suministrar Hojas de suministro Certificado garantía de producto suministrado
		REQUISITOS CALIDAD: Control experimental mediante ensayos(*) o Certificación garantía de fabricante para la obra, firmado por persona física con capacidad de representación (*)	Medios de unión	Atornillada (tornillos, tuercas y arandelas)	1 lote / grado acero y clase de fijación 1 muestra de 10 unidades Requisitos de Art. 29.2,3 y 4 de EAE: Ensayo tornillos UNE EN ISO 898-1, tuercas 898-2 1 incumplimiento, rechazo de lote
				Soldada (material de aportación)	Requisitos de calidad Art.29.5 de EAE Ensayos sistemas UNE EN ISO 15.792-1 o certificado garantía de fabricante, específico para la obra
		Sistemas de protección	Sistemas de pintura	Requisitos de calidad y ensayos según Art. 30.3 EAE Ensayos sobre 3 probetas/tipo pintura, acero soporte Certificado garantía de fabricante	
			Galvanización o metalización	Requisitos de calidad Art. 30.4 EAE Ensayos: Galv. UNE EN ISO 1.461 y met. 2.063 Certificado garantía de fabricante	
	Con DOR	SUMINISTRO: Control documental	Todos: Antes, durante y tras el suministro		Documentación DOR Hojas suministro de partida o remesa Certificado garantía de producto suministrado
		REQUISITOS CALIDAD: Verificación documentación DOR	-----	-----	-----
	Con Marcado CE	Sin DOR	SUMINISTRO: Control documental	Todos: Antes, durante y tras el suministro	
REQUISITOS CALIDAD: Verificación documentación mercado CE (*)			Perfiles y chapas Consum. soldeo Fijaciones para pretensar	-----	-----
Con DOR		SUMINISTRO: Control documental	Todos: Antes, durante y tras el suministro		Documentación Marcado CE y DOR Hojas suministro de partida o remesa Certificado garantía de producto suministrado
		REQUISITOS CALIDAD: Verificación doc. DOR (*)	Perfiles y chapas, Marca N o EMC	-----	-----
(*) Si PPTP o las Instrucciones de DF durante la ejecución lo requieren, ensayos de comprobación de requisitos más estrictos que los que determina EAE					
(**) Visita de inspección a las instalaciones de fabricación de productos, a criterio de la DF.					

3 CONTROL DE PROCESOS

- NIVEL DE CONTROL
 - Normal
 - Intenso
- LOTES DE EJECUCIÓN

TABLA 28. TAMAÑO MÁXIMO LOTES DE EJECUCIÓN		
ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN (*)	ELEMENTOS HORIZONTALES	ELEMENTOS VERTICALES
Pilotes, cada 250 m ² de superficie	Vigas y forjados, cada 250 m ² de planta	Pilares cada 500 m ² de planta, sin rebasar 2 plantas
Tablestacados y elementos de contención, cada 5 m		
(*) Valores de tamaño máximo de lotes de EHE referente a elementos similares: pilotes y elementos de contención.		

- UNIDADES DE INSPECCIÓN

TABLA 29. TAMAÑO MÁXIMO UNIDADES DE INSPECCIÓN (*)	
UNIDAD DE INSPECCIÓN	TAMAÑO MÁXIMO
Gestión acopios	Acopio por tipo de producto, forma suministro, fabricante y partida
Planos taller	Revisión de cada remesa
En taller: Manipulación productos acero Ensamblaje elementos (Fijaciones mecánicas y soldaduras)	Conjunto manipulado en una jornada Conjunto ensamblado en una jornada
En obra: Replanteos y geometría Montaje elementos (Fijaciones mecánicas y soldaduras) Sistemas de protección	Por cada nivel o planta Conjunto ensamblado en una jornada Aplicados en una jornada
(*) Queda a criterio de la DF duplicar el tamaño de las unidades en estructuras de edificación sin especial complejidad estructural, integradas por elementos resistentes convencionales con luces de hasta 6,00 m y 7 techos.	

- FRECUENCIA COMPROBACIÓN

TABLA 30. NÚMERO MÍNIMO DE UNIDADES DE INSPECCIÓN A COMPROBAR				
UNIDAD DE INSPECCIÓN	NIVEL NORMAL		NIVEL INTENSO	
	Autocontrol Constructor	Control Externo DF	Autocontrol Constructor	Control Externo DF
Gestión acopios	Totalidad	1	Totalidad	3
Revisión planos taller	1	1	1	1
En taller: Manipulación productos acero	1	1	3	1
Ensamblaje elementos (Fijaciones mecánicas y soldaduras)	10	2	20	4
En obra: Replanteos y geometría	1	1	4	2
Montaje elementos (Fijaciones mecánicas y soldaduras)	3	1	5	2
Sistemas de protección	5	2	10	3

4 CONTROL DE PROCESOS

4.1 FABRICACIÓN EN TALLER

Incluye:

- CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTOS S (Control producto, según apartado anterior).
- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS COMPONENTES FABRICADOS.
- CUALQUIER OTRA CARACTERÍSTICA incluida en el PPTP o determinada por la DF.

TABLA 31. COMPROBACIONES DEL MONTAJE EN TALLER

(Art. 91 de EAE)

ANTES DEL SUMINISTRO DE COMPONENTES

Comprobación por parte de la DF de la comunicación del Constructor al taller del Programa de Obra, (fechas límites recepción de elementos elaborados)

CONTROL DOCUMENTAL	<p>Presentación de copia compulsada firmada por persona física con capacidad de representación del Suministrador al Constructor para su traslado al DEO de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DOR de los productos de acero empleados en la elaboración de los elementos y del proceso de montaje en taller - Certificados de homologación de soldadores (UNE-EN 287-) y del proceso de soldadura (UNE-EN ISO 15.614-) <p>Aprobación por parte del DO de los planos de montaje en taller para la obra.</p>
INSTALACIONES	Visita de inspección del DEO (o EccE) al taller y requerimiento de documentación que acredite control de producción documentado

DURANTE EL SUMINISTRO

CONTROL DOCUMENTAL	<p>Comprobación por parte del DEO de las hojas de suministro de cada remesa. Aceptación si las características de los elementos y documentación de productos de acero, declarada por el Fabricante y facilitada por el Suministrador es conforme a Proyecto. En caso de detectar algún problema de trazabilidad, se procederá al rechazo</p>
--------------------	--

COMPROBACIONES EXPERIMENTALES	PROCEDIMIENTO DE CORTE	<p>Por tipo de acero y elemento a cortar, al menos, 4 probetas, por parte de la EccE, para realizar cortes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recto (elementos de mayor y menor espesor) - En ángulo entrante con radio mínimo de acuerdo (elemento e representativo) - Corte en curva (elemento e representativo) <p>Dimensión de probetas permitirá cortes de, al menos, 200 mm de longitud. Calidad de cada corte correspondiente a clase de estructura, similar en los cortes curvados que en los rectos. Si los resultados de la inspección de bordes cortados fuese no conformes, se rechazará el procedimiento, debiendo el Constructor definir otro, debiendo procederse a iniciar un nuevo proceso de comprobación.</p>
	PROCEDIMIENTO DECORTE SUSCEPTIBLE DE INCREMENTO LOCAL DUREZA DEL ACERO	<p>El corte con llama, cizallado, etc. exige controlar la dureza en bordes. La EccE requerirá:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricar 4 probetas del material más susceptible al endurecimiento. - En cada una, medir dureza en 4 puntos (susceptibles de mayor incremento) conforme UNE-EN ISO 6507-1. - El mayor de los valores medidos no excederá 380 HV 10. <p>Con resultados no conformes, modificación del proceso y repetición del ensayo.</p>
	MEDIOS Y PROCEDIMIENTO DE TALADRADO	<p>La EccE requerirá:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricar 8 probetas /procedimiento (cubriendo rango calidades materiales, diámetros agujeros y espesores) - Medir el diámetro de agujeros en cada extremo del espesor taladrado utilizando patrones (pasa/no pasa). <p>El valor medido cumplirá las tolerancias correspondientes a la clase. Con medidas no conformes, modificación de proceso y repetición de (casos de no conformidad).</p>
	DIMENSIONES DE ELEMENTOS	<p>Las dimensiones reflejadas en los Planos de taller, considerando las tolerancias del PPTP. En caso de no conformidades, corrección mediante medios especificados de EAE, si fuera posible. En otro caso, análisis de la posible modificación de la geometría del resto de la estructura para compensar la no conformidad, requiriendo previamente aprobación por parte de la DF.</p>
	CUALIFICACIÓN SOLDADORES	<p>Admisibles certificados de soldadores empleados fijos del taller, salvo decisión contraria de la DF, que puede establecer comprobaciones adicionales. Cada soldador identificará su trabajo con marcas personales intransferibles.</p>

		<p>El taller mantendrá al día los registros de identificación de soldadores, a disposición de la DF, figurando:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nº de ficha, - Copia de homologación y - Marca personal. <p>Se levantarán las soldaduras ejecutadas por soldador no cualificado. Si fuera pernicioso, a juicio del DO, rechazo del conjunto y reposición por el Constructor.</p>
	<p>PROCEDIMIENTO SOLDEO</p>	<p>Todos los procesos de soldadura, levantamiento y reparación, objeto de procedimiento por escrito. Cualificaciones efectuadas por la EccE, que certificará por escrito cubren todos los procesos de la obra. Con espesores de ala $e > 30$ mm, se cualificará los procedimiento de soldadura en ángulo alas-alma y de unión de platabandas, para garantizar que no existe excesivo aporte de calor que rebaje las características de resiliencia de la zona soldada, material base y zona de transición, precalentando si es necesario.</p>
<p>COMPROBACIONES EXPERIMENTALES</p>	<p>EJECUCIÓN SOLDADURAS</p>	<p>Antes de soldar se inspeccionarán las piezas a unir (UNE-EN 970). En el caso de secciones huecas la inspección se centrará en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las partes centrales del talón y de los flancos (secciones circulares) - Las cuatro esquinas (secciones cuadradas o rectangulares). <p>Inspecciones del autocontrol y control externo. Realizadas por Inspector de soldadura de nivel 2 (UNE 14.618), u otro técnico con cualificación suficiente, autorizada por el DEO. La DF podrá exigir su certificación. Se registrará el protocolo de inspección de todos los controles efectuados (descripción y fichas de control de soldadura con los resultados del ensayo y la posición exacta del control).</p> <p>Se autocontrolarán todos los cordones. Los ensayos se realizarán transcurridas, al menos, 16 horas desde la deposición del cordón. Las soldaduras que durante la fabricación resulten inaccesibles deben inspeccionarse antes de que ello ocurra.</p> <p>El autocontrol de s soldaduras incluirá, al menos, las siguientes comprobaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspección visual, preceptiva para todos los cordones de un área, previa a cualquier ensayo (existencia y situación de cordones, verificación de cordones UNE EN 970 y zonas de cebado y cierre) - Ensayos no destructivos (END) con clases diferentes de EXC1. Frecuencia función de la clase, Tabla 32. <p>Rechazo de los lotes de no conformidades del autocontrol, incrementando la frecuencia de ensayos.</p> <p>Inspección de forma y superficie de cordones de nudos entre secciones huecas, con atención especial a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secciones circulares: partes centrales del talón y de los flancos - Secciones cuadradas o rectangulares: a las cuatro esquinas <p>Aceptación de cordones en la inspección según apartado 77.6 de EAE</p> <p>Los ENDs se realizarán conforme a UNE-EN 12.062 y especificaciones particulares de cada método de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Líquidos penetrantes (LP), según UNE-EN 1289. - Partículas magnéticas (PM), según UNE-EN 1290. - Ultrasonidos (US), según UNE-EN 1714. - Radiografías (RX), según UNE-EN 12517.

COMPROBACIONES EXPERIMENTALES	IMPERFECCIONES Y DEFECTOS DE SOLDADURAS	<p>Imperfecciones admisibles: No precisan reparación, pero sí inspección de un tramo adicional del mismo cordón. Si se encuentra otra no admisible se repararán todos los defectos.</p> <p>Imperfecciones no admisibles: Requieren reparación, según procedimiento establecido. La reparación afectará también a las admisibles detectadas con anterioridad. Adicionalmente, se incrementará el nivel de control de soldaduras del soldador en el porcentaje adicional indicado en el correspondiente plan de autocontrol.</p> <p>Si un tercio de soldadores incrementa su nivel de control se comunicará al DEO para que aumente el nivel de control externo de la EccE y tome las medidas oportunas.</p> <p>Se realizarán ensayos adicionales en los puntos donde se sospeche que pueden existir defectos. Las RX podrán sustituirse por US en soldaduras de difícil acceso y, en general, si lo indica la DF.</p> <p>Los procedimientos LP y PM son intercambiables, si bien es preferible el último. En los puntos donde existan cruces de cordones de soldadura se realizará una RX adicional.</p> <p>Soldaduras de ángulo: El autocontrol realizará una inspección mediante PM o en su defecto, LP, de un 15% del total de la longitud de las soldaduras, con los criterios de aceptación fijados en las normas correspondientes.</p> <p>Cuando la porosidad superficial sea excesiva a juicio del DO, será obligatorio realizar inspección del interior del cordón.</p> <p>Soldaduras a tope: Una inspección RX y otra US. Cuando coexistan inspección visual y ENds en una misma costura, se simultanearán cuando sea posible.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las RXs, las uniones calificadas con 1 ó 2 (UNE-EN 12.517) son admisibles. - Soldaduras con calificaciones 3, 4 ó 5 se levantarán y ejecutarán de nuevo. Las calificadas con 3 pueden admitirse excepcionalmente, en función de la amplitud del defecto, posición y características de la unión, solicitaciones, etc. - Las deformaciones provocadas por las soldaduras se corregirán por calor, no adoptando temperaturas de calentamiento superiores a 900° C. - No se empleará agua o cualquier otro proceso para enfriar bruscamente. - Si durante la inspección visual de soldaduras se detectase algún defecto, éste se corregirá conforme al criterio que figura en la Tabla 33.
	SOLDADURAS REPARADAS	En estructuras de EXC 1, 2 ó 3, el control de soldaduras reparadas se efectuará conforme a procedimientos homologados. Los cordones reparados se inspeccionarán y ensayarán de nuevo como si fueran nuevos.
	UNIONES ATORNILLADAS	Las comprobaciones del Plan de autocontrol deben incluir las correspondientes a la aplicación de los pares de apriete adecuados, de acuerdo con lo especificado en el Proyecto y EAE. En el caso de tornillos pretensados se comprobará que el esfuerzo aplicado es superior al mínimo establecido. El Plan deberá fijar la frecuencia de las comprobaciones, que puede establecerse, en el 100% de las uniones entre elementos principales (vigas, pilares, chapas, etc.) y el 25% de las uniones en elementos secundarios (rigidizadores, triangulaciones secundarias, etc).

COMPROBACIONES EXPERIMENTALES	ARMADO EN TALLER	<p>Antes de la fabricación, el Constructor propondrá, por escrito y con los planos necesarios, la secuencia de armado y soldeo que considere óptima, en función de la máxima reducción de tensiones residuales y deformaciones previsibles, que deberá aprobar el DO.</p> <p>En el armado previo de taller se comprobará que la disposición y dimensiones de cada elemento se ajustan a las indicadas en los Planos de Taller. Se rectificarán o rechazarán todas aquellas que no permitan el acoplamiento mutuo, sin forzarlos, en la posición que han de tener, una vez efectuadas las uniones definitivas. En cada elemento de taller se pondrá con pintura o lápiz grueso la marca de identificación con que ha sido designada en los planos de taller para el armado de los distintos elementos.</p> <p>Asimismo, cada uno de los elementos terminados en taller llevará la marca de identificación necesaria (realizada con pintura) para determinar su posición relativa en el conjunto de la obra. Adicionalmente, se procederá a troquelar la pieza armada al objeto de garantizar la trazabilidad de los productos hasta la obra.</p> <p>El DEO efectuará las visitas e inspecciones que considere oportunas para comprobar el proceso de montaje. La EccE efectuará también las inspecciones que establezca el correspondiente plan de inspección externa.</p> <p>El autocontrol incluirá, al menos, las siguientes comprobaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de los elementos. - Situación de los ejes de simetría y zonas de sujeción a elementos contiguos. - Paralelismo de alas y platabandas. - Perpendicularidad de alas y almas. - Abollamiento, rectitud y planeidad de alas y almas. - Contraflechas. <p>El control del armado se realizará con muestreo, cubriendo los siguientes porcentajes: 100% de elementos principales y 25% de secundarios.</p>
-------------------------------	------------------	--

TABLA 32. FRECUENCIA ENDS SOLDADURAS (Art. 91.2.2.5 EAE)

TIPO DE SOLDADURA		CORDONES A ENSAYAR (%)			
		EJECUTADAS EN TALLER		EJECUTADAS EN OBRA	
		EXC 2	EXC 3 y 4	EXC 2	EXC 3 y 4
UNIONES DE FUERZA	Cordones a tope (A tracción)*				
	$k \geq 0,8$	50	100	100	100
	$0,3 < k < 0,8$	20	50	50	100
	$k \leq 0,3$	5	10	10	20
	Cordones a tope (A compresión)	5	10	10	20
	Cordones de ángulo	10	20	10	20
	Cordones longitudinales	5	10	10	20
UNIONES DE ATADO	Rigidizadores, correas, etc.	5			

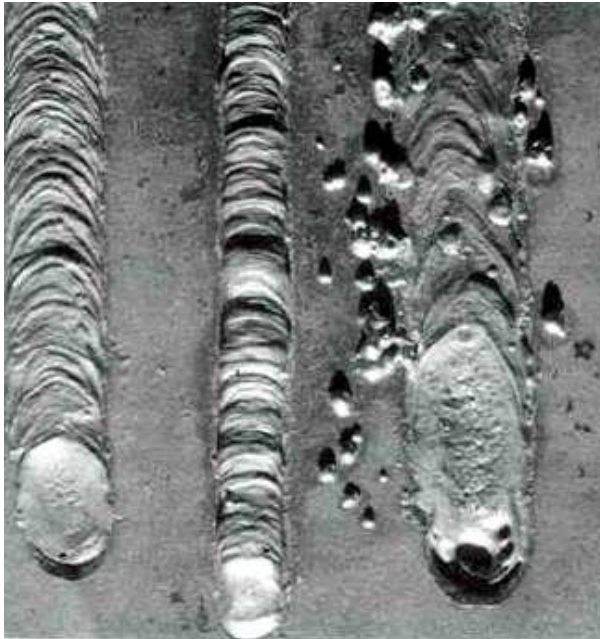
(*) Siendo k Coeficiente de utilización

TABLA 33. DEFECTOS DE SOLDADURAS**(Art. 91.2.2.5 EAE)**

DESCRIPCIÓN DEL DEFECTO	CORRECCIÓN
Fisuras	Saneado de las fisuras y nuevo cordón
Poros y desbordamientos	Soldar de nuevo después de sanear con arco-aire. Longitud mínima de saneado 40 mm
Mordeduras	Saneado y posterior depósito de material de aportación. Longitud mínima de saneado 40 mm
Concavidades y convexidades no previstas	Amolado
Otros defectos: Entallas y estrías superficiales con posterior depósito superficial del material; hendiduras de límite de aportación, etc.	Amolado o saneado por arco-aire



INTENSIDAD; LONGITUD DE ARCO Y VELOCIDAD DE SOLDEO



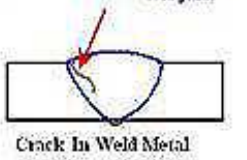
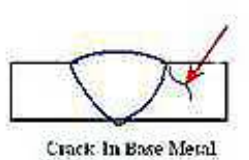
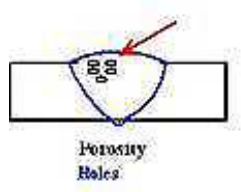
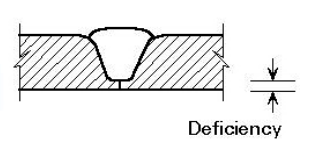
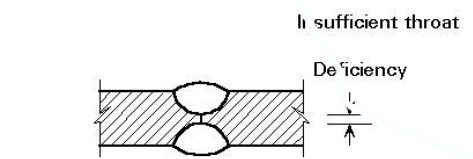
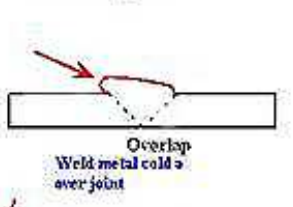
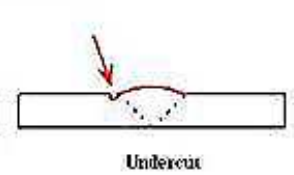
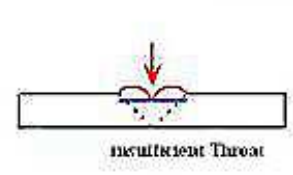
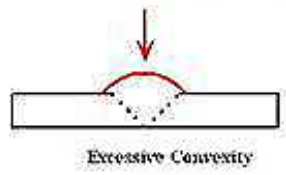
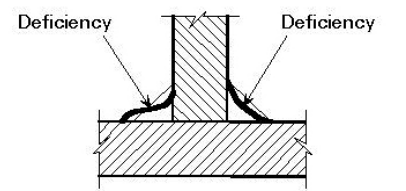
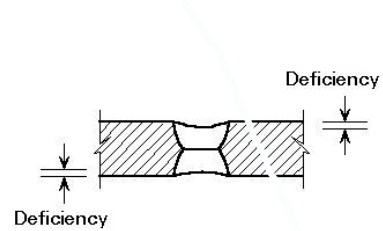
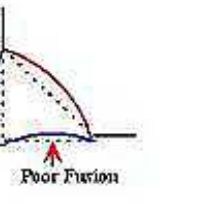
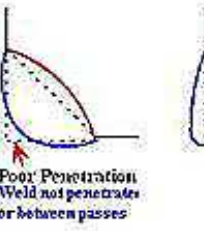
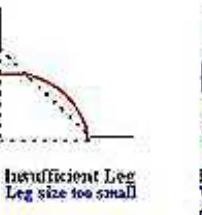
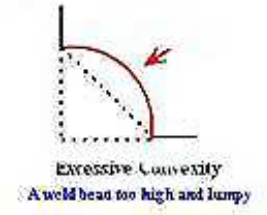
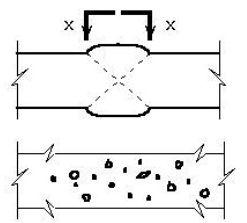
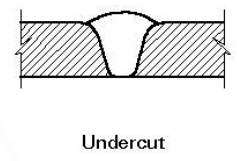
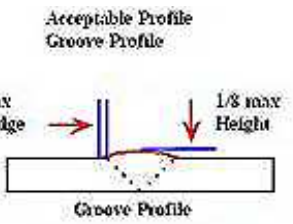
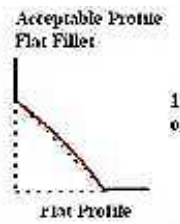
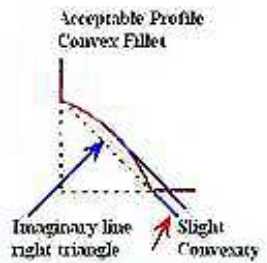
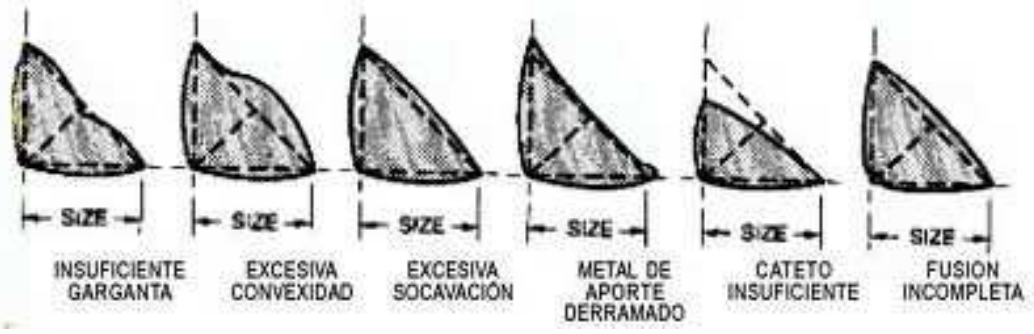
A, B y C

SOLDADURA A INTENSIDAD CORRECTA
 SOLDADURA B INTENSIDAD BAJA
 SOLDADURA C INTENSIDAD ALTA

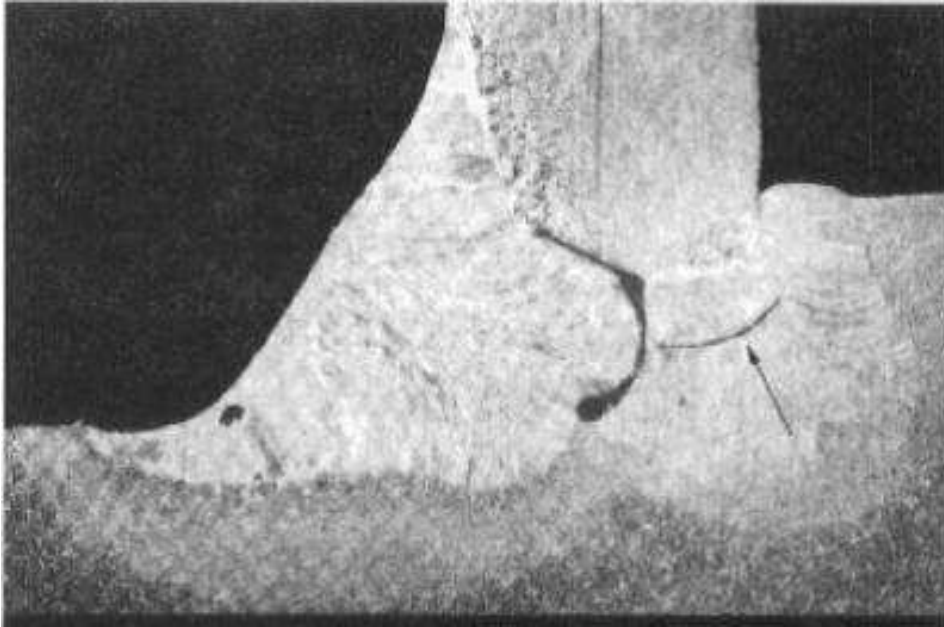
EFFECTOS DE INTENSIDAD, LONGITUD DE ARCO Y VELOCIDAD DE SOLDEO EN SOLDADURAS

VARIABLE		EFEECTO
INTENSIDAD, VELOCIDAD Y ARCO NORMALES		Contorno uniforme y buena penetración
INTENSIDAD	BAJA	Cordón estrecho, aguas no uniformes y mordeduras
	ALTA	Aguas alargadas, salpicaduras, penetración excesiva y mordeduras
ARCO	CORTO	Desbordamiento y salpicaduras
	LARGO	Penetración desigual, porosidad e inclusiones
VELOCIDAD	LENTA	Sobre espesor elevado y buena penetración
	ALTA	Aguas no uniformes, mordeduras y baja penetración

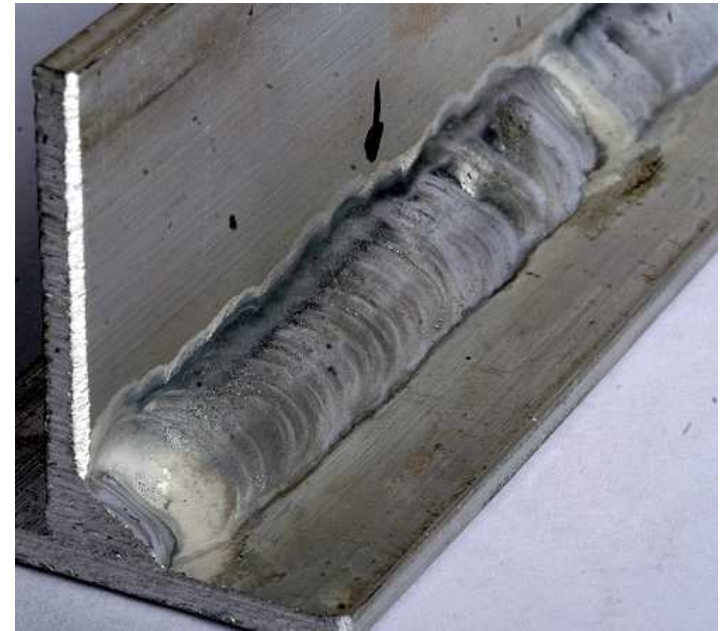
DEFECTOS (SOLDADURAS DE ANGULO)



Incomplete penetration



FISURACIÓN DEL MATERIAL BASE

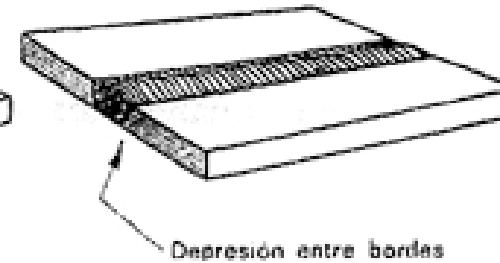
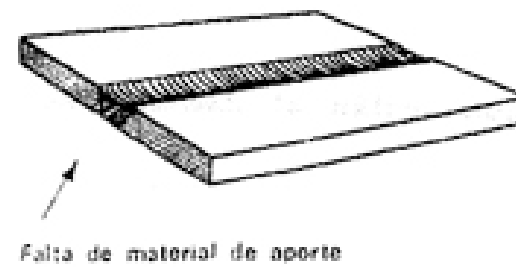
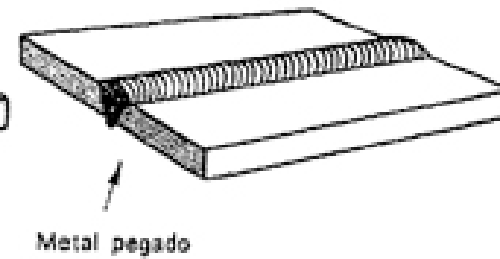
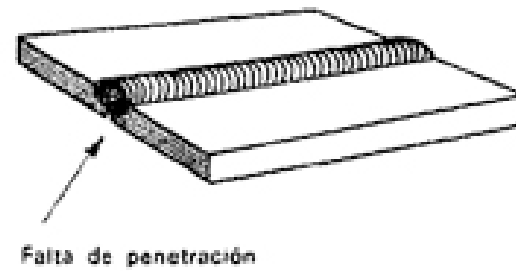
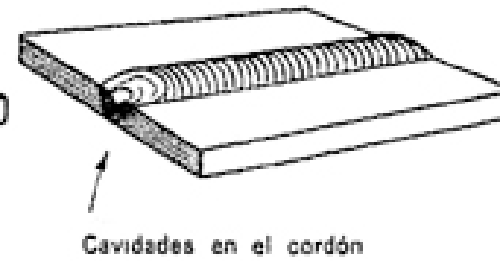
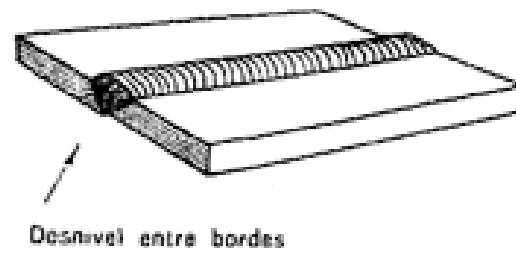
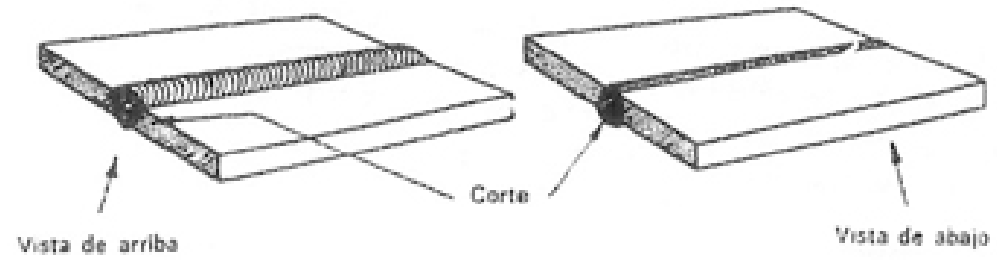


DISCONTINUIDADES



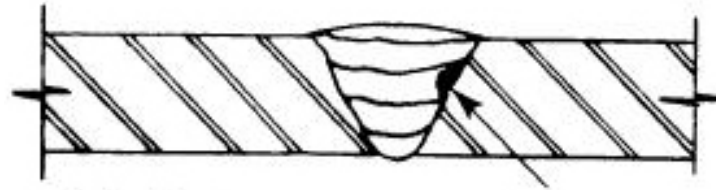
FALTA DE FUSIÓN

DEFECTOS (SOLDADURAS A TOPE)





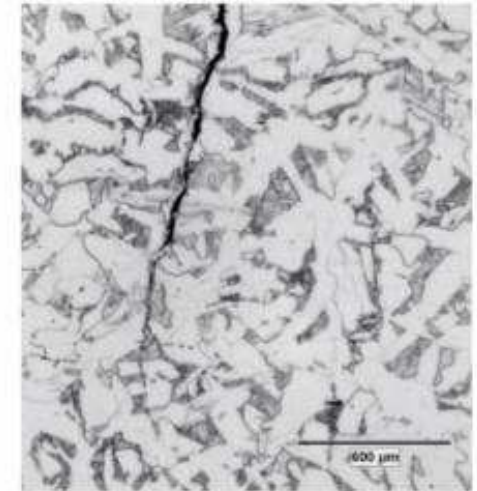
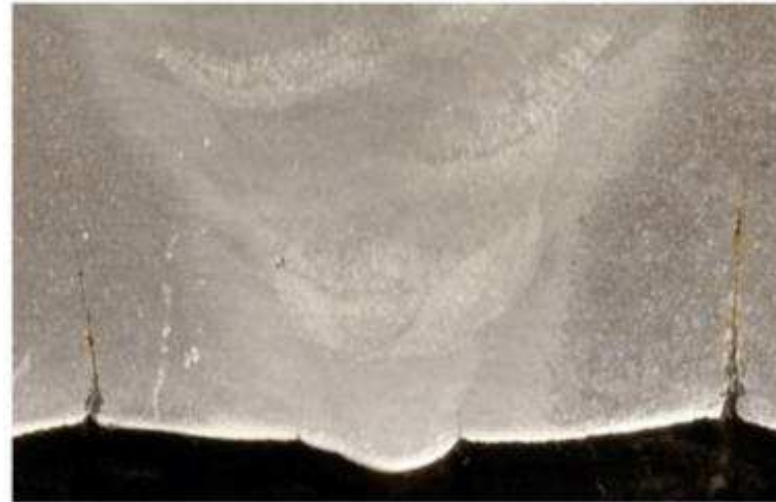
PENETRACIÓN EXCESIVA



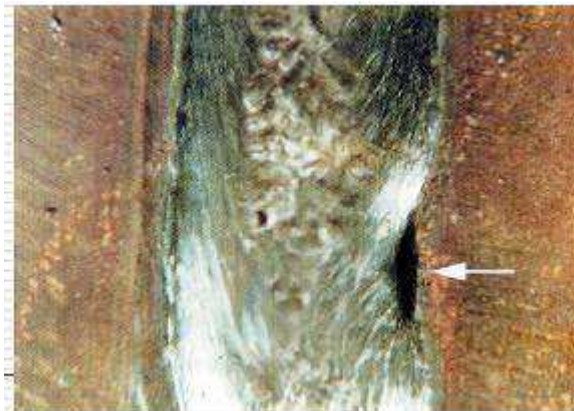
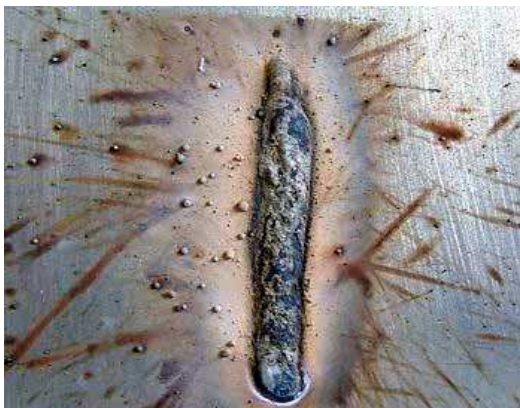
Lack of fusion between weld bead and base metal



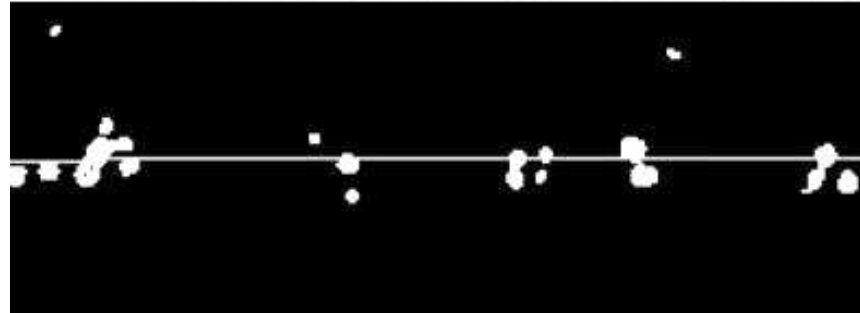
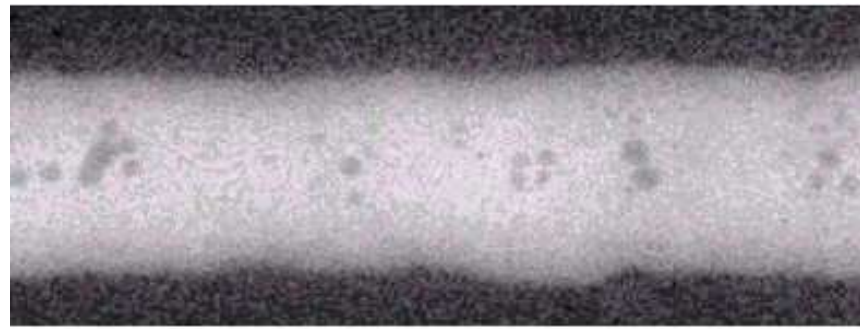
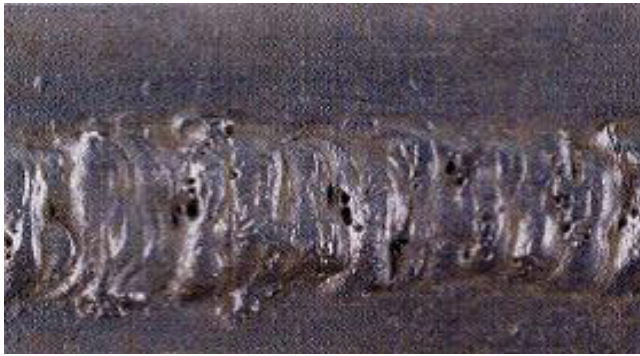
FUSIÓN INCOMPLETA



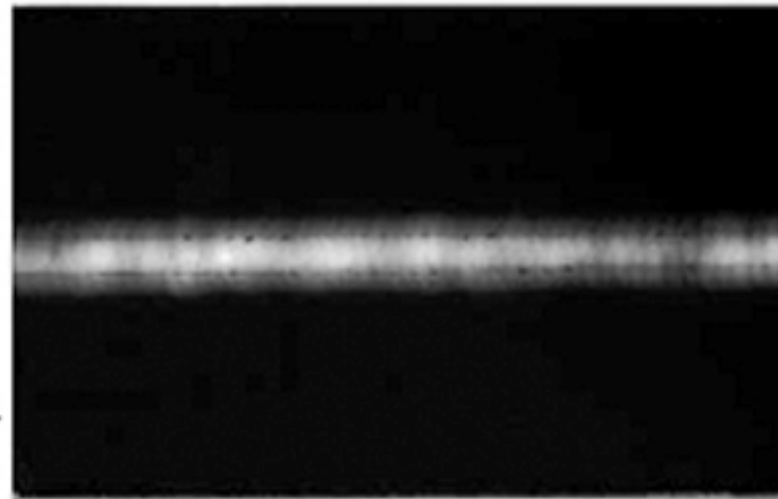
FISURAS EN CORDÓN Y EN MATERIAL DE BASE

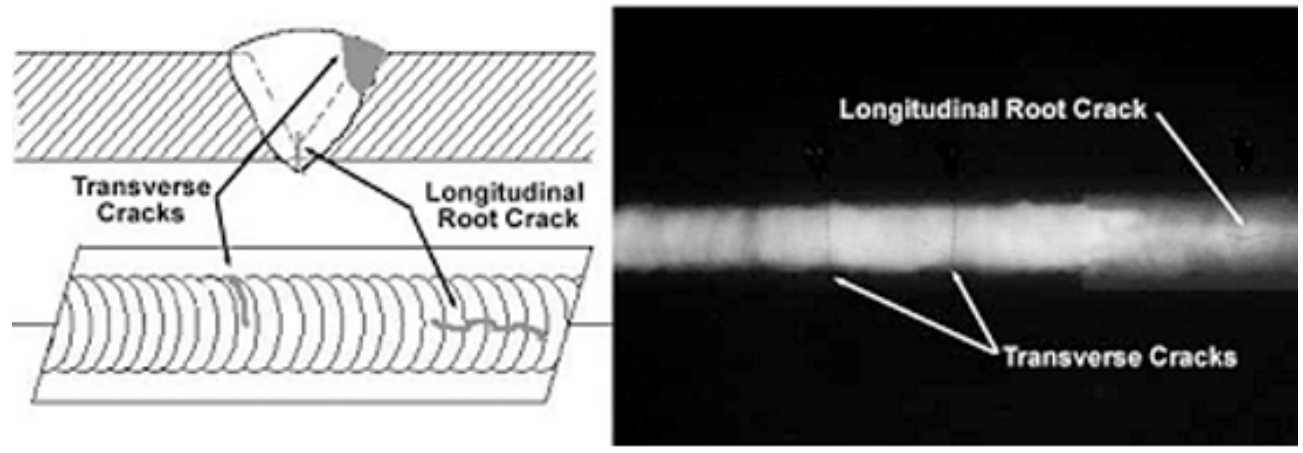


SALPICADURAS, FALTA DE FUSION Y CAVIDADES

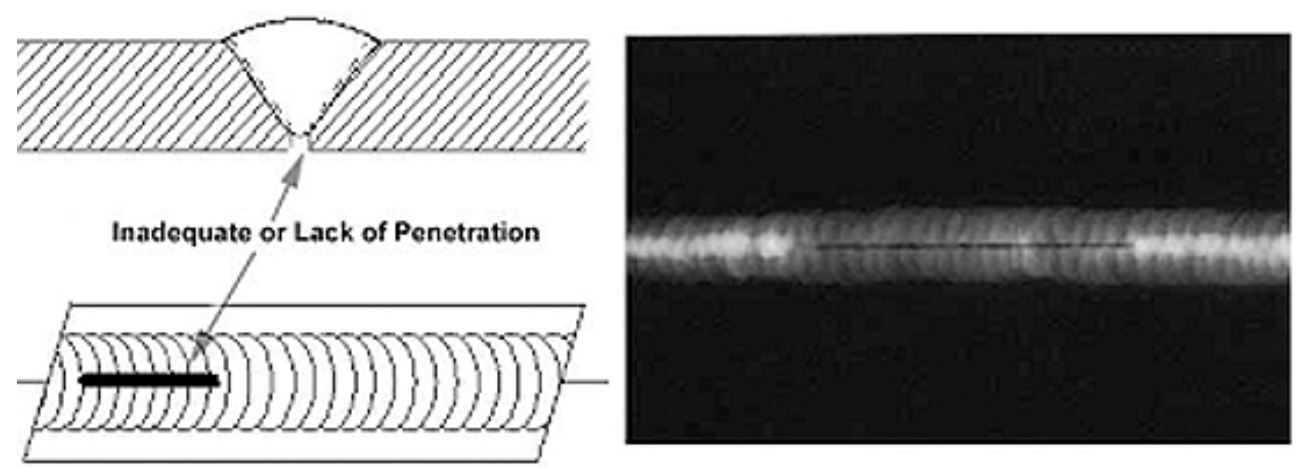


INCLUSIONES GASEOSAS O POROS





FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES EN LOS CORDONES



FALTA DE PENETRACIÓN

4.2 MONTAJE EN OBRA

COMPROBACIONES PREVIAS

- DEO
 - Correspondencia de los elementos elaborados en Taller con PROYECTO
 - La conformidad de la documentación suministrada con los mismos.
- CONSTRUCTOR
 - Elaboración de PROGRAMA DE MONTAJE Y CONTROL para su aprobación por el DO, que constará de:
 - **Memoria de montaje**

Incluyendo cálculo de tolerancias de posicionamiento de cada componente, coherentes con el sistema general de tolerancias (en especial replanteo de basas), descripción de ayudas al montaje (casquillos provisionales de apoyo, orejetas de izado, elementos de guiado, etc.), definición de uniones en obra, medios de protección de soldaduras, procedimientos de apriete de tornillos, etc.

Figurará un apartado relativo a comprobaciones de seguridad durante montaje, garantizando que como consecuencia del proceso, no se generan solicitudes permanentes sobre la estructura diferentes a las de PROYECTO.
 - **Planos de montaje**

Esquema de posición y movimientos de las piezas durante el montaje, medios de izado, apuntalamientos provisionales y toda la información necesaria para el correcto manejo de piezas.
 - **Programa de control**

Debe indicar los procedimientos de autocontrol, especificando los elementos a los que se aplica cada inspección, el tipo (visual, mediante ENDS, etc.) nivel, medios de inspección, decisiones derivadas de cada uno de los resultados posibles, etc.

DURANTE EL MONTAJE EN OBRA

Conformidad de las operaciones, mediante CRITERIOS ANÁLOGOS A LOS ESTABLECIDOS PARA LA FABRICACIÓN EN TALLER.

5 CONTROL DE ESTRUCTURA

ETAPAS DE INSPECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

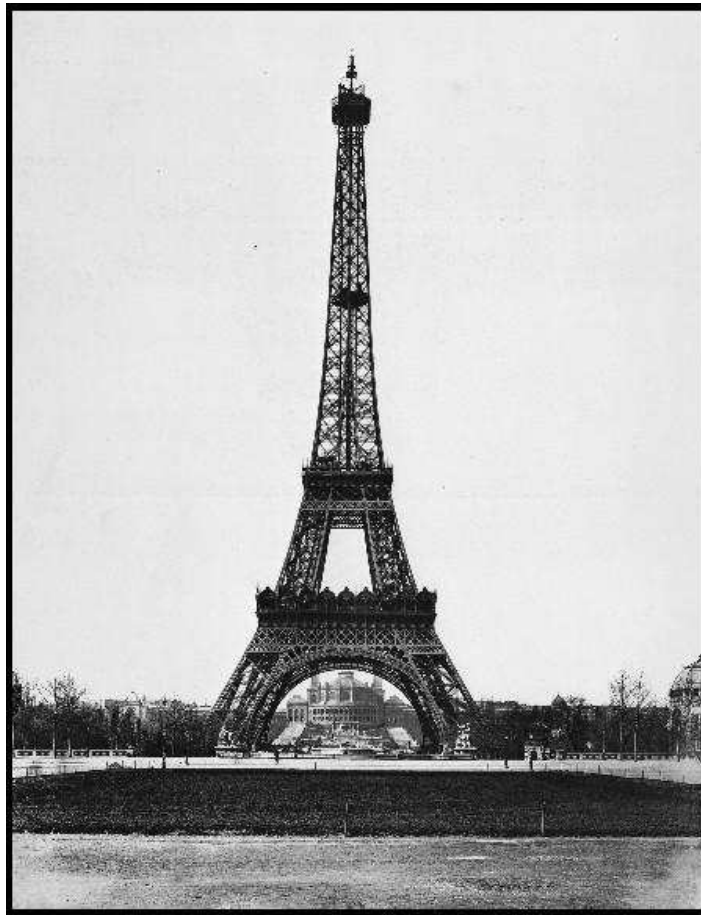
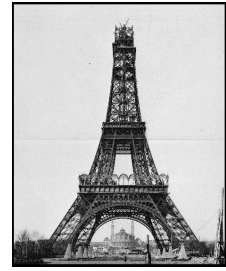
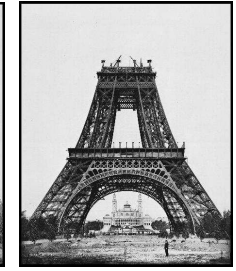
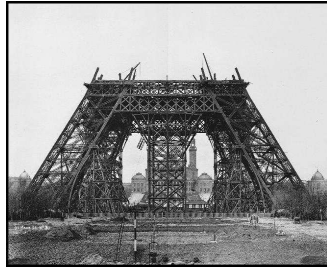
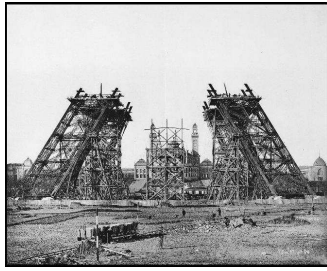
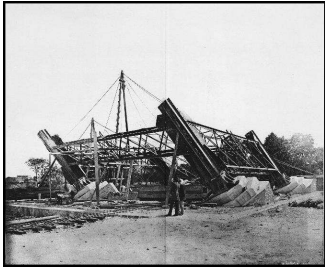
- | | | |
|--|---|---------------------------------------|
| • ANTES DE LA EJECUCIÓN | → | CONTROL DE PROYECTO |
| • DURANTE LA EJECUCIÓN | → | CONTROL DE CALIDAD (PRODUCTO/PROCESO) |
| • FINALIZADA LA OBRA, ANTES DE LA PUESTA EN SERVICIO | → | CONTROL DE ESTRUCTURA |
| • POSTERIORMENTE, A LO LARGO DE VIDA ÚTIL | → | MANTENIMIENTO |

INFORME FIN DE OBRA

Para estructuras EXC 3 y 4, tras **inspección fin de obra** revisando el estado de la estructura en relación con su mantenimiento. Los deterioros detectados y las medidas correctoras a adoptar se deben reflejar en un informe que debe incluir, al menos:

- Vida útil esperada del sistema de protección, para superficies expuestas e inaccesibles.
- Descripción del tratamiento de protección empleado describiendo, tanto para superficies expuestas como para superficies inaccesibles, los siguientes aspectos, que en el caso de pintura serán:
 - Tipo preparación.
 - Número de capas.
 - Dotación y espesor de cada capa.
 - Productos empleados en cada capa.
 - Datos de identificación de la casa suministradora de la pintura.
 - Datos de identificación de la empresa aplicadora.

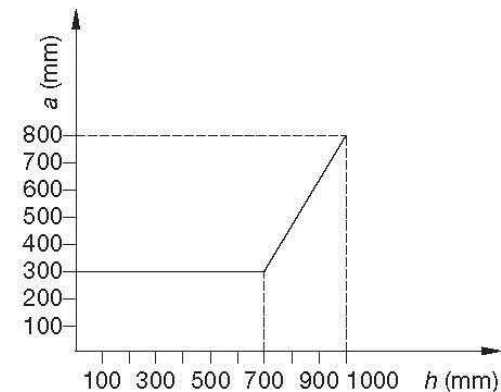
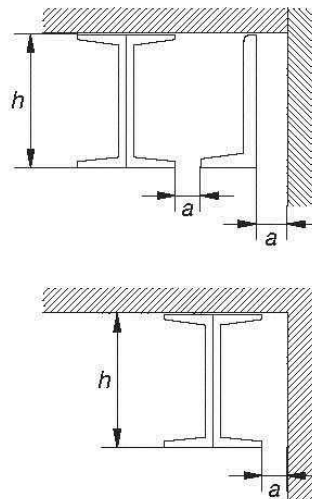
El informe se facilitará al usuario final del edificio, e incluirá como anejo el Plan de Inspección y Mantenimiento.



MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO

- ACCESIBILIDAD

- SUPERFICIES A REPINTAR No deben existir zonas inaccesibles o de difícil acceso
- OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Disposición de ganchos, pasadores u otros elementos de fijación en la estructura que permitan instalar andamios u otros medios de acceso requeridos
- SUPERFICIES CON TRATAMIENTO Visibles o accesibles con unos medios que garanticen la seguridad de los responsables de mantenimiento y que dispongan del espacio suficiente para trabajar con comodidad (Distancias mínimas recomendadas, Tabla 92.2.A EAE)
- SUPERFICIES INACCESIBLES Si no es posible dejar espacio suficiente que posibilite que el operario que debe tratar las superficies a mantener, por falta de visión de la zona o imposibilidad de manejo de la herramienta requerida, las superficies deben considerarse en PROYECTO como inaccesibles y aplicar los espesores de los sistemas de protección que corresponde.

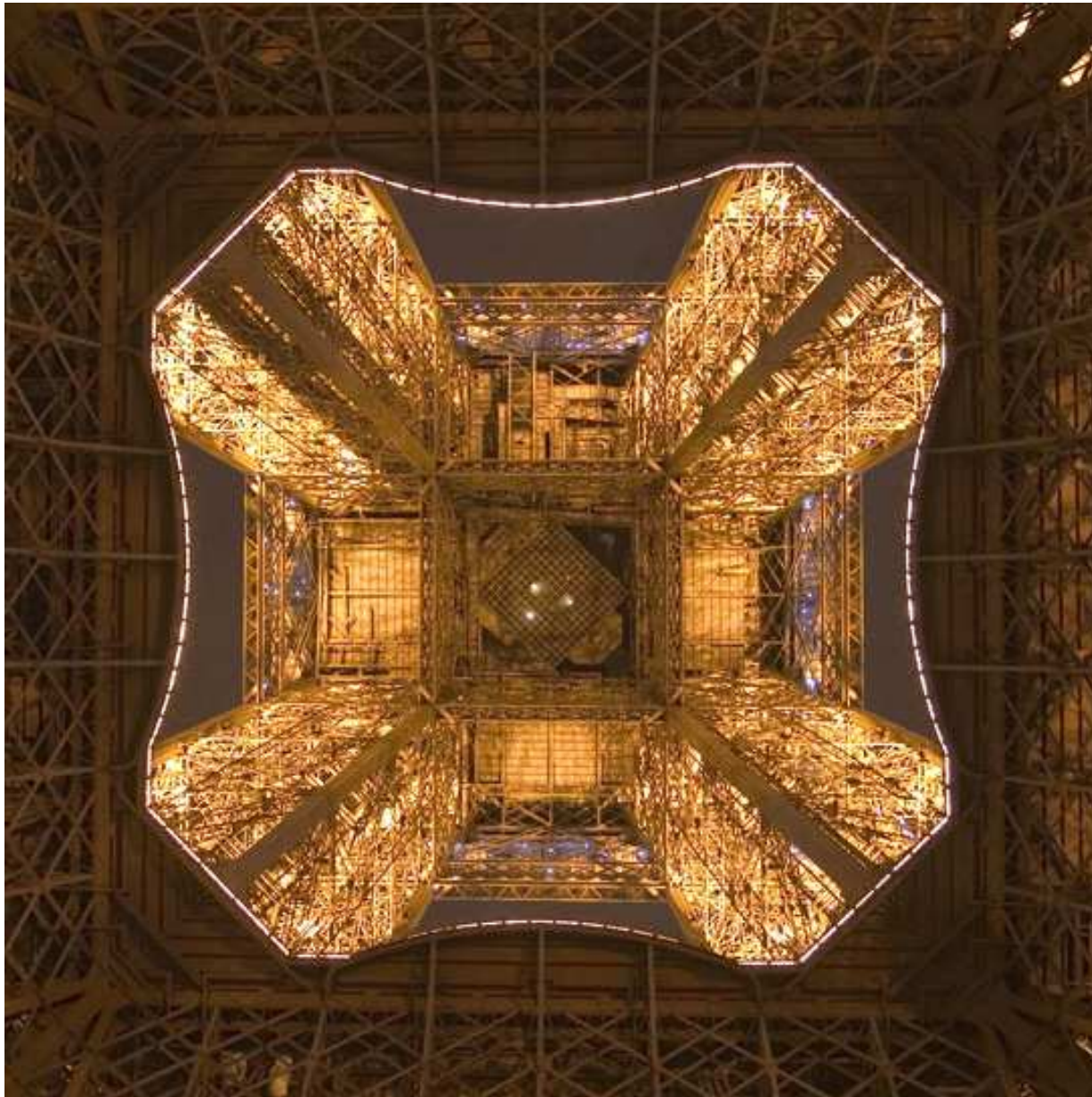


- PLAN DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

Debe incluir definición precisa de, al menos:

- Características de la estructura
- Estimación de la vida útil de cada elemento
- Puntos críticos de cada elemento
- Periodicidad recomendada de inspecciones
- Criterios de inspección
- Medios auxiliares necesarios para el acceso a las diferentes zonas de la estructura
- Tratamiento de protección propuesto para superficies inaccesibles
- Pintura de protección u otro tipo de sistema propuesto para superficies expuestas que sufran más deterioro
- Calendario de repintado u otras acciones de mantenimiento de la estructura





VENTAJAS DE LAS UNIONES ATORNILLADAS EN OBRA





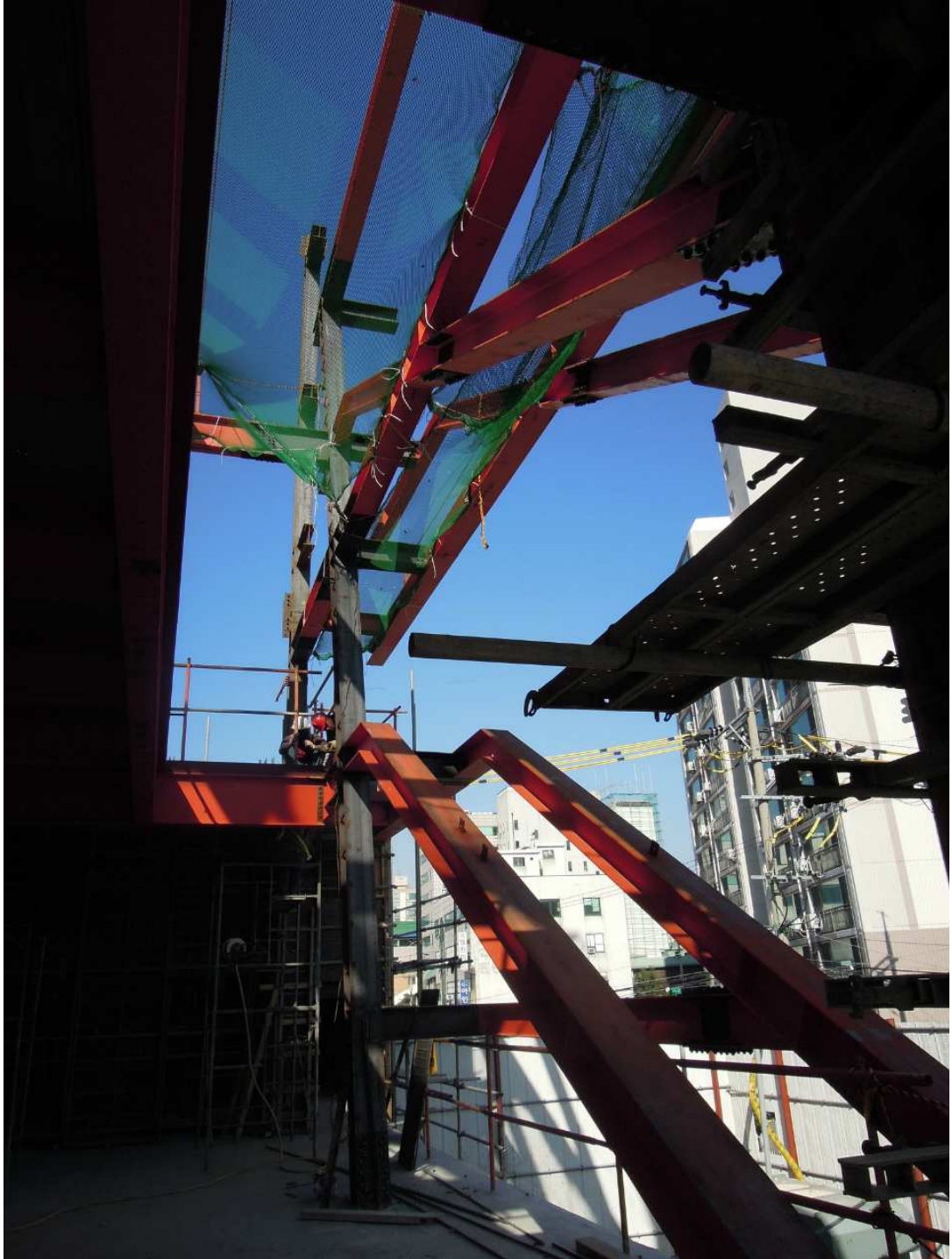




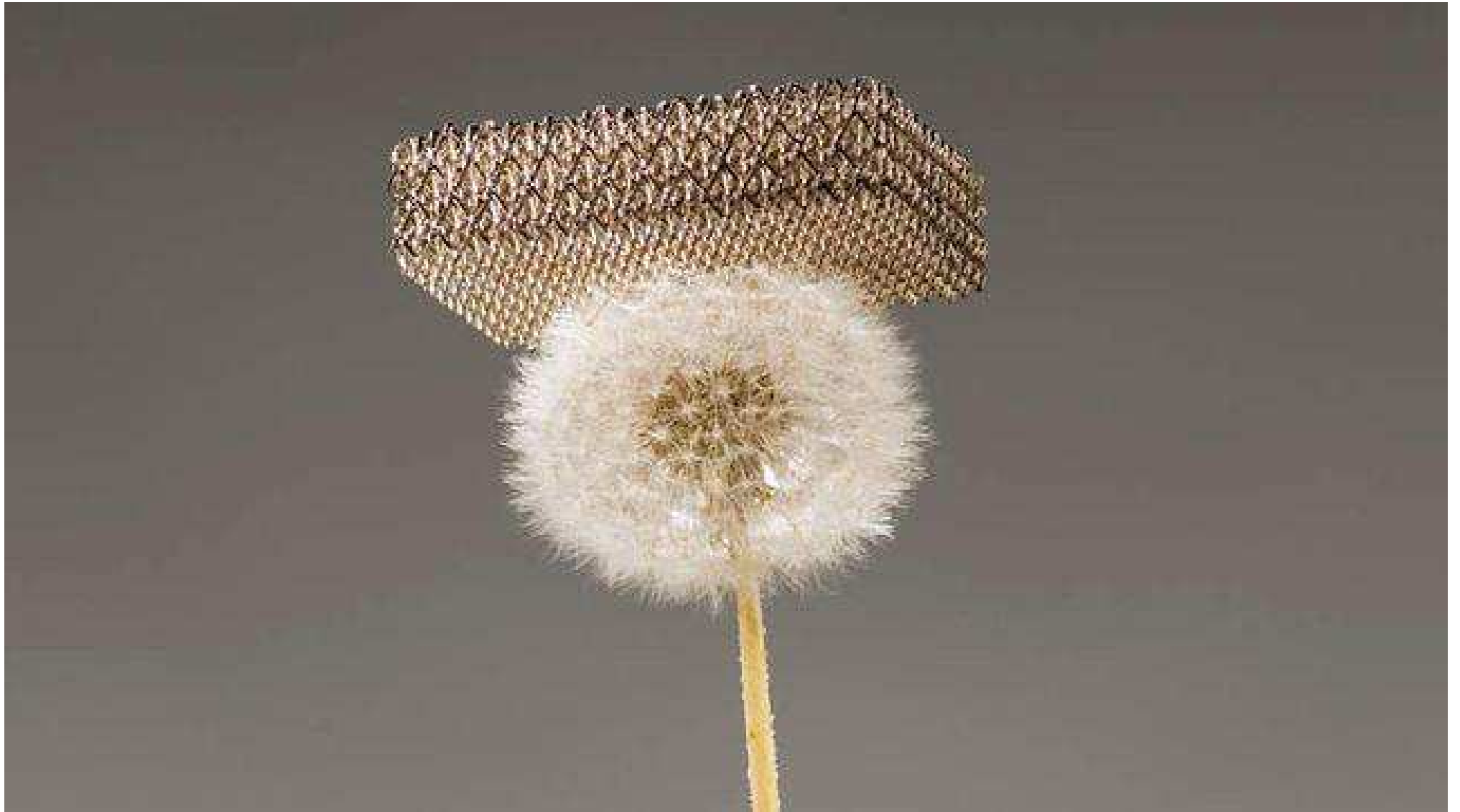












MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN