

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

**Desarrollo de una carcasa de móvil a requisitos mecánicos y de
disipación de calor.**

Trabajo Final de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor: Gonzalo Reig Montés

Tutor: David García Sanoguera

Néstor Montañés Muñoz

Curso académico: [2014-2015]

Resumen

En el presente proyecto se va a desarrollar una carcasa para la protección de la zona trasera y lateral de los smartphones. Previamente se elegirán los posibles materiales adecuados para su desarrollo, así como se realizará una parte experimental, en la que se aplicará un tratamiento de plasma atmosférico en condiciones severas. Posteriormente se optimizarán las condiciones del mismo con el objetivo de maximizar la eficiencia del tratamiento. A continuación se estudiará la resistencia mecánica y rigidez de los materiales elegidos. Por otro lado se realizará el diseño de la carcasa y se simulará su comportamiento mecánico mediante un programa de elementos finitos. Se fabricará un modelo a escala en impresora 3D.

En el present projecte es desenvoluparà una carcassa per a la protecció de la zona posterior i lateral dels smartphones. Prèviament es triaran els possibles materials adequats per al seu desenvolupament, així com es realitzarà una part experimental, en la qual s'aplicarà un tractament de plasma atmosfèric en condicions severes. Posteriorment s'optimitzaran les condicions del mateix amb l'objectiu de maximitzar l'eficiència del tractament. A continuació s'estudiarà la resistència mecànica i rigidesa dels materials escollits. D'altra banda es realitzarà el disseny de la carcassa i es simularà el seu comportament mecànic mitjançant un programa d'elements finits. Es fabricarà un model a escala en impressora 3D.

In the present project will be develop a housing for protecting the back and the side of the smartphone area. Previously possible materials suitable for development will be chosen as well as an experimental part, in which a treatment atmospheric plasma in severe conditions will apply will, subsequently its conditions are optimized in order to maximize treatment efficiency. Then the strength and stiffness of the materials chosen should be considered. On the other hand be held on housing design and mechanical behavior is simulated using a finite element program. A scale model 3D printer is manufactured.

Palabras clave: Desarrollo, carcasa de móvil, mecánicos, disipación calor.

Keywords: Development, mobile housing, mechanical, heat dissipation.

Índice

Índice.....	2
Índice ilustraciones.....	3
Índice Tablas.....	5
1. Objeto y objetivos del TFG.	7
2. Antecedentes / Introducción (si procede).	7
2.1 Estado del arte.	7
Fundas tipo libro.	7
Carcasas.....	8
3. Metodología de trabajo del TFG.	10
3.1 Secuenciación de actividades.....	10
3.2 Diagrama temporal de actividades desarrolladas.....	11
3.3 Recursos, medios y equipos empleados en el desarrollo del TFG.	12
Plasma atmosférico.	12
Termografía infrarroja (TIR)	14
Ensayo de tracción	16
4. Desarrollo y resultados del TFG.	18
4.1 Cálculos justificativos.	18
Estudio sobre la disipación de calor con plasma atmosférico.	18
Estudio de propiedades mecánicas de los materiales.	54
4.2 Simulaciones.....	58
4.3 Resultados obtenidos.....	66
Resultados obtenidos. Disipación de calor.	66
Resultados obtenidos. Propiedades Mecánicas.....	70
4.4 Conclusiones.....	70
5. Presupuesto y/o estudio económico.	73
6. Plano del producto.....	76
7. Bibliografía utilizada para la realización del TFG.....	77
7.1 Información técnica.....	77

Índice ilustraciones.

Ilustración 1. Ejemplo funda tipo libro.....	8
Ilustración 2. Ejemplo funda tipo libro.....	8
Ilustración 3. Ejemplo funda tipo carcasa.	8
Ilustración 4. Ejemplo funda tipo carcasa.	8
Ilustración 5 Ejemplo funda tipo carcasa, polipropileno	9
Ilustración 6 Ejemplo funda tipo carcasa. policarbonato.....	9
Ilustración 7 Ejemplo funda tipo carcasa, aluminio	9
Ilustración 8 Ejemplo funda tipo carcasa, piel	9
Ilustración 9 Ejemplo funda tipo carcasa, madera	9
Ilustración 10 Ejemplo funda tipo carcasa, fibra de carbono.	9
Ilustración 11 Ejemplo funda tipo carcasa, fibra de vidrio.....	10
Ilustración 12. Ejemplo funda tipo carcasa. Acero inoxidable	10
Ilustración 13. Tratamiento con plasma atmosférico.	12
Ilustración 14. Equipo Plasma Jet RD 1004,	13
Ilustración 15. Tobera utilizada.....	13
Ilustración 16.Representación de una tobera circular para el equipo de tratamiento con plasma atmosférico	14
Ilustración 17. CANTRONIC modelo IR980.....	16
Ilustración 18. Ibertest ELIB 30.....	17
Ilustración 19. . Secuenciación aluminio 10 segundos, 6 milímetros.	18
Ilustración 20. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 10s, 6mm.....	19
Ilustración 21. Secuenciación aluminio 30 segundos, 6 milímetros.	20
Ilustración 22. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 30s, 6mm.....	21
Ilustración 23. Secuenciación aluminio 60 segundos, 6 milímetros.	22
Ilustración 24. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 60s, 6mm.....	23
Ilustración 25. Secuenciación aluminio 10 segundos, 16 milímetros.	24
Ilustración 26. Secuenciación aluminio 30 segundos, 16 milímetros.	26
Ilustración 27. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 30s, 16mm.....	27
Ilustración 28. Secuenciación aluminio 60 segundos, 16 milímetros.	28
Ilustración 29. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 60s, 16mm.....	29
Ilustración 30. Secuenciación aluminio 10 segundos, 26 milímetros.	30
Ilustración 31. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 10s, 26mm.....	31
Ilustración 32. Secuenciación aluminio 30 segundos, 26 milímetros.	32
Ilustración 33. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 30s, 26mm.....	33
Ilustración 34. Secuenciación aluminio 60 segundos, 26 milímetros.	34
Ilustración 35. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 60s, 26mm.....	35
Ilustración 36. Secuenciación Acero Inoxidable 10 segundos, 6 milímetros.	36
Ilustración 37. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 10s, 6mm.	37
Ilustración 38. Secuenciación Acero Inoxidable 30 segundos, 6 milímetros.	38
Ilustración 39. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 10s, 6mm.	39
Ilustración 40. Secuenciación Acero Inoxidable 60 segundos, 6 milímetros.	40
Ilustración 41. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 60s, 6mm.	41
Ilustración 42. Secuenciación Acero Inoxidable 10 segundos, 16 milímetros.	42

Il·lustració 43. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 10s, 16mm.	43
Il·lustració 44. Secuenciación Acero Inoxidable 30 segundos, 16 milímetros.	44
Il·lustració 45. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 30s, 16mm.	45
Il·lustració 46. Secuenciación Acero Inoxidable 60 segundos, 16 milímetros.	46
Il·lustració 47. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 60s, 16mm.	47
Il·lustració 48. Secuenciación Acero Inoxidable 10 segundos, 26 milímetros.	48
Il·lustració 49. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 10s, 26mm.	49
Il·lustració 50. Secuenciación Acero Inoxidable 30 segundos, 26 milímetros.	50
Il·lustració 51. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 30s, 26mm.	51
Il·lustració 52. Secuenciación Acero Inoxidable 60 segundos, 26 milímetros.	52
Il·lustració 53. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 60s, 26mm.	53
Il·lustració 54. Gràfica tensió-deformació Al 5754.	55
Il·lustració 55. Gràfica tensió-deformació Acero Inox. AISI 316.	57
Il·lustració 56. Disseny part frontal de la carcassa.....	58
Il·lustració 57. Disseny part traser de la carcassa.	58
Il·lustració 58. Disseny part lateral esquerra de la carcassa.	59
Il·lustració 59. Disseny part lateral dreta de la carcassa.	59
Il·lustració 60. Disseny base inferior de la carcassa.....	60
Il·lustració 61. Disseny base superior de la carcassa.	60
Il·lustració 62. Varias isométricas de la carcassa.....	60
Il·lustració 63. Iphone 6 sin carcassa.	61
Il·lustració 64. Iphone 6 con carcassa, vista traser.	61
Il·lustració 65. Iphone 6 con carcassa, vista frontal.....	62
Il·lustració 66. Iphone 6 con carcassa, vista lateral esquerra.	62
Il·lustració 67. Iphone 6 con carcassa, vista lateral dreta.	63
Il·lustració 68. . Iphone 6 con carcassa, vista base inferior..	63
Il·lustració 69. Iphone 6 con carcassa, varias isométricas.	64
Il·lustració 70. Simulació a flexió Solidworks.....	65
Il·lustració 71. Gràfica comparativa resultats obtinguts alumini i part no tractada.....	67
Il·lustració 72. . Gràfica comparativa resultats obtinguts acer inoxidable AISI 316 i part no tractada.....	69
Il·lustració 73. Gràfica comparatiiva Tensió deformació AL 5754- AISI 316.....	71
Il·lustració 74. Resultats obtinguts en la part no tractada de la probeta, estudi dissipació de calor en alumini 5754.....	71
Il·lustració 75. Promedio resultats obtinguts en la part no tractada de la probeta, estudi dissipació de calor en alumini 5754.....	71

Índice Tablas

Tabla 1 diagrama temporal actividades desarrolladas	11
Tabla 2. Características cámara CANTRONIC modelo IR980	16
Tabla 3. Datos obtenidos aluminio prueba 10s, 6mm.	19
Tabla 4 . Datos obtenidos aluminio prueba 30s, 6mm.	21
Tabla 5. Datos obtenidos aluminio prueba 60s, 6mm.	23
Tabla 6. Datos obtenidos aluminio prueba 10s, 16mm.	25
Tabla 7. . Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 10s, 16mm.....	25
Tabla 8. Datos obtenidos aluminio prueba 30s, 16mm.	27
Tabla 9. Datos obtenidos aluminio prueba 60s, 16mm..	29
Tabla 10. Datos obtenidos aluminio prueba 10s, 26mm.	31
Tabla 11. Datos obtenidos aluminio prueba 30s, 26mm.	33
Tabla 12. Datos obtenidos aluminio prueba 60s, 26mm.	35
Tabla 13. . Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 10s, 6mm.	37
Tabla 14. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 30s, 6mm.	39
Tabla 15. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 60s, 6mm.	41
Tabla 16. . Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 10s, 16mm.	43
Tabla 17. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 30s, 16mm.	45
Tabla 18. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 60s, 16mm.	47
Tabla 19 . Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 10s, 26mm.	49
Tabla 20. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 30s, 26mm.	51
Tabla 21. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 60s, 26mm.	53
Tabla 22. Propiedades mecánicas Aluminio.....	54
Tabla 23. Propiedades resultantes estudio tracción aluminio.....	55
Tabla 24. Propiedades mecánicas acero Inoxidable AISI 316	56
Tabla 25.. Propiedades resultantes estudio tracción acero inoxidable	57
Tabla 26. Resultados obtenidos en la parte tratada de la probeta, estudio disipación de calor en aluminio 5754.....	66
Tabla 27. Resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en aluminio 5754.....	66
Tabla 28. Promedio resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en aluminio 5754.....	66
Tabla 29. Resultados obtenidos en la parte tratada de la probeta, estudio disipación de calor en acero inoxidable AISI 316.	68
Tabla 30. Resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en acero inoxidable AISI 316	68
Tabla 31. Promedio resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en acero inoxidable AISI 316.	68
Tabla 32. Resultados obtenidos aluminio 5754. Estudio propiedades mecánicas	70
Tabla 33. Resultados obtenidos acero inoxidable AISI 316. Estudio propiedades mecánicas....	70
Tabla 34. Unidades totales a fabricar.....	73
Tabla 35. Gasto estimado tratamiento plasma atmosférico.....	73
Tabla 36. Gasto estimado fabricación Utillajes y troquel.	73
Tabla 37. Gasto estimado montaje de linea.....	74



Tabla 38. Gasto estimado fabricación.....	74
Tabla 39. Resumen gasto estimado.	75

1. Objeto y objetivos del TFG.

El objeto del proyecto, es el desarrollo de una carcasa para la protección de los smartphones. Además se hará una elección entre diversos materiales que puedan ser posibles para su desarrollo, así como se llevará a cabo una parte experimental, en la que se aplicará un tratamiento de plasma atmosférico en condiciones severas, para sacar conclusiones sobre la disipación de calor aplicando este tratamiento. A continuación, se seguirá investigando con este tratamiento con la intención de optimizar las condiciones del mismo con el objetivo de maximizar la eficiencia del tratamiento. Posteriormente se estudiará la resistencia mecánica y rigidez de los materiales elegidos. Por otro lado se realizará el diseño de la carcasa y se simulará su comportamiento mecánico mediante un programa de elementos finitos. Se fabricará un modelo a escala en impresora 3D.

En resumen, los objetivos del proyecto son:

1. Elegir el material adecuado para la fabricación de una carcasa de teléfono móvil, con óptima disipación de calor y óptimos requisitos mecánicos.
2. Aplicar un tratamiento superficial de plasma atmosférico en diferentes condiciones en los materiales previamente elegidos.
3. Realizar ensayos mecánicos para evaluar la resistencia mecánica y la rigidez de los materiales elegidos.
4. Simulación del comportamiento mecánico mediante un programa de elementos finitos.

2. Antecedentes / Introducción (si procede).

Se ha pensado desarrollar una carcasa de móvil, ya que cada día los smartphones son un complemento más importante en la sociedad. Los fabricantes, enfatizan en la optimización de las dimensiones del smartphone. Este énfasis, incide directamente en la fragilidad de los mismos. Todo esto, sumado a que últimamente los diseñadores escogen materiales en vidrio y metal para fabricarlos, con la intención de cuidar todavía más la imagen de los dispositivos hace que se traten de unos productos muy frágiles.

Es por ello, que cada vez es más corriente que los dispositivos vayan acompañados de accesorios, ese otro negocio detrás de los teléfonos en el que compiten tanto fabricantes oficiales como fabricantes que se dedican exclusivamente a ello. Dentro de estos accesorios, se encuentran las carcasas y fundas, esos accesorios que nos prometen algo más de seguridad ante caídas y golpes a cambio de sacrificar diseño y alguna que otra prestación.

2.1 Estado del arte.

A continuación vamos a mostrar diversos tipos de accesorios para la protección de los smartphones.

Fundas tipo libro.

Este tipo de fundas, suelen estar fabricadas en policarbonato, pero también las hay en piel artificial, piel natural, etc.

Son unas fundas muy utilizadas porque protegen con totalidad el smartphone, pero tienen el gran inconveniente de que con ellas puestas, el móvil pierde diseño, una de las grandes finalidades de los fabricantes de móviles.



Ilustración 1. Ejemplo funda tipo libro



Ilustración 2. Ejemplo funda tipo libro

Carcasas.



Ilustración 3. Ejemplo funda tipo carcasa.



Ilustración 4. Ejemplo funda tipo carcasa.

Posiblemente, este sea el tipo de protección más utilizado en el mercado actualmente, ya que protegen todas las aristas de los teléfonos y la parte trasera.

Existen muchísimos tipos de materiales con los que se fabrican estas carcasas, entre ellos está el polipropileno, policarbonato, aluminio, acero inoxidable, fibra de carbono, fibra de vidrio, madera, piel, etc.

A continuación se mostrarán unas imágenes con todos los distintos materiales con los que se pueden fabricar las carcasas.



Il·lustració 5 Ejemplo funda tipo carcasa, polipropileno



Il·lustració 8 Ejemplo funda tipo carcasa, piel



Il·lustració 6 Ejemplo funda tipo carcasa, policarbonato



Il·lustració 9 Ejemplo funda tipo carcasa, madera.



Il·lustració 7 Ejemplo funda tipo carcasa, aluminio



Il·lustració 10 Ejemplo funda tipo carcasa, fibra de carbono.



Il·lustració 11 Ejemplo funda tipo carcasa, fibra de vidrio.



Il·lustració 12. Ejemplo funda tipo carcasa. Acero inoxidable

Nosotros hemos creído, que una carcasa de un móvil, debe de cumplir perfectamente el objetivo de la protección, siendo muy importante la parte del diseño, por eso creemos que la mejor protección del móvil es la llamada “carcasa”.

3. Metodología de trabajo del TFG.

3.1 Secuenciación de actividades.

Actividad 1. Estudios preliminares.

La actividad número uno, estudios preliminares, ha consistido en hacer un pequeño estudio para saber si la aplicación de plasma en el metal serviría para poder incrementar la disipación de calor o no en estos. Esta idea viene surgida debido a que este tratamiento, es comúnmente aplicado en los plásticos para crear una microrrugosidad que hace que aumente el área de superficie y por tanto tenga mayor capacidad de disipación.

Pero, desconocíamos hasta el momento, si este tratamiento crearía el mismo efecto en el metal.

Por lo tanto se ha hecho una pequeña prueba con una probeta de Aluminio 5754, y nos hemos dado cuenta a grosso modo, que sí que se disipa mayor temperatura cuando el metal es tratado con plasma atmosférico.

Por último, se ha decidido que deberíamos de darle un uso adecuado a este metal, por lo que se ha creído que un buen uso sería en todos los aparatos tecnológicos, ya que siempre es importante que estos disipen la mayor temperatura posible. Por eso hemos decidido utilizar este material en la carcasa de un teléfono, algo tan en uso en la sociedad actual.

Actividad 2. Investigación con plasma atmosférico.

Una vez que hecha la pequeña prueba de la actividad 1, y comprobado que se iba por un buen camino, hemos empezado la investigación sobre el tratamiento del plasma atmosférico para lograr mayor disipación de calor. Para eso, se ha decidido investigar con dos materiales, que son:

- Aluminio 5754
- Acero Inoxidable AISI 316

Se ha decidido que nuestros experimentos tengan dos variables, que son:

- Tiempo de ejecución
 - 10 segundos.
 - 30 segundos.
 - 60 segundos.
- Distancia entre la tobera del plasma y la probeta.
 - 6 milímetros.
 - 16 milímetros.
 - 26 milímetros.

Con estas incógnitas y combinándolas entre ellas, hemos hecho 9 experimentos por cada material, es decir un total de 18 experimentos.

La última parte de esta actividad, ha sido calcular el porcentaje de disipación de cada experimento, y sacar las conclusiones parciales de esta actividad.

Actividad 3. Estudio propiedades mecánicas.

Una vez que realizamos el estudio sobre la disipación de calor con el tratamiento del plasma, decidimos que sería conveniente hacer un estudio sobre las propiedades mecánicas de los dos materiales, es decir, del aluminio 5754 y del acero inoxidable AISI 316.

Por último, sacamos las conclusiones parciales sobre esta actividad.

Actividad 4. Diseño asistido por computadora.

La penúltima actividad, trataba de hacer un diseño de la carcasa, apoyándose con un software para modelado mecánico en 3D, en este caso utilizamos Solidworks.

Actividad 5. Conclusiones.

El último paso, ha consistido en sacar las conclusiones definitivas sobre todas las actividades anteriores.

3.2 Diagrama temporal de actividades desarrolladas

A continuación se mostrara una tabla con un diagrama temporal estimado sobre las actividades desarrolladas.

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Actividad 1				
Actividad 2				
Actividad 3				
Actividad 4				
Actividad 5				

Tabla 1 diagrama temporal actividades desarrolladas

3.3 Recursos, medios y equipos empleados en el desarrollo del TFG.

Plasma atmosférico.

Explicación.

La generación del plasma se consigue aplicando energía a un gas para modificar su estructura electrónica. Dicha energía se puede obtener térmicamente, con corriente eléctrica o con radiación electromagnética.

Los tratamientos con plasma son químicamente activos. Dependiendo del modo en que se activen y de su fuente de energía pueden generar altas o bajas temperaturas. Este rango de temperaturas permite variedades de aplicaciones como tratamiento superficial, destrucción de residuos, tratamientos de gas, síntesis de química, mecanizado, etc.

Los plasmas térmicos, como el arco de plasma, están muy industrializados especialmente en el sector aeronáutico. Los plasmas fríos se han desarrollado para componentes microelectrónicos, su limitación yace en la capacidad de vacío de los equipos.

Para evitar el inconveniente del vacío, muchos laboratorios han intentado cambiar el tratamiento de plasma en vacío por el tratamiento a presión atmosférica.

El plasma atmosférico concerniente al objeto del presente proyecto, conocido como arco de plasma, se genera con energía eléctrica, la cual origina un campo eléctrico que transmite la energía de excitación necesaria a los electrones del gas. Esta excitación provoca colisiones de dos tipos entre los elementos del gas:

- Colisiones elásticas: no modifican la energía interna de los elementos neutros, pero aumentan ligeramente su energía cinética.
- Colisiones inelásticas: se producen cuando la energía de los electrones es suficientemente alta. Modifican la estructura electrónica de los elementos neutros, generando elementos excitados o iones en caso de colisiones altamente energéticas.

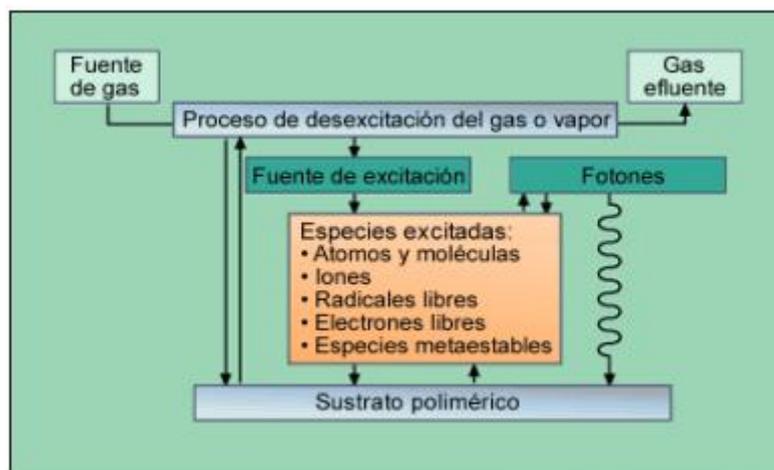


Ilustración 13. Tratamiento con plasma atmosférico.

Al entrar en contacto la energía del plasma con el sustrato, se libera dicha energía proporcionando unas propiedades superficiales características.

Los efectos que produce el tratamiento con plasma sobre los sustratos son principalmente:

- Limpieza superficial.
- Degradación de la superficie.
- Reticulación de los polímeros de la superficie.
- Polimerización y grafting en la superficie del sustrato.
- Implantación iónica.

Las posibles aplicaciones de las fuentes de plasma atmosférico están condicionadas por las propiedades del plasma (especialmente la temperatura del plasma) y por tanto, de la excitación de sus átomos. Además hay que tener en cuenta la distancia del núcleo de plasma para mantener una densidad suficiente de especies activas y la velocidad de pasada de la probeta que permite una mayor o menor penetración del plasma sobre el adherente.

En nuestro caso, como hemos estado tratando probetas de poca área, hemos decidido omitir la velocidad de pasada de la probeta y dejar solamente las variables del tiempo de ejecución y la distancia del núcleo.

Equipo utilizado.

El equipo utilizado para realizar el tratamiento superficial con plasma atmosférico es el modelo "Plasma Jet RD 1004", suministrado por el proveedor Plasmatrete GmbH, empresa con sede en Alemania. Está provisto de un generador de plasma, un transformador de alta tensión y un controlador de presión. Se ha utilizado una tobera de uso convencional para el sector de tratamientos superficiales.



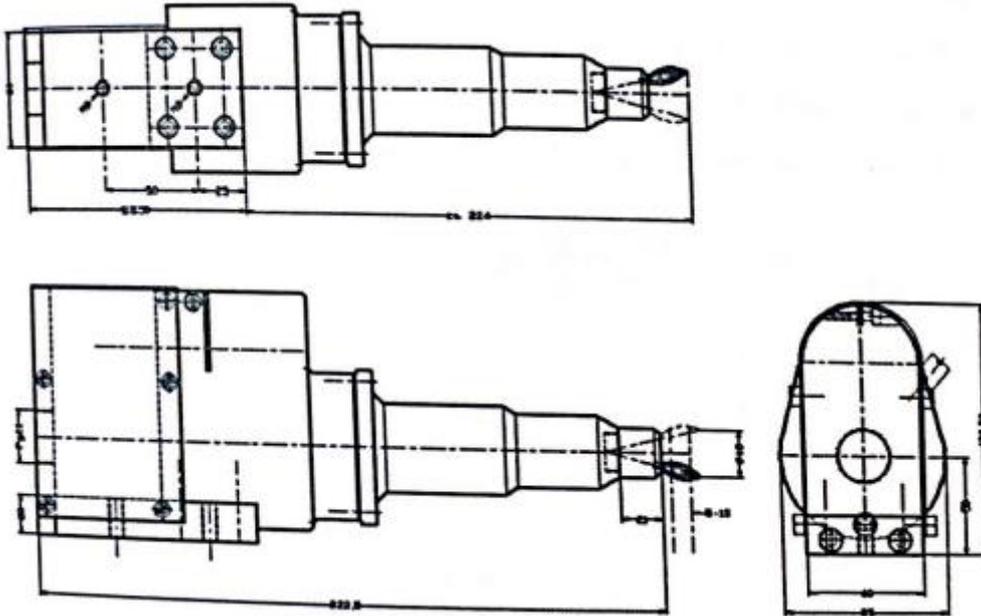
Ilustración 14. Equipo Plasma Jet RD 1004,

Las condiciones de trabajo son las mismas que las utilizadas a nivel industrial para poder reproducir de forma fácil y sencilla, además de transferir los resultados de forma verídica. Se ha usado una tobera circular, con un rango de 2 a 45 milímetros de distancia entre la tobera y el sustrato. Se ha utilizado este tipo de tobera por su aplicación industrial y por



Ilustración 15. Tobera utilizada.

su versatilidad. Para poner en funcionamiento el equipo, tan sólo se necesita un compresor de aire, un equipo de aspiración de aire y un enchufe de red de 230/400V. Estos equipos trabajan con una potencia máxima de 1kW.



Il·lustració 16. Representació de una tobera circular para el equipo de tratamiento con plasma atmosférico

Se dispone de un bastidor donde se situa la tobera de forma que controle la velocidad de avance del sustrato mediante un actuador lineal. Aunque en nuestro caso no ha sido necesario.

Termografía infrarroja (TIR)

Explicación.

La termografía infrarroja es una técnica de ensayo no destructivo sin contacto que obtiene la temperatura de la superficie de un cuerpo a través de la captación de la radiación infrarroja que esta emite. El mapa térmico de la superficie obtenido es llamado termograma.

Cuando el flujo de calor en un material es alterado por la presencia de anomalías o defectos provoca contrastes de temperatura en su superficie. El uso de la TIR como método no destructivo de inspección está basado en la obtención y el análisis de las imágenes de esos patrones térmicos.

Existen dos tipos de termografía, la TIR pasiva (se refiere a aquellos casos en los que no se usa ninguna estimulación de calentamiento o enfriamiento externo para provocar un flujo de calor en el cuerpo inspeccionado: el objeto estudiado produce un patrón de temperaturas típico por el hecho de estar involucrado en un proceso (industrial) que produce calor) y la TIR activa (se usa una estimulación externa para provocar un flujo de calor interno en el objeto estudiado).

Las técnicas de TIR activas principales son: TIR pulsada, *step heating* y TIR *lock-in*.

- La TIR pulsada (*pulsed thermography*) consiste en aplicar un pulso corto sobre el objeto (de 3 milisegundos a 2 segundos dependiendo del material) y grabar el enfriamiento. El frente térmico aplicado se propaga en el material y cuando encuentra un defecto el ratio de difusión es reducido produciendo un contraste con la temperatura sobre ese punto.
- La técnica *step heating* o termografía de pulso largo, consiste en calentar el objeto continuamente a baja potencia y la monitorizar el incremento de temperatura de la

superficie. Entre otras aplicaciones está la evaluación de espesores de recubrimientos y de uniones de recubrimiento a sustrato en estructuras compuestas y también la detección de corrosión oculta en el fuselaje de aviones.

- Finalmente la TIR *lock-in* está basada en la generación de ondas de calor dentro del espécimen inspeccionado (por ejemplo, depositando periódicamente calor en el cuerpo por medio de una lámpara modulada) y la monitorización de forma sincronizada del campo de temperaturas oscilante obtenido mediante una computadora o un amplificador *lock-in*. Es usada, por ejemplo, en inspecciones de componentes estructurales, detección de remaches sueltos, investigación de estructuras de absorción de radar y detección de grietas, descolados, etc.

Todos los objetos tienen algo de calor e irradian luz infrarroja, incluso los objetos o materiales que nosotros pensamos que son muy fríos, como por ejemplo el hielo. Los objetos fríos irradian menos calor que los objetos calientes, por lo que estos últimos brillan más luminosamente en el infrarrojo porque irradian más calor y más luz infrarroja. Consecuentemente, cualquier superficie material que tenga una temperatura irradia calor o luz infrarroja.

La termografía infrarroja es la técnica que permite medir y visualizar temperaturas de cuerpos que tengan temperaturas superiores al cero absoluto ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), sin la necesidad de hacer contacto y con una gran precisión (hasta $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$). Esto genera una imagen “térmica” que se asimila en gran medida a los detalles que podemos ver en imágenes “visuales”, mostrando diferencia de colores correspondiente a una variación en la temperatura de los elementos que se encuentran frente al campo visual.

Gracias a la física es posible convertir la energía de las ondas infrarrojas en valores de temperatura, cuantificando por medio de un detector infrarrojo la energía radiada por la superficie del objeto, y empleando algoritmos matemáticos que convierten esta información en sus correspondencias en grados Celsius y/o Fahrenheit, y finalmente, se les asigna un color, para que se obtenga una “visualización” de la temperatura de los cuerpos.

La cámara termográfica, básicamente es un receptor de señales de radiación infrarroja, debidamente sintonizada en una banda del espectro electromagnético, la cual genera una imagen empleando una gran variedad de colores, donde cada uno de ellos, significa una temperatura distinta (según la escala de colores elegida), de manera que la temperatura más elevada dentro de la imagen, corresponderá al color superior de la respectiva escala (límite superior), y la de menor temperatura (límite inferior), corresponderá al color inferior de la escala; los colores intermedios, representan las temperaturas intermedias entre los dos límites extremos de la temperatura registrada.

Sus principales aplicaciones van dirigidas a:

- Instalaciones y líneas eléctricas de alta y baja Tensión
- Tableros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, bobinados, generadores, etc.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.

- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos, etc.
- En medicina y veterinaria.
- Control de calidad.
- Industria aeronáutica.
- Investigación de materiales.

Equipo utilizado.

El equipo empleado para poder sacar todos los termogramas de la investigación es un cámara de termografía por infrarrojos (TIR) CANTRONIC modelo IR980, suministrado por la empresa canadiense denominada CANTRONIC System Inc.

El diseño de este equipo, basado en un microbolómetro no refrigerado (mide la cantidad total de radiación electromagnética que viene de un objeto en todas las longitudes de onda) con detector por infrarrojos, permite mostrar la imagen térmica por infrarrojos con una alta

definición, alta sensibilidad y pseudocolor.

A continuación, se muestran las características principales de la cámara de termografía empleada:



Ilustración 17. CANTRONIC modelo IR980

Característica	Valor
Tipo	Microbolómetro no refrigerado. Conjunto de plano focal.
Resolución del objetivo digital	320 x 240 píxeles.
Rango del espectro	8-14 μm
Sensibilidad térmica	0.08 $^{\circ}\text{C}$ a 30 $^{\circ}\text{C}$
Rango de enfoque de la lente	0.5 m
Rango de temperaturas	-20 $^{\circ}\text{C}$ a 600 $^{\circ}\text{C}$
Precisión	± 2 $^{\circ}\text{C}$ / ± 2 % de lectura.
Temperatura de funcionamiento	-20 $^{\circ}\text{C}$ a 50 $^{\circ}\text{C}$

Tabla 2. Características cámara CANTRONIC modelo IR980

Ensayo de tracción

Explicación

El comportamiento mecánico a tracción de un material refleja la relación entre el estado o nivel de tensiones que soporta el material y su respuesta ante tal perturbación, reflejada a través de una deformación de naturaleza elástica o plástica.

Uno de los ensayos mecánicos más importantes para conocer el comportamiento mecánico de un material es el ensayo de tracción que permite obtener el diagrama de tensiones-deformaciones unitarias, a partir del cual se puede extraer información sobre los tramos de deformación elástica y plástica, así como algunos parámetros que definen el comportamiento

a tracci3n tales como el m3dulo el3stico, tensi3n de rotura y % de alargamiento a la rotura. En el ensayo de tracci3n se somete una probeta de determinada geometr3a a la acci3n de un esfuerzo axial, habitualmente hasta la fractura.

La informaci3n que aporta el ensayo de tracci3n es muy completa en tanto en cuanto permite cuantificar la respuesta el3stica y pl3stica del material a trav3s de sus propiedades resistentes (m3dulo el3stico o de Young y tensi3n de rotura) y d3ctiles (% de alargamiento a la rotura). Las formas de trabajo en un ensayo de tracci3n son m3ltiples permitiendo incluso trabajar en condiciones de fatiga. Lo habitual es realizar un control por carrera, es decir estableciendo una velocidad constante de separaci3n de las mordazas, aunque algunos equipos tambi3n permiten trabajar con un control por fuerza manteniendo una velocidad de incremento de fuerza constante a lo largo de todo el ensayo.

El 3rea encerrada bajo el ensayo de tracci3n es 3til para estimar la tenacidad de un material, entendida como el trabajo o energ3a que consume un material en el proceso de deformaci3n y fractura.

Todo el ensayo de tracci3n se sigue en base a la norma ISO 6892-1:2009

Equipo utilizado

Los ensayos de tracci3n se realizaron en una m3quina universal de ensayos, denominada IBERTEST ELIB 30 proporcionada por la empresa S.A.E Ibertest, con sede social en Madrid.



Ilustraci3n 18. Ibertest ELIB 30

4. Desarrollo y resultados del TFG.

4.1 Cálculos justificativos.

Estudio sobre la disipación de calor con plasma atmosférico.

El primer punto de desarrollo del proyecto, ha sido realizar un estudio sobre la disipación de calor, en el Aluminio 5754 y el Acero Inoxidable AISI 316, previamente tratados con plasma atmosférico a diferentes condiciones.

Las probetas siempre han sido calentadas con anterioridad en un horno a 150 °C durante 1 minuto.

En todas las pruebas se mostrarán dos tablas, una de ellas en la que se mostrarán los datos de la parte tratada y la otra en la que se mostrarán los datos de la parte no tratada.

Por otra parte destacar que para calcular la temperatura de la probeta, se ha calculado la media de la temperatura del área de los extremos.

Aluminio 5754

Prueba 6 mm, 10 s.

A continuación se mostrarán los datos obtenidos con el Aluminio 5754, así como una secuenciación de las imágenes tomadas con la cámara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 6 mm de distancia
- 10 segundos de duración

Secuenciación.

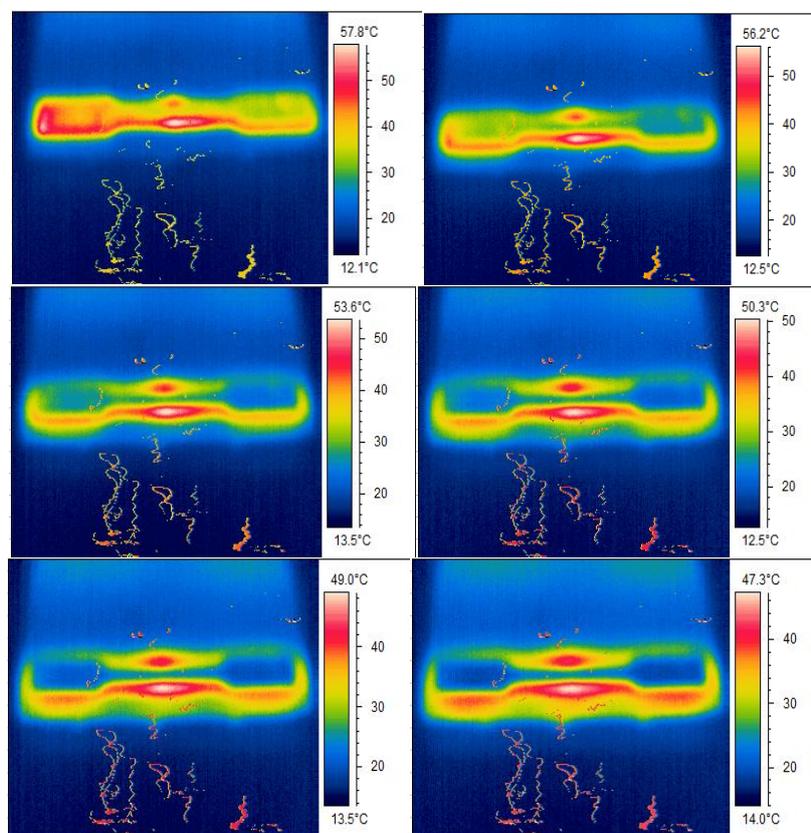


Ilustración 19. . Secuenciación aluminio 10 segundos, 6 milímetros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	44,8	
10	36,4	8,4
20	31,2	5,2
30	24,2	7
40	22,5	1,7
50	21,2	1,3
60	19,3	1,9
% disipación térmica		56,92%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	37,4	
10	31,6	5,8
20	28,6	3
30	21,9	6,7
40	21,3	0,6
50	20,8	0,5
60	19,7	1,1
% disipación térmica		47,33%

Tabla 3. Datos obtenidos aluminio prueba 10s, 6mm.

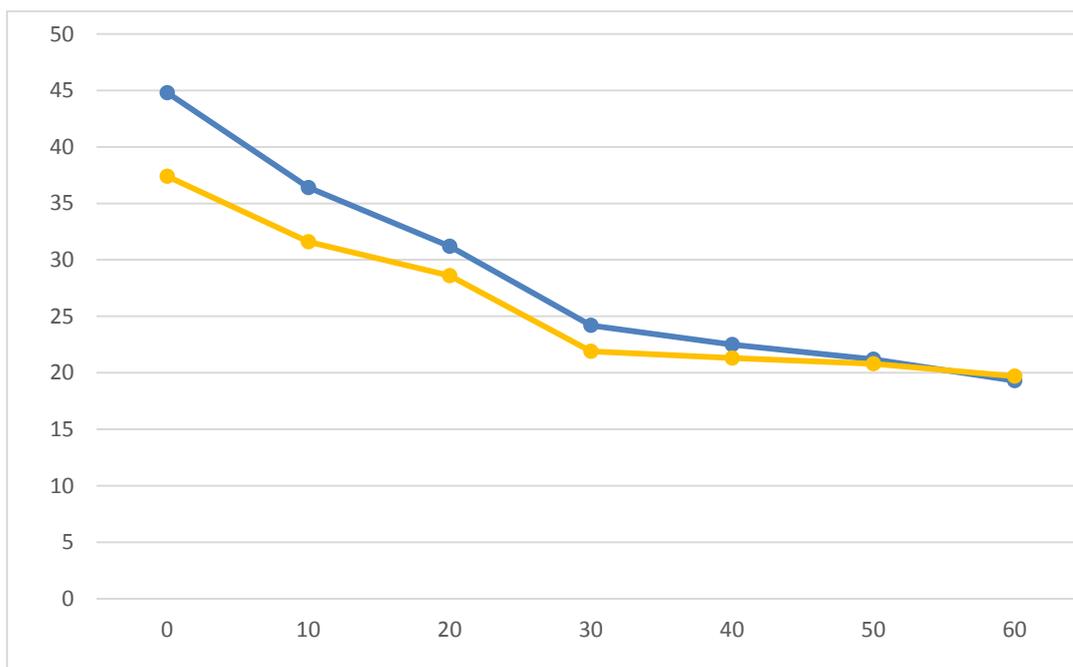


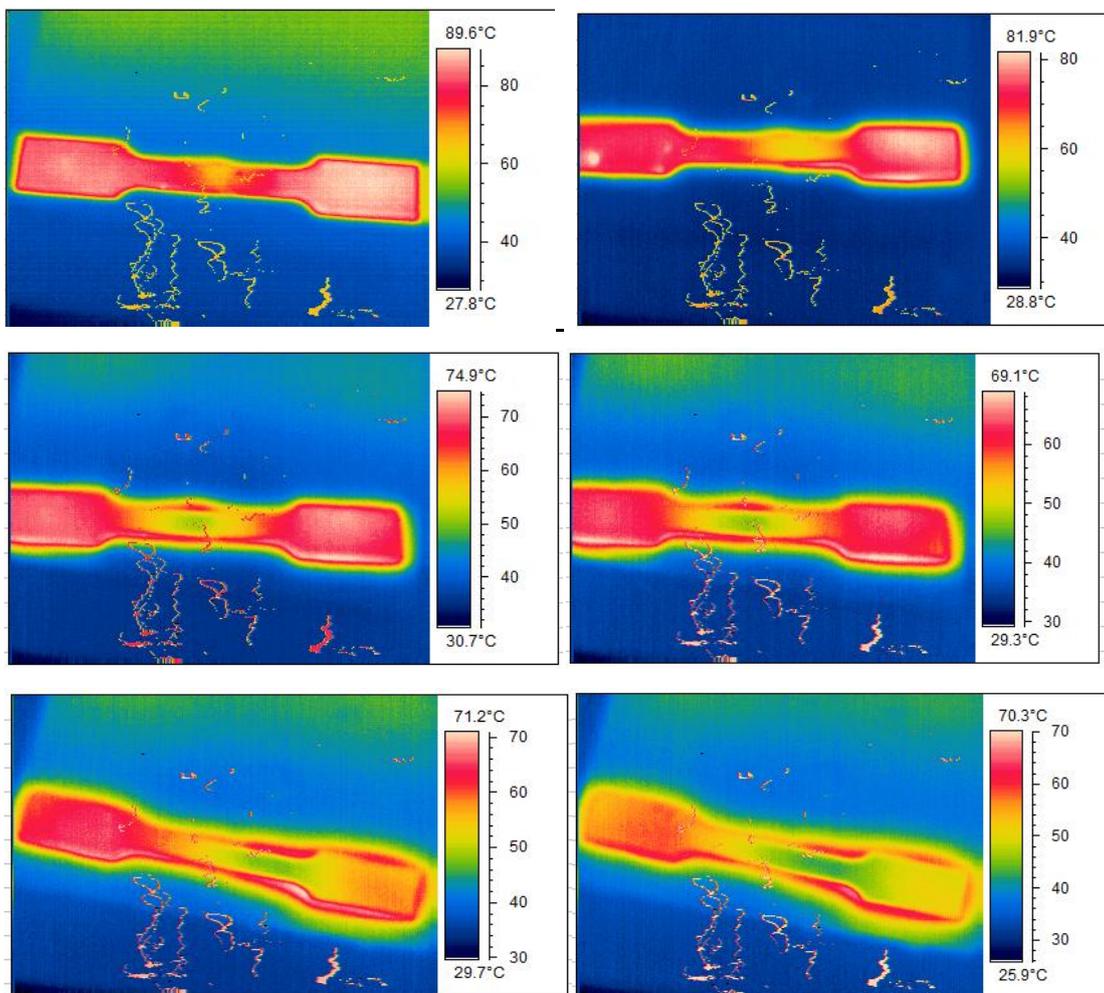
Ilustración 20. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 10s, 6mm.

Prueba 6 mm, 30 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Aluminio 5754, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 6 mm de distancia
- 30 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 21. Secuenciaci3n aluminio 30 segundos, 6 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	45,2	
10	37,6	7,6
20	31	6,6
30	26,4	4,6
40	22,5	3,9
50	21,2	1,3
60	19,2	2
% disipación térmica		57,52%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	37,6	
10	31,5	6,1
20	28,8	2,7
30	25,5	3,3
40	22,1	3,4
50	21,2	0,9
60	19,9	1,3
% disipación térmica		47,07%

Tabla 4 . Datos obtenidos aluminio prueba 30s, 6mm.

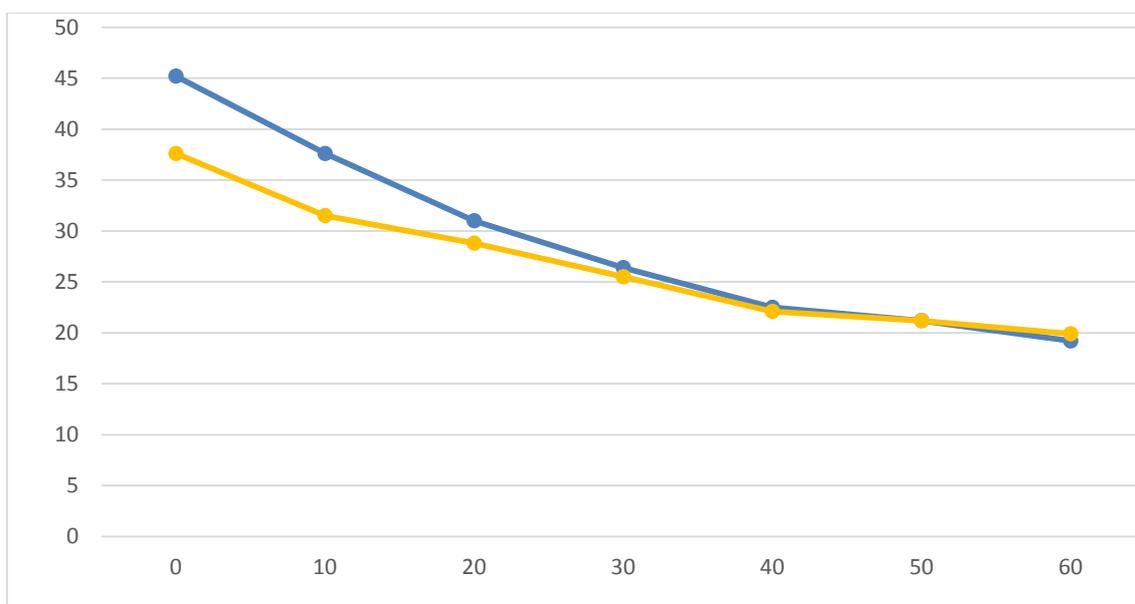


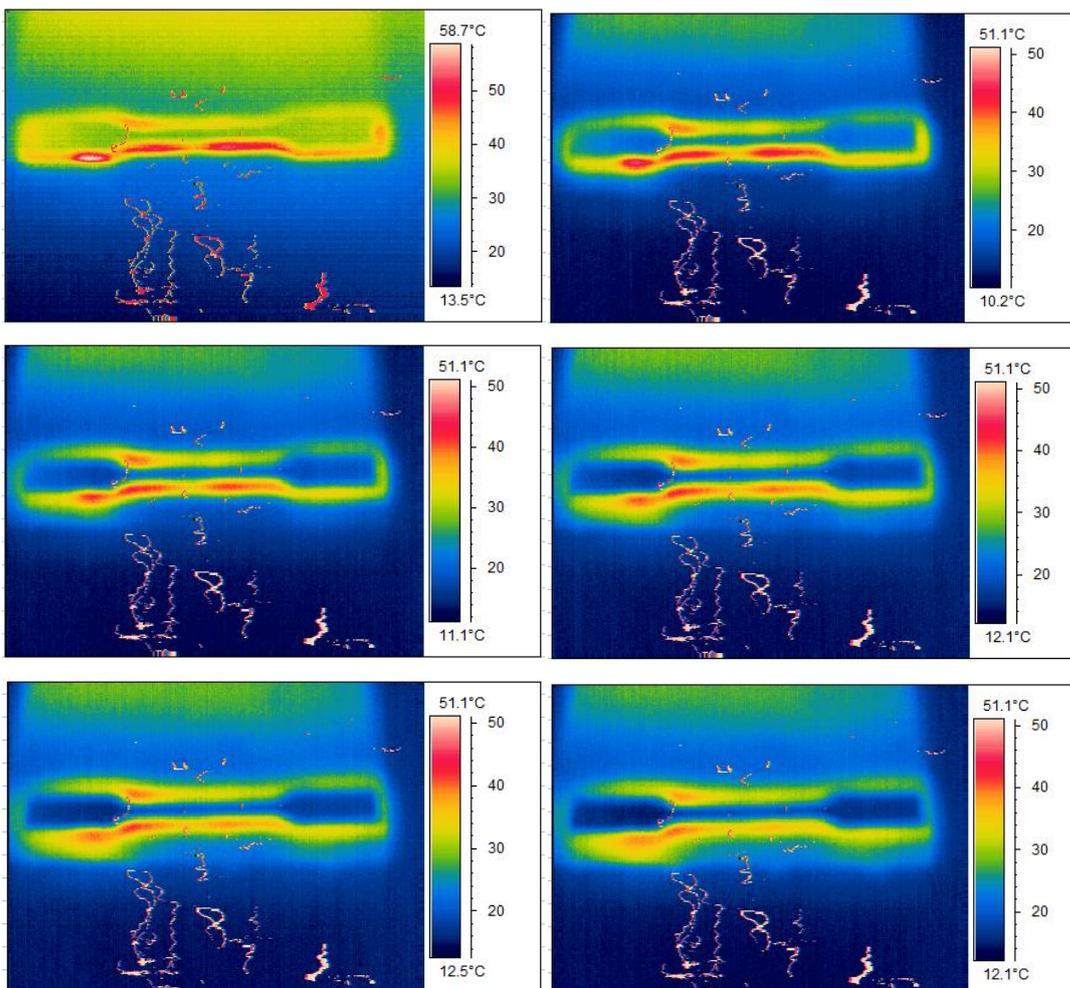
Ilustración 22. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 30s, 6mm

Prueba 6 mm, 60 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Aluminio 5754, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 6 mm de distancia
- 60 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 23. Secuenciaci3n aluminio 60 segundos, 6 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	36,7	
10	23,3	13,4
20	20,1	3,2
30	19	1,1
40	18,1	0,9
50	15,8	2,3
60	15,5	0,3
% disipación térmica		57,77%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	35,8	
10	21,8	14
20	19,7	2,1
30	19,2	0,5
40	18,7	0,5
50	17	1,7
60	16,9	0,1
% disipación térmica		52,79%

Tabla 5. Datos obtenidos aluminio prueba 60s, 6mm.

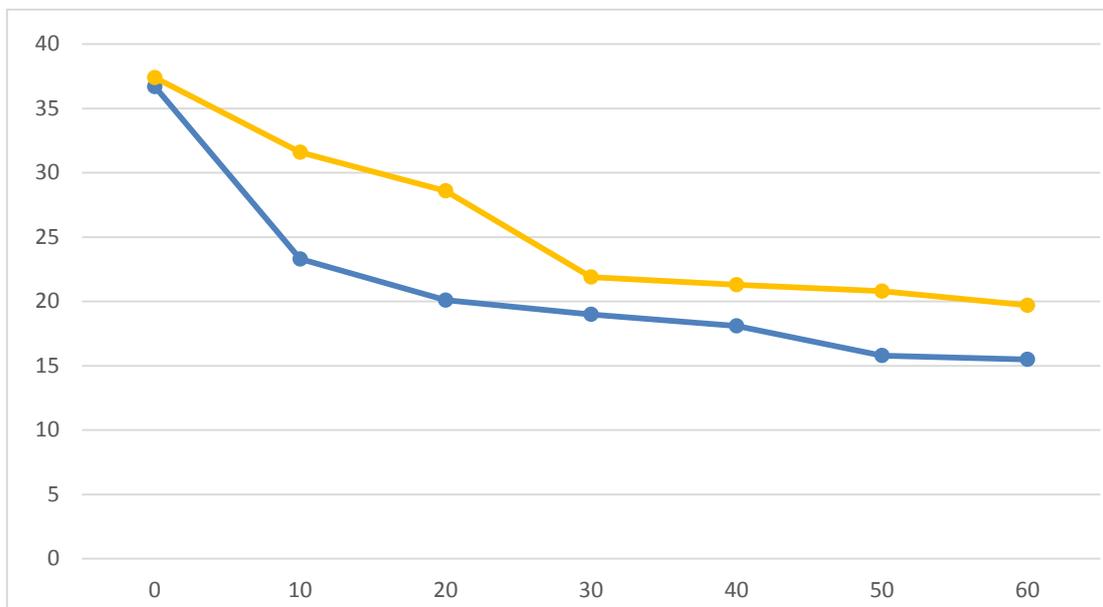


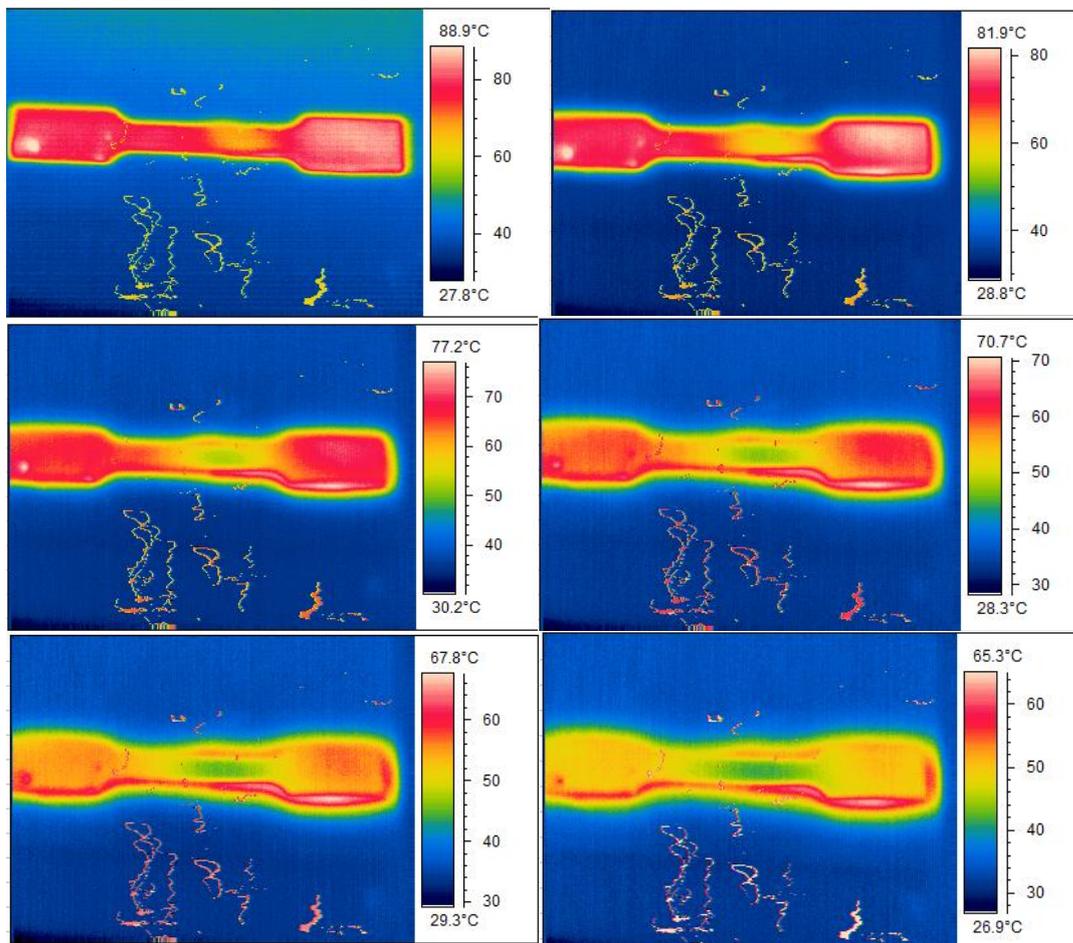
Ilustración 24. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 60s, 6mm.

Prueba 16 mm, 10 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Aluminio 5754, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 16 mm de distancia
- 10 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 25. Secuenciaci3n aluminio 10 segundos, 16 mil3metros.

Datos.

Tratado			No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	40,9		0	37,8	
10	34,7	6,2	10	31,8	6
20	30,3	4,4	20	27,4	4,4
30	26,5	3,8	30	23,1	4,3
40	23,4	3,1	40	21,2	1,9
50	20,9	2,5	50	20,5	0,7
60	19,8	1,1	60	19,9	0,6
% disipación térmica		51,59%	% disipación térmica		47,35%

Tabla 6. Datos obtenidos aluminio prueba 10s, 16mm.

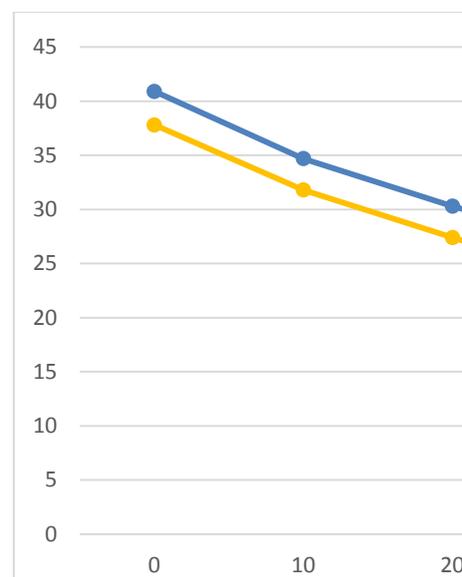


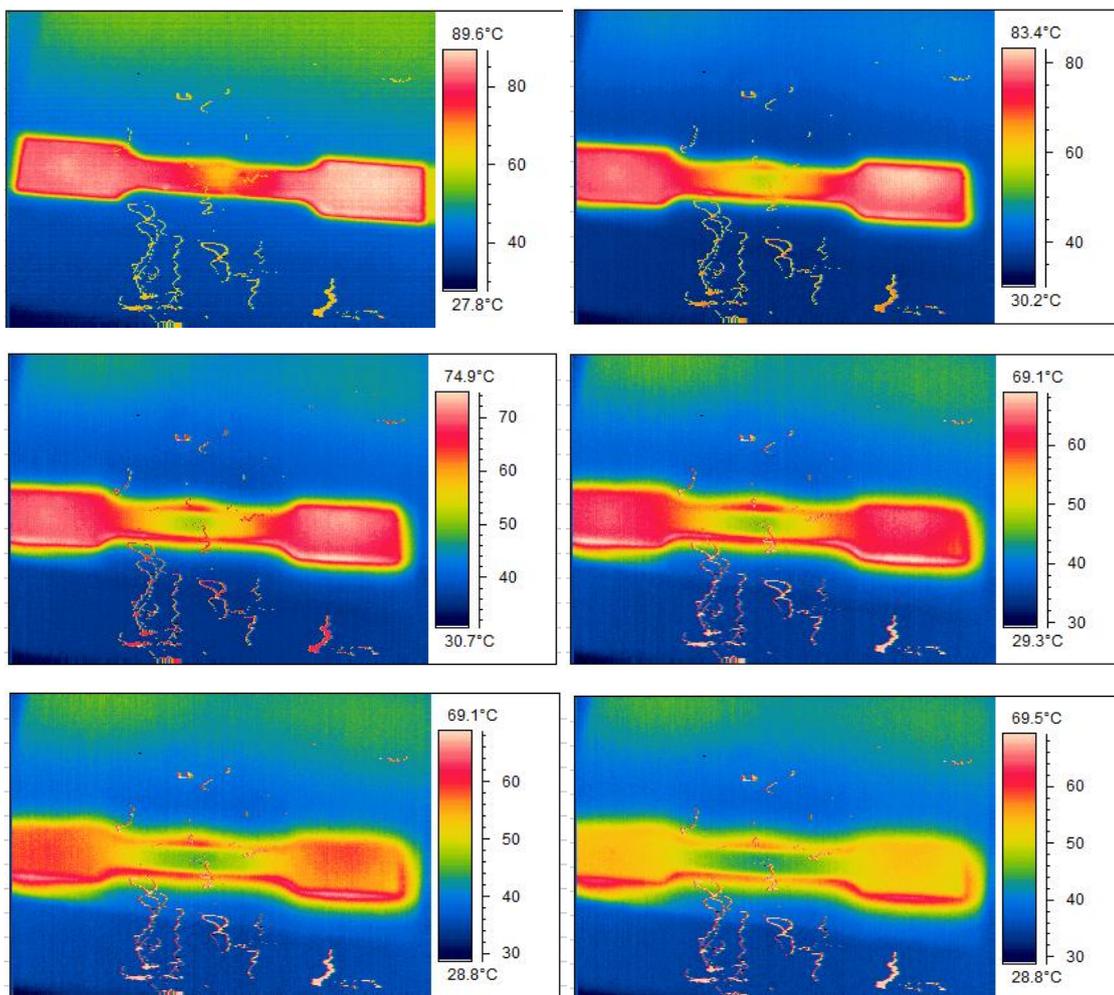
Tabla 7. . Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 10s, 16mm.

Prueba 16 mm, 30 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Aluminio 5754, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 16 mm de distancia
- 30 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 26. Secuenciaci3n aluminio 30 segundos, 16 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	41,4	
10	35,1	6,3
20	30,2	4,9
30	26,8	3,4
40	23,7	3,1
50	21,4	2,3
60	19,7	1,7
% disipación térmica		52,42%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	37,6	
10	31,7	5,9
20	28,4	3,3
30	21,6	6,8
40	21,1	0,5
50	20,4	0,7
60	19,9	0,5
% disipación térmica		47,07%

Tabla 8. Datos obtenidos aluminio prueba 30s, 16mm.

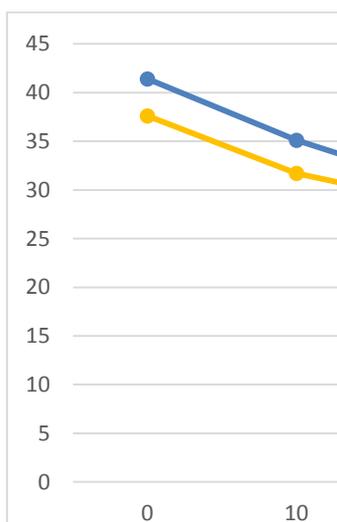


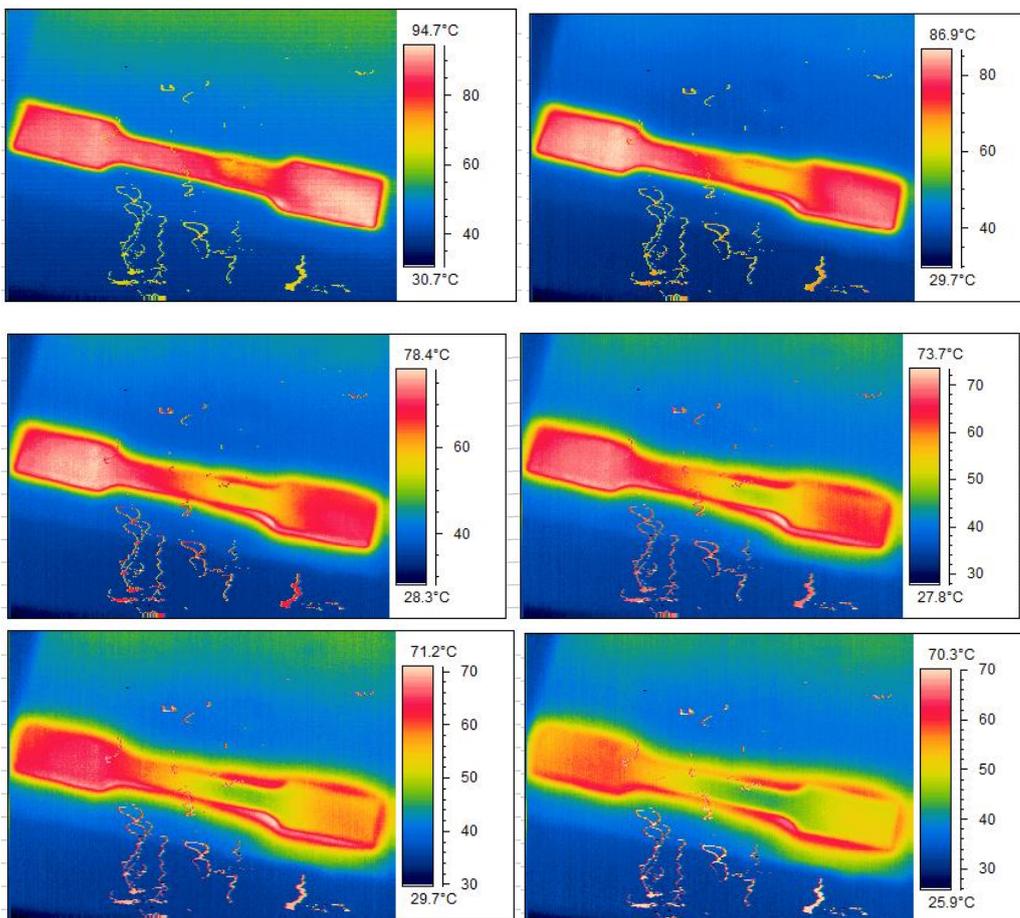
Ilustración 27. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 30s, 16mm.

Prueba 16 mm, 60 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Aluminio 5754, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 16 mm de distancia
- 60 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 28. Secuenciaci3n aluminio 60 segundos, 16 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	42,3	
10	35,9	6,4
20	30,4	5,5
30	26,4	4
40	23,1	3,3
50	20,8	2,3
60	19,5	1,3
% disipación térmica		53,90%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	37,9	
10	32,1	5,8
20	28,4	3,7
30	25	3,4
40	21,8	3,2
50	20,4	1,4
60	19,9	0,5
% disipación térmica		47,49%

Tabla 9. Datos obtenidos aluminio prueba 60s, 16mm..

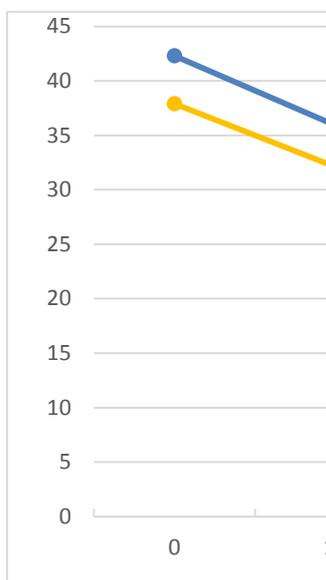


Ilustración 29. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 60s, 16mm.

Prueba 26 mm, 10 s.

A continuación se mostrarán los datos obtenidos con el Aluminio 5754, así como una secuenciación de las imágenes tomadas con la cámara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 26 mm de distancia
- 10 segundos de duración

Secuenciación.

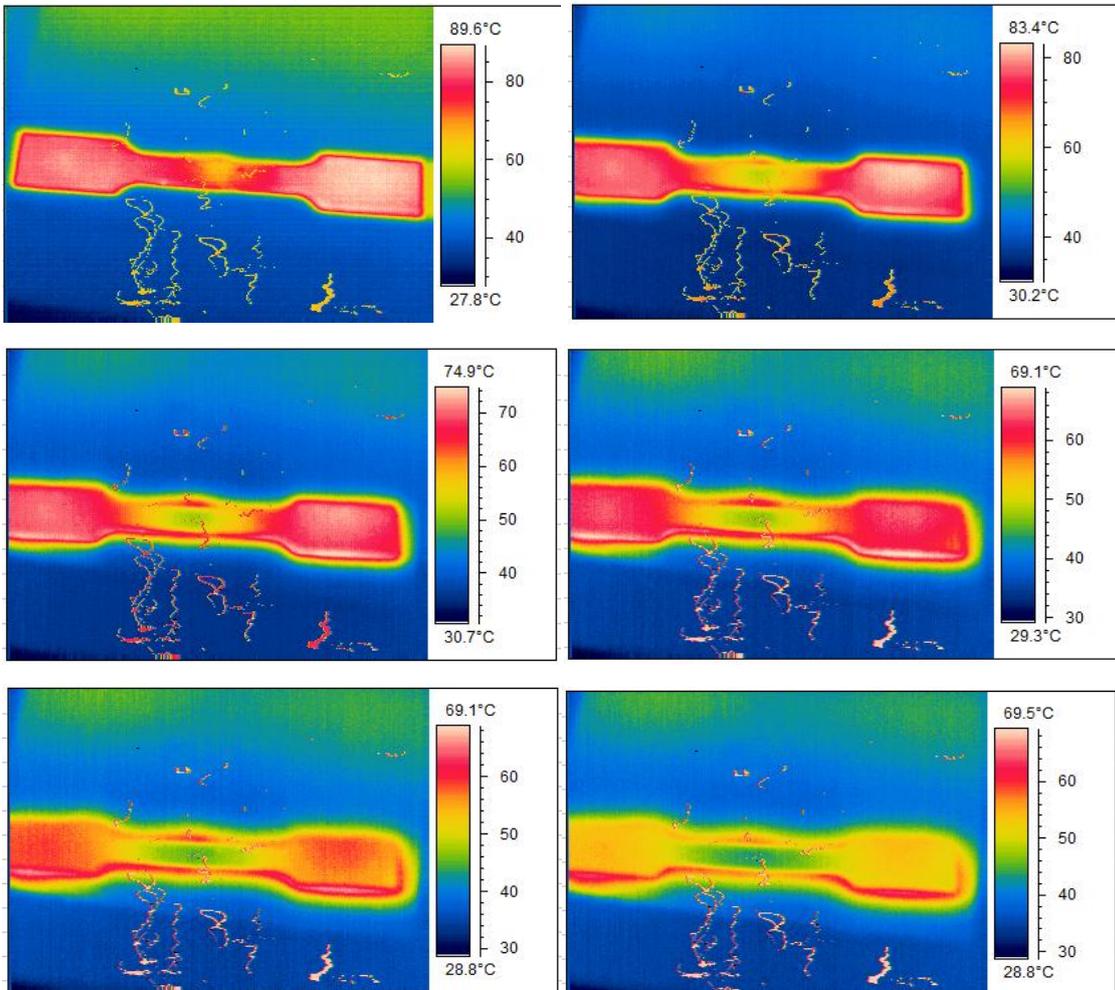


Ilustración 30. Secuenciación aluminio 10 segundos, 26 milímetros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	39,3	
10	34,6	4,7
20	30,2	4,4
30	26,4	3,8
40	23,2	3,2
50	21,1	2,1
60	19,8	1,3
% disipación térmica		49,62%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	37,8	
10	32,1	5,7
20	27,9	4,2
30	24,2	3,7
40	22,1	2,1
50	20,6	1,5
60	19,9	0,7
% disipación térmica		47,35%

Tabla 10. Datos obtenidos aluminio prueba 10s, 26mm.



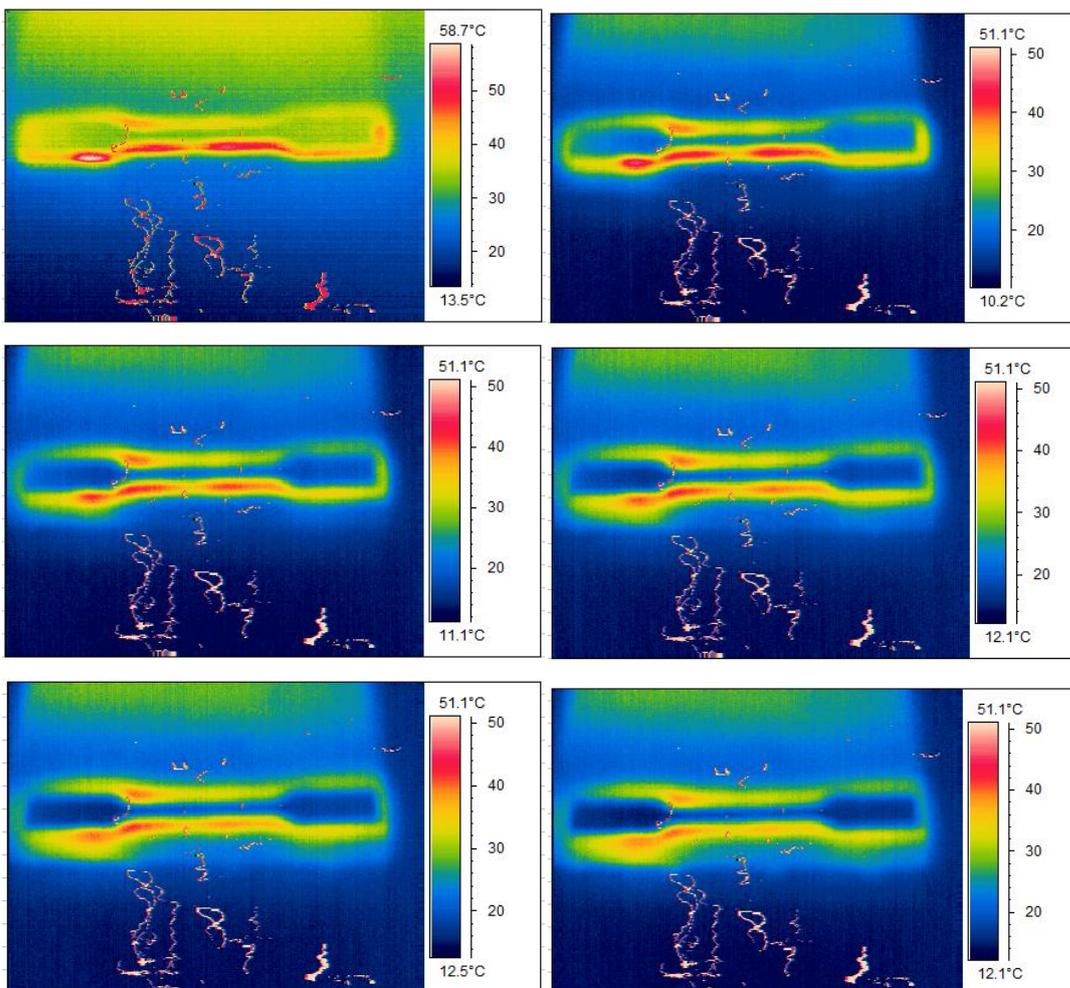
Ilustración 31. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 10s, 26mm.

Prueba 26 mm, 30 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Aluminio 5754, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 26 mm de distancia
- 30 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 32. Secuenciaci3n aluminio 30 segundos, 26 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	39,7	
10	34,8	4,9
20	30,2	4,6
30	26,6	3,6
40	22,8	3,8
50	20,9	1,9
60	19,8	1,1
% disipación térmica		50,13%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura(°C)	ΔT (°C)
0	37,7	
10	31,2	6,5
20	28,1	3,1
30	25,2	2,9
40	22,4	2,8
50	20,7	1,7
60	19,9	0,8
% disipación térmica		47,21%

Tabla 11. Datos obtenidos aluminio prueba 30s, 26mm.

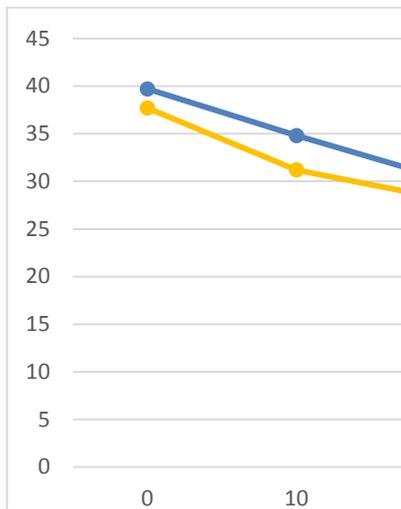


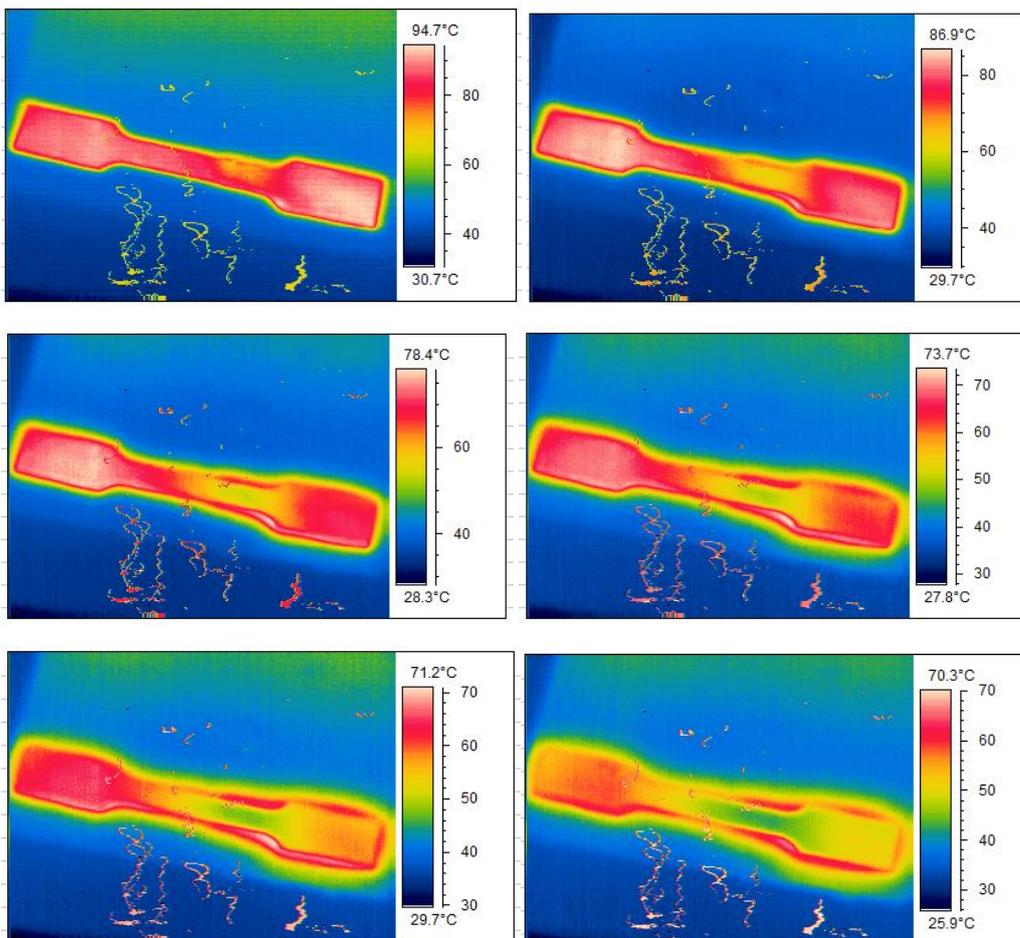
Ilustración 33. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 30s, 26mm.

Prueba 26 mm, 60 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Aluminio 5754, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 26 mm de distancia
- 60 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 34. Secuenciaci3n aluminio 60 segundos, 26 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	39,9	
10	34,8	5,1
20	30,4	4,4
30	26,8	3,6
40	23,7	3,1
50	21,2	2,5
60	19,8	1,4
% disipación térmica		50,38%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	37,5	
10	31,5	6
20	27,9	3,6
30	24,6	3,3
40	21,8	2,8
50	20,6	1,2
60	19,7	0,9
% disipación térmica		47,47%

Tabla 12. Datos obtenidos aluminio prueba 60s, 26mm.

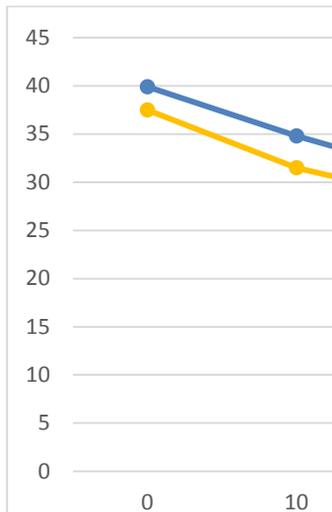


Ilustración 35. Comparativa aluminio tratado-no tratado, prueba 60s, 26mm.

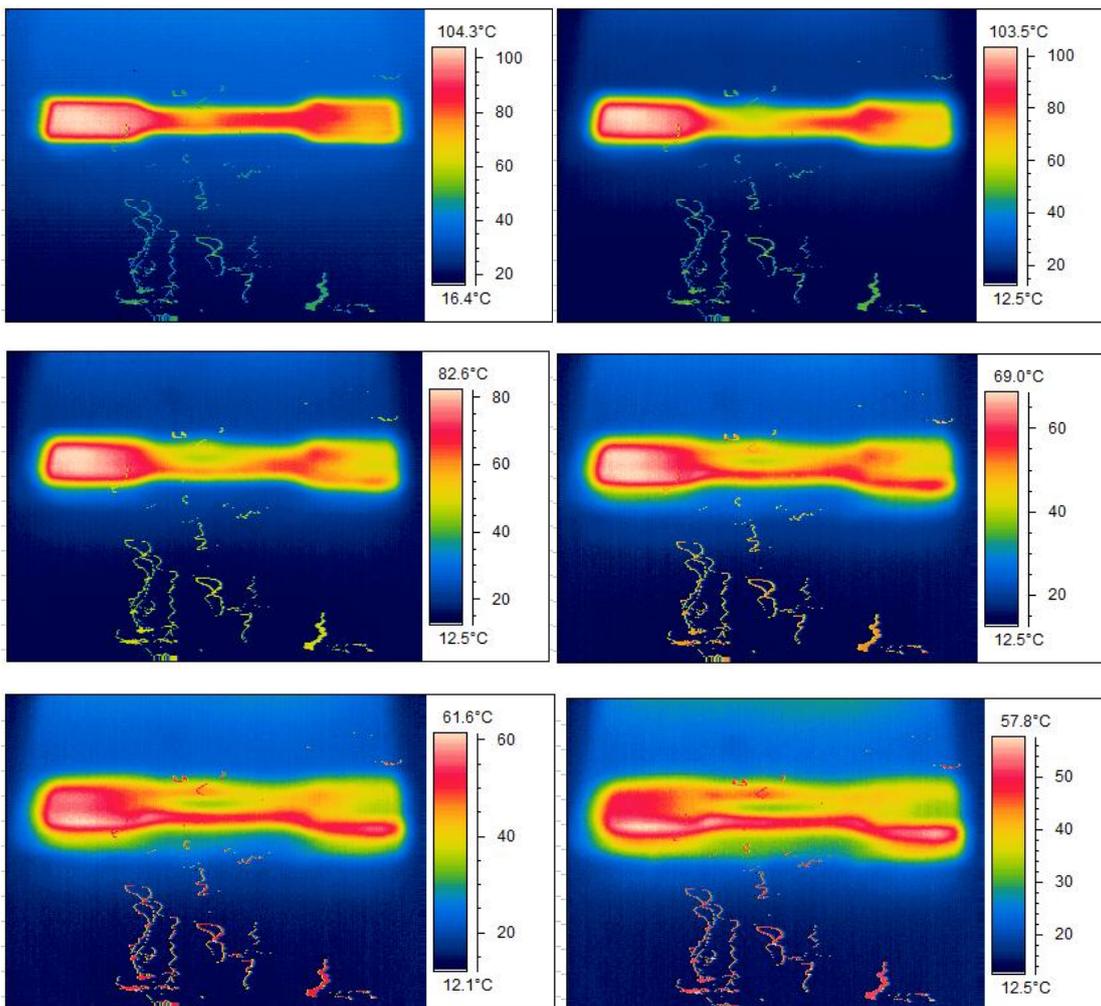
Acero Inoxidable AISI 316

Prueba 6 mm, 10 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 6 mm de distancia
- 10 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Il·lustraci3n 36. Secuenciaci3n Acero Inoxidable 10 segundos, 6 mil·lmetros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	100,7	
10	91,2	9,5
20	78,8	12,4
30	65,7	13,1
40	55,4	10,3
50	49	6,4
60	39,7	15,7
% disipación térmica		60,58%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	73,9	
10	65,4	8,5
20	57,6	7,8
30	48,1	9,5
40	40,9	7,2
50	37,2	3,7
60	34,5	6,4
% disipación térmica		53,32%

Tabla 13. . Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 10s, 6mm.

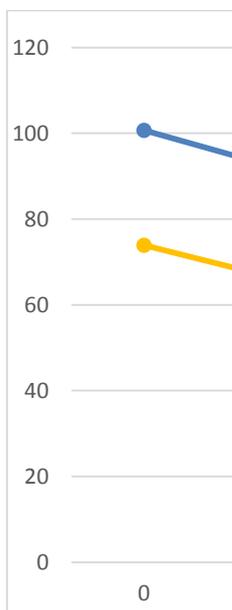


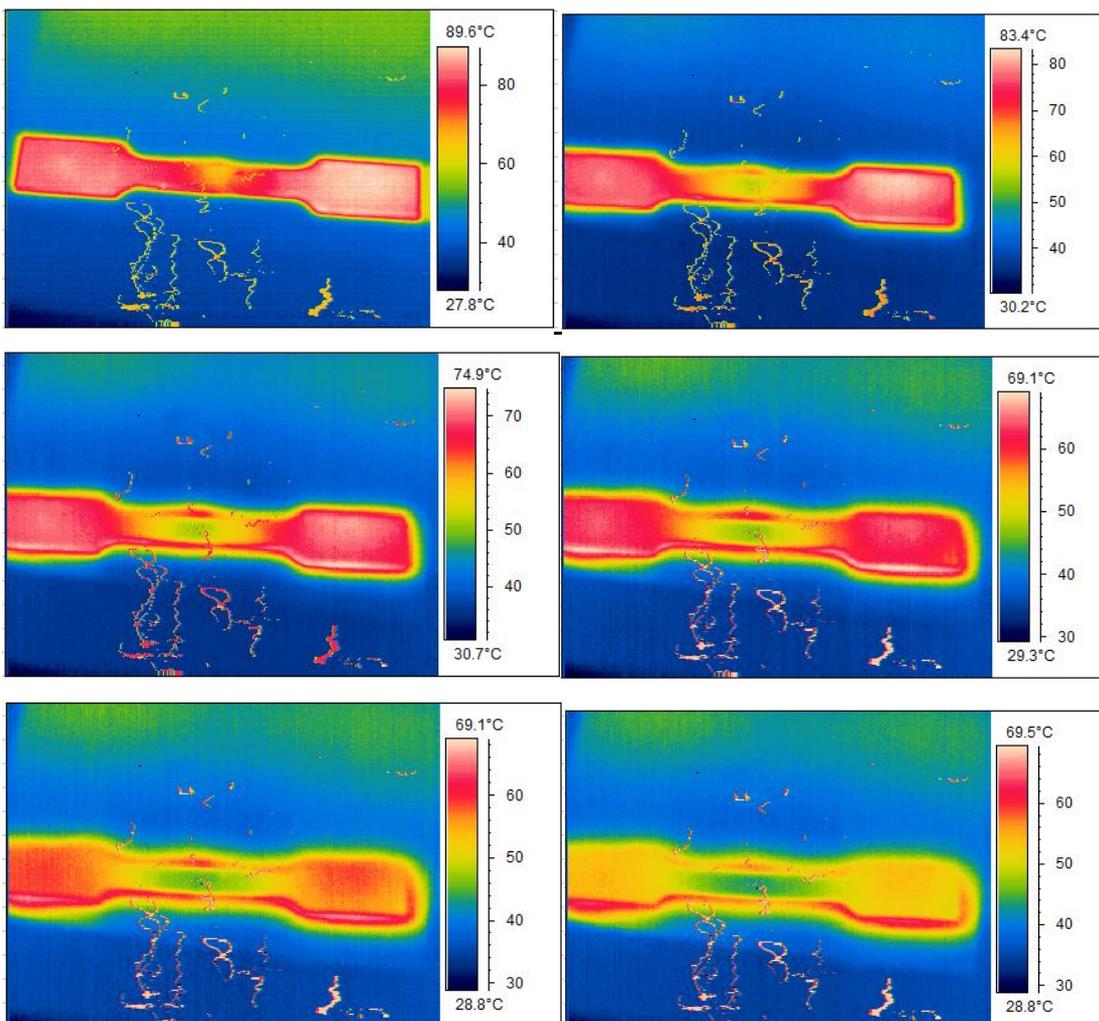
Ilustración 37. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 10s, 6mm.

Prueba 6 mm, 30 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 6 mm de distancia
- 30 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 38. Secuenciaci3n Acero Inoxidable 30 segundos, 6 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	100,9	
10	88,7	12,2
20	77,4	11,3
30	67	10,4
40	55,7	11,3
50	46,2	9,5
60	38,7	7,5
% disipación térmica		61,65%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	73,8	
10	65,1	8,7
20	56,8	8,3
30	47,6	9,2
40	40,7	6,9
50	36,8	3,9
60	34,1	2,7
% disipación térmica		53,79%

Tabla 14. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 30s, 6mm.

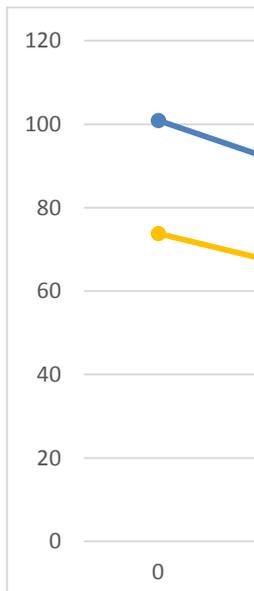


Ilustración 39. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 10s, 6mm.

Prueba 6 mm, 60 s.

A continuación se mostrarán los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, así como una secuenciación de las imágenes tomadas con la cámara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 6 mm de distancia
- 60 segundos de duración

Secuenciación.

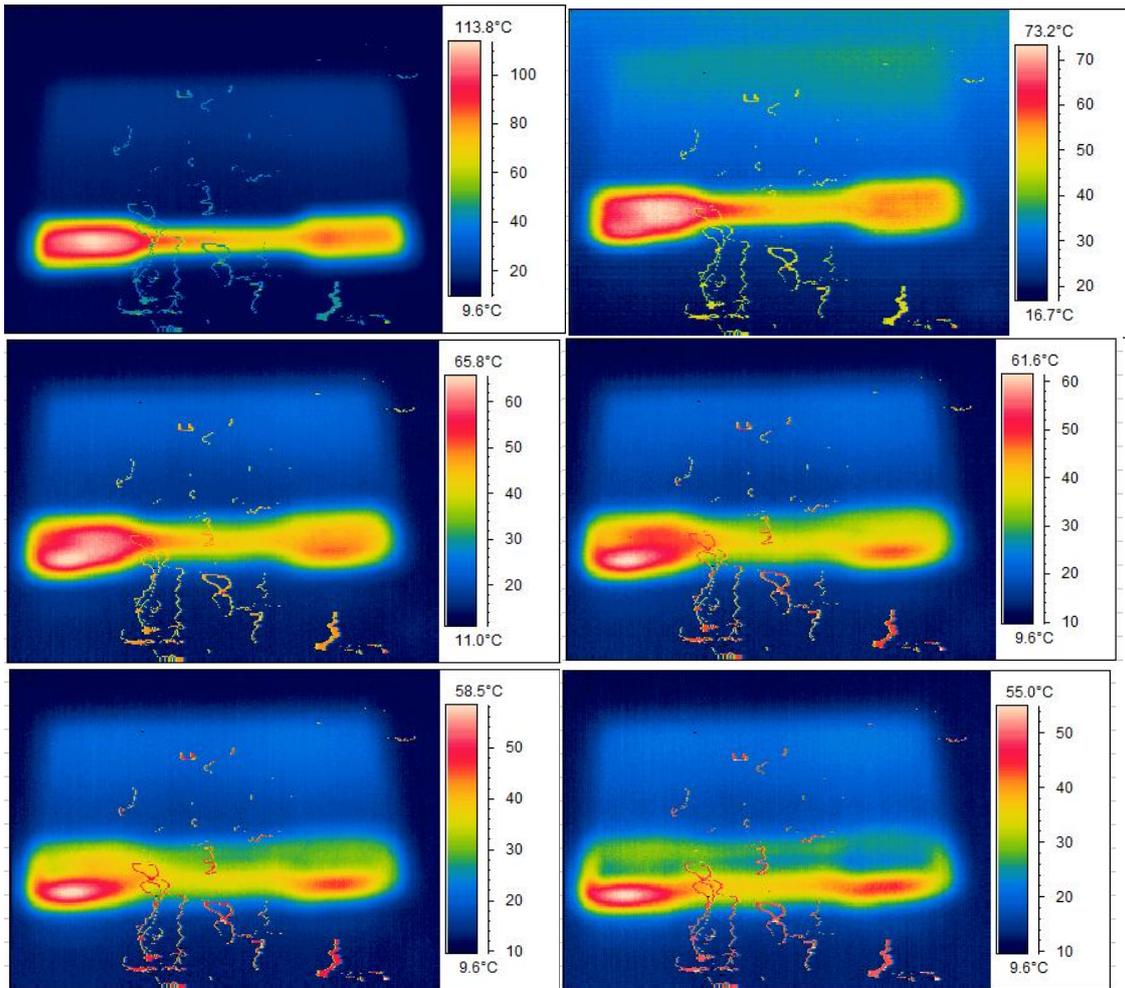


Ilustración 40. Secuenciación Acero Inoxidable 60 segundos, 6 milímetros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	100,6	
10	90,4	10,2
20	78,2	12,2
30	64,5	13,7
40	54,9	9,6
50	45,3	9,6
60	37,1	8,2
% disipación térmica		63,12%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	73,9	
10	65,4	8,5
20	57,6	7,8
30	48,1	9,5
40	40,9	7,2
50	37,2	3,7
60	34,5	2,7
% disipación térmica		53,32%

Tabla 15. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 60s, 6mm.

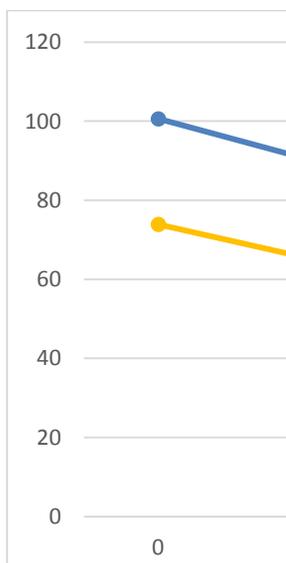


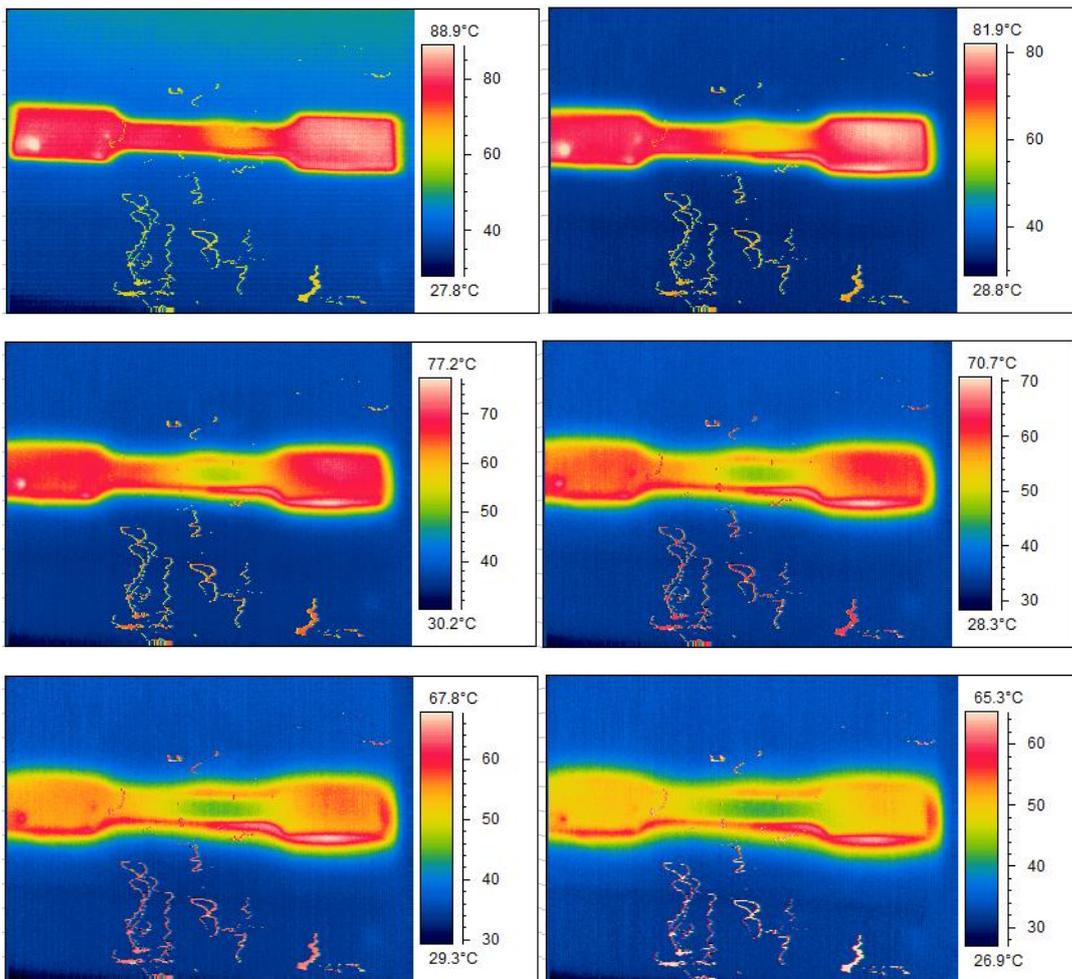
Ilustración 41. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 60s, 6mm.

Prueba 16 mm, 10 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 16 mm de distancia
- 10 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 42. Secuenciaci3n Acero Inoxidable 10 segundos, 16 mil3metros.

Datos.

Tratado			No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	98,5		0	73,9	
10	91,2	7,3	10	65,4	8,5
20	78,8	12,4	20	57,6	7,8
30	65,7	13,1	30	48,1	9,5
40	55,4	10,3	40	40,9	7,2
50	49	6,4	50	37,2	3,7
60	40,2	8,8	60	34,5	2,7
% disipación térmica		59,19%	% disipación térmica		53,32%

Tabla 16. . Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 10s, 16mm.

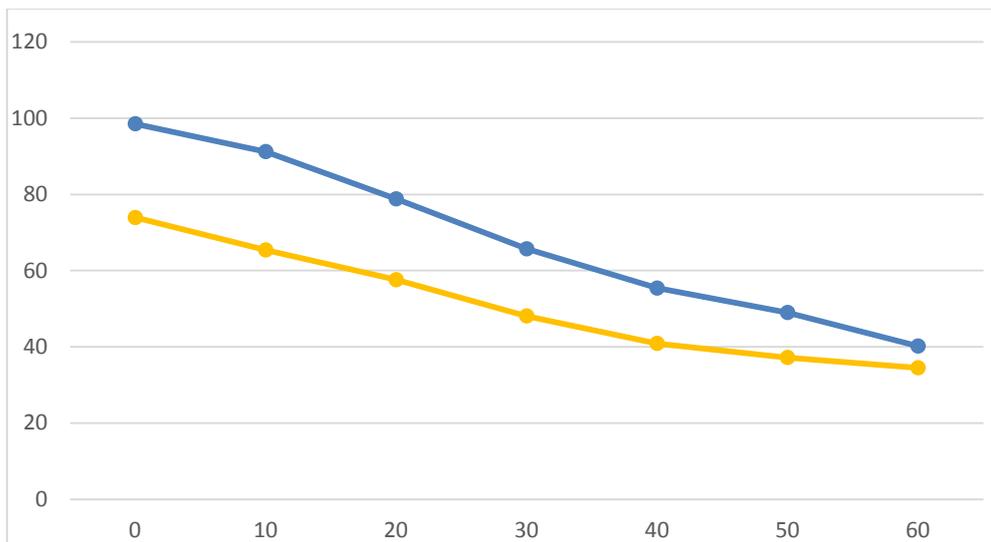


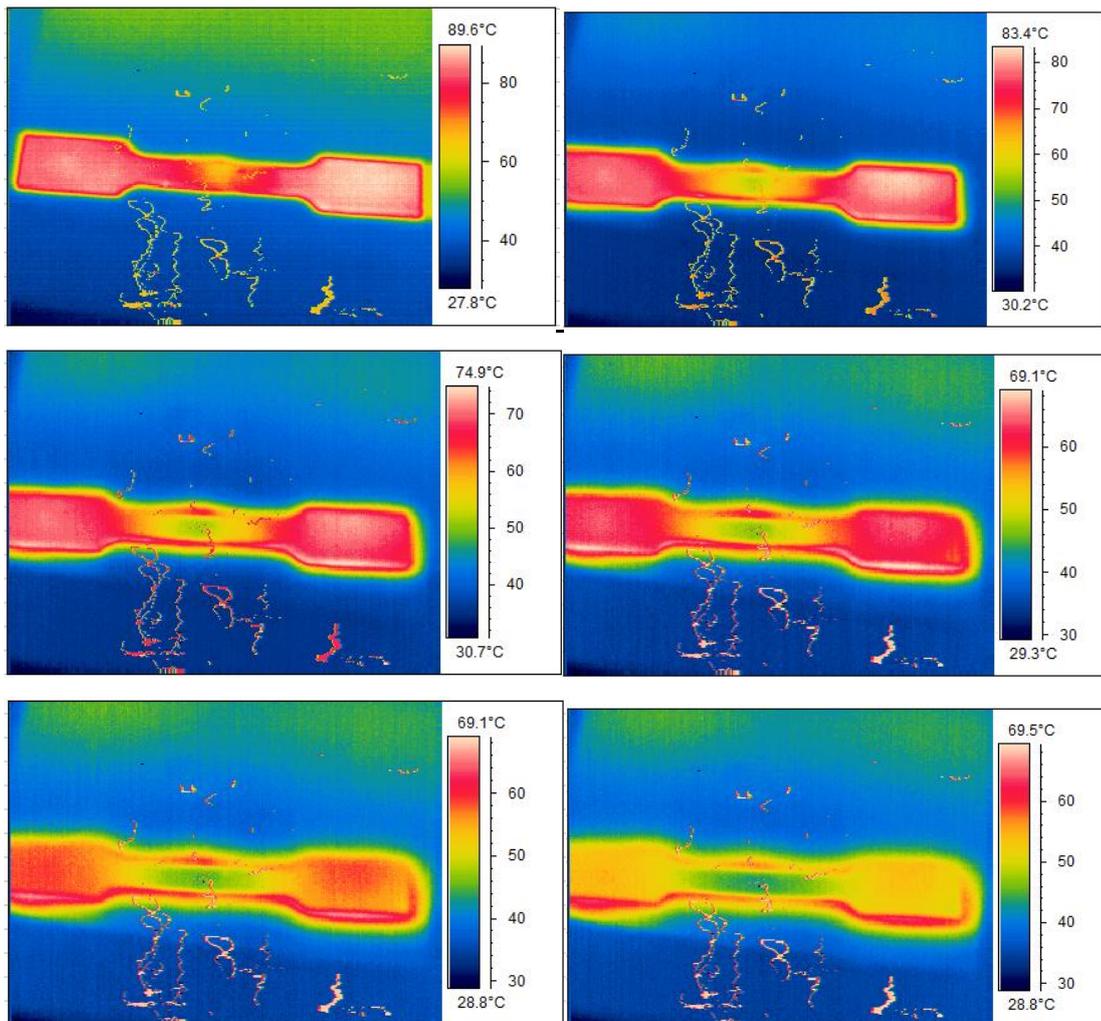
Ilustración 43. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 10s, 16mm.

Prueba 16 mm, 30 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 16 mm de distancia
- 30 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 44. Secuenciaci3n Acero Inoxidable 30 segundos, 16 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	99,2	
10	87,3	11,9
20	75,6	11,7
30	66,2	9,4
40	50,5	15,7
50	44,9	5,6
60	39,6	5,3
% disipación térmica		60,08%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	75,3	
10	65,2	10,1
20	56,8	8,4
30	47,9	8,9
40	41,2	6,7
50	38,6	2,6
60	35,1	3,5
% disipación térmica		53,39%

Tabla 17. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 30s, 16mm.

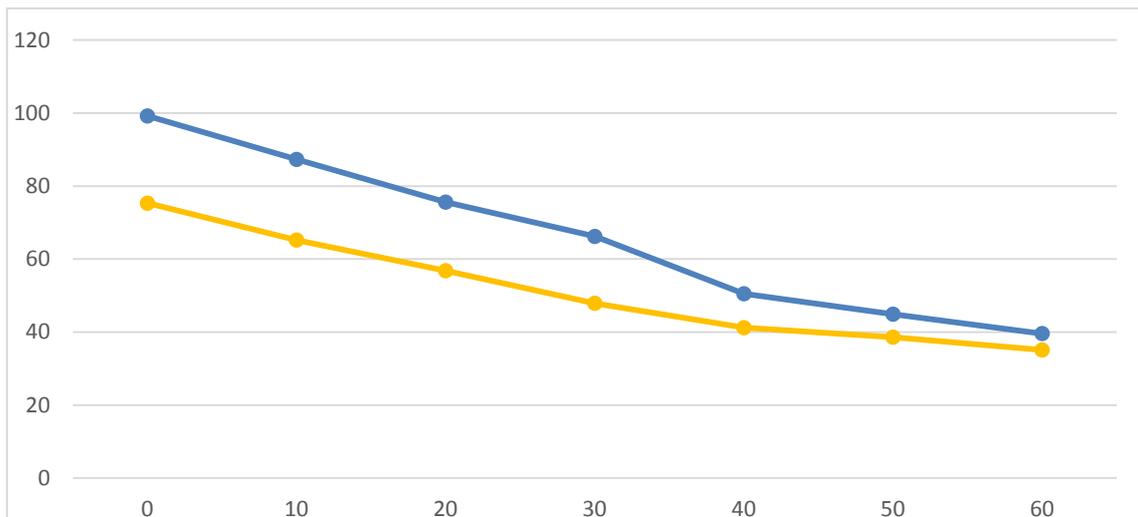


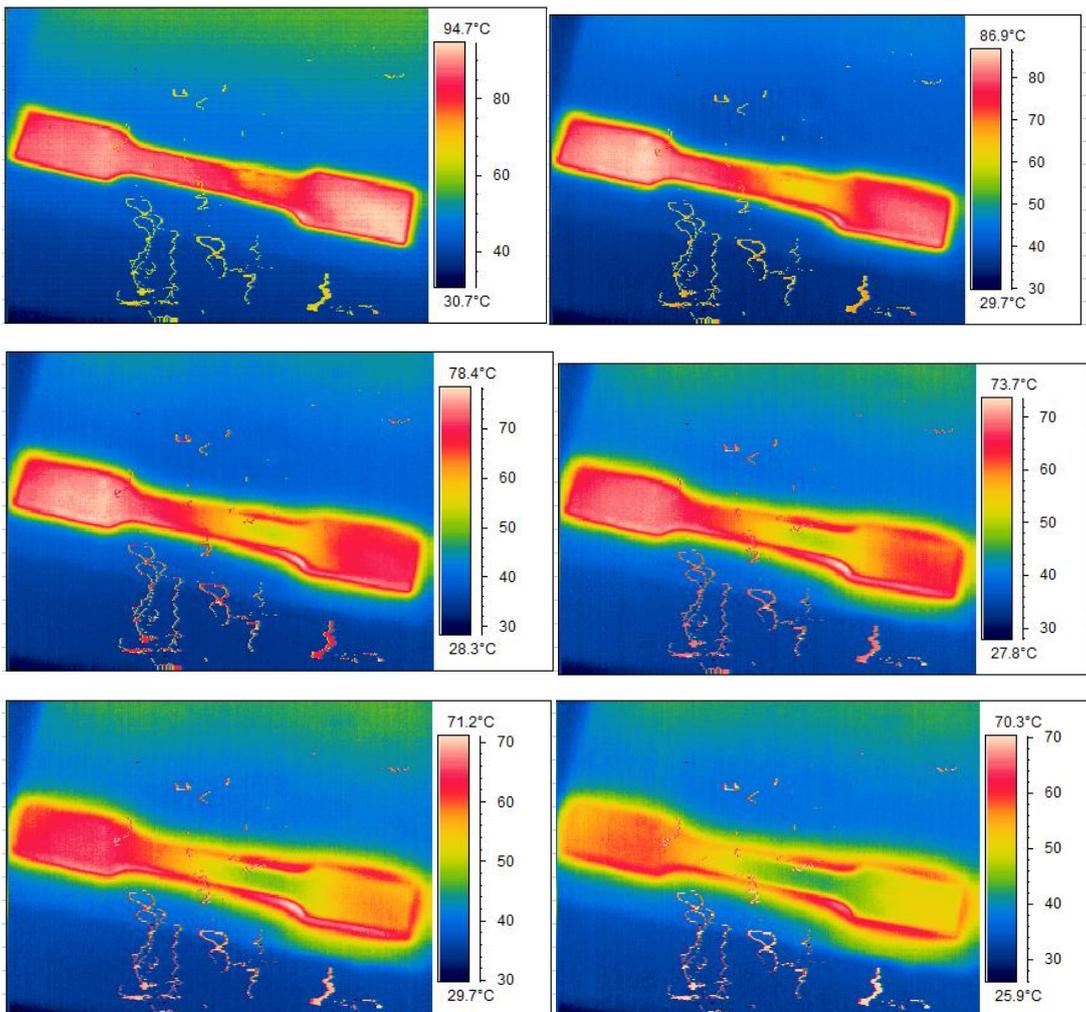
Ilustración 45. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 30s, 16mm.

Prueba 16 mm, 60 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 16 mm de distancia
- 60 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 46. Secuenciaci3n Acero Inoxidable 60 segundos, 16 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	99,9	
10	87,5	12,4
20	75,4	12,1
30	66,4	9
40	50,1	16,3
50	45,3	4,8
60	38,6	6,7
% disipación térmica		61,36%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	74,14	
10	66,1	8,04
20	58,1	8
30	49,2	8,9
40	41,1	8,1
50	37,6	3,5
60	34,8	2,8
% disipación térmica		53,06%

Tabla 18. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 60s, 16mm.

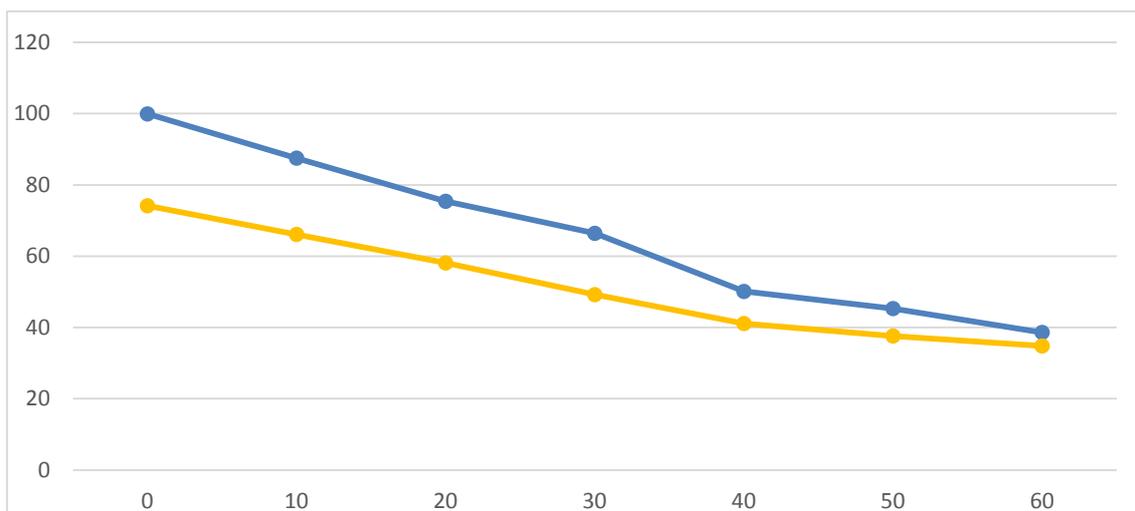


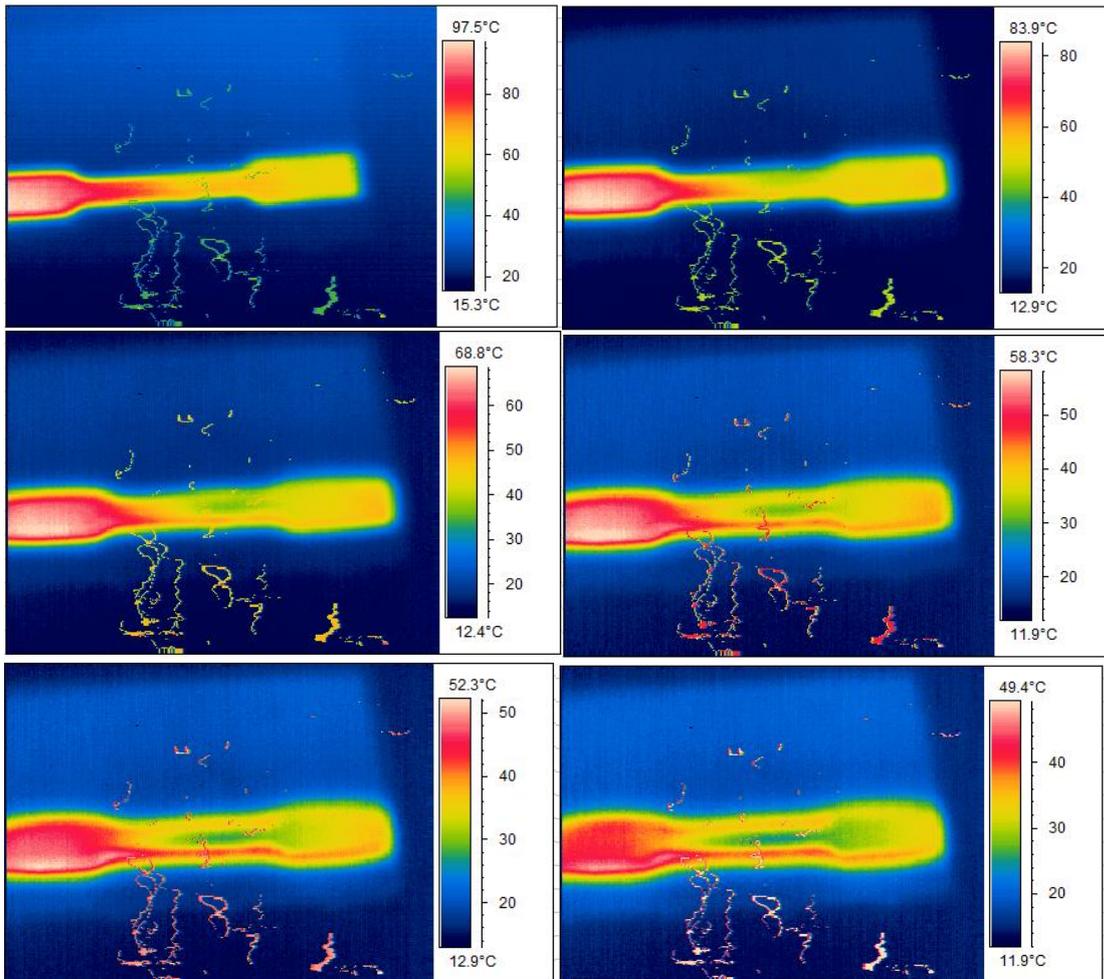
Ilustración 47. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 60s, 16mm.

Prueba 26 mm, 10 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 26 mm de distancia
- 10 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 48. Secuenciaci3n Acero Inoxidable 10 segundos, 26 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	97,1	
10	86,7	10,4
20	76,3	10,4
30	64,4	11,9
40	55,6	8,8
50	48	7,6
60	40,9	7,1
% disipación térmica		57,88%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	74,2	
10	65,4	8,8
20	56,8	8,6
30	48,6	8,2
40	40,6	8
50	36,3	4,3
60	34,1	2,2
% disipación térmica		54,04%

Tabla 19 . Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 10s, 26mm.

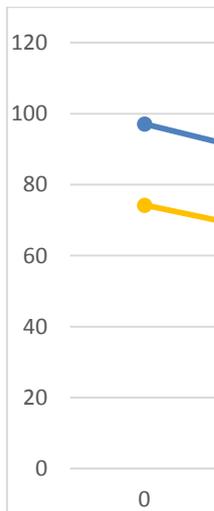


Ilustración 49. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 10s, 26mm.

Prueba 26 mm, 30 s.

A continuación se mostrarán los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, así como una secuenciación de las imágenes tomadas con la cámara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 26 mm de distancia
- 30 segundos de duración

Secuenciación.

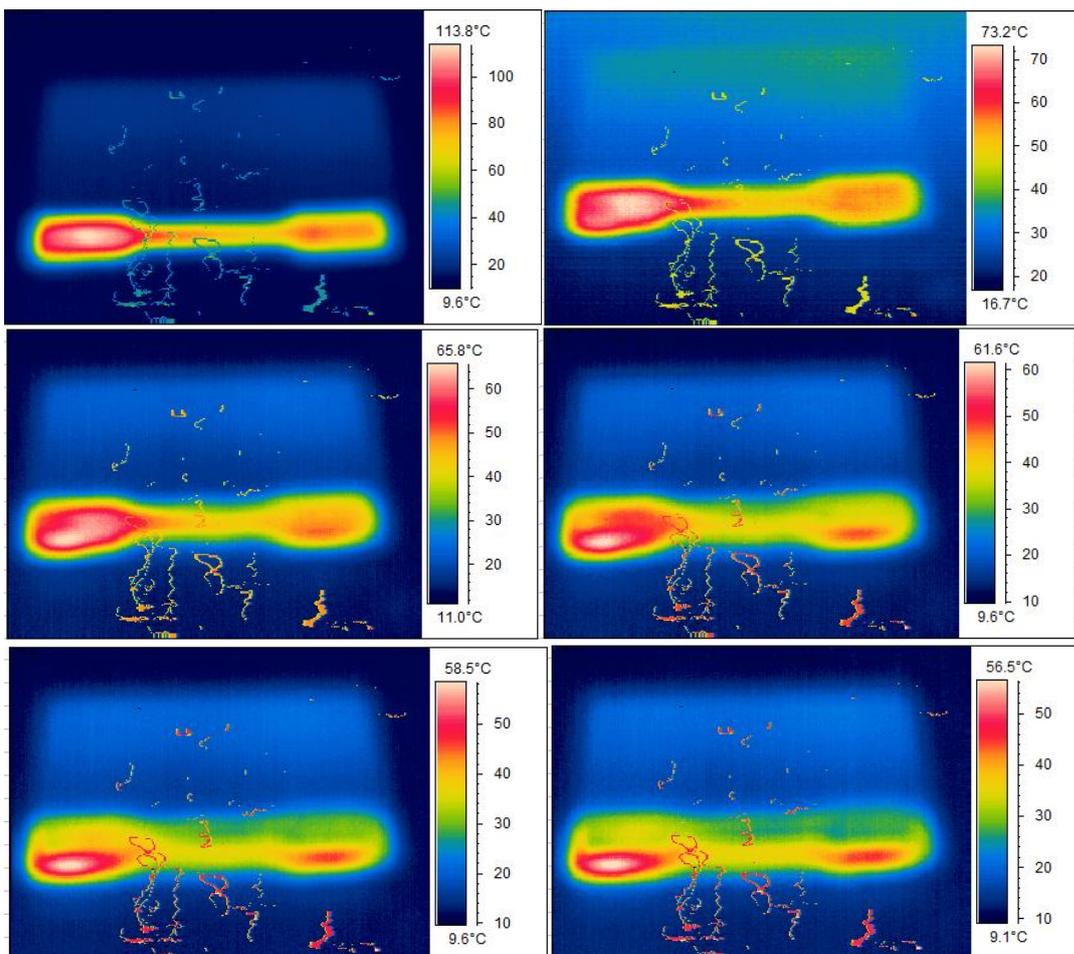


Ilustración 50. Secuenciación Acero Inoxidable 30 segundos, 26 milímetros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	98,1	
10	85,6	12,5
20	74,2	11,4
30	62,3	11,9
40	51,6	10,7
50	43,4	8,2
60	40,4	3
% disipación térmica		58,82%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	74,1	
10	65,5	8,6
20	58,6	6,9
30	48,3	10,3
40	41,2	7,1
50	37,8	3,4
60	34,3	3,5
% disipación térmica		53,71%

Tabla 20. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 30s, 26mm.

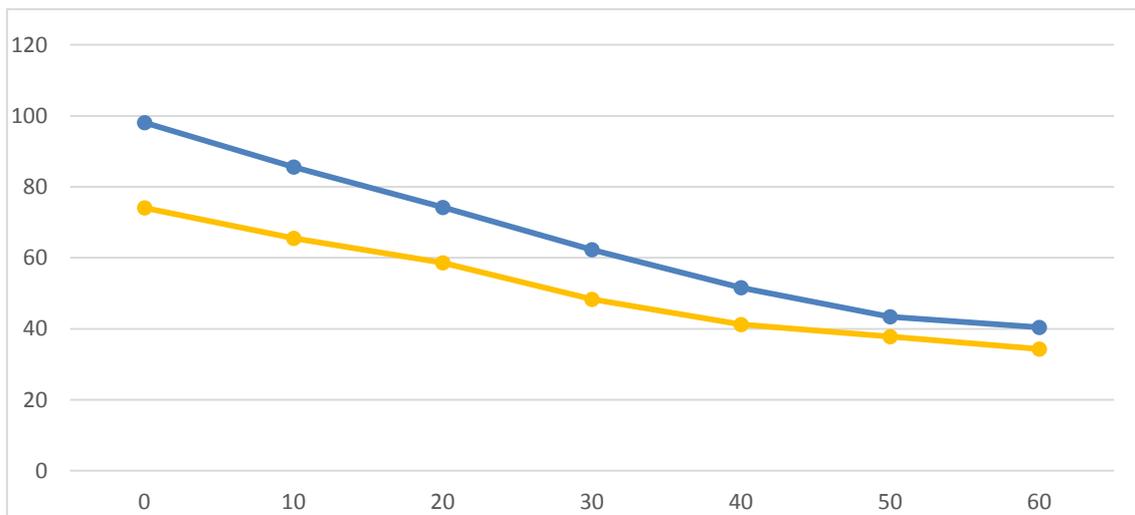


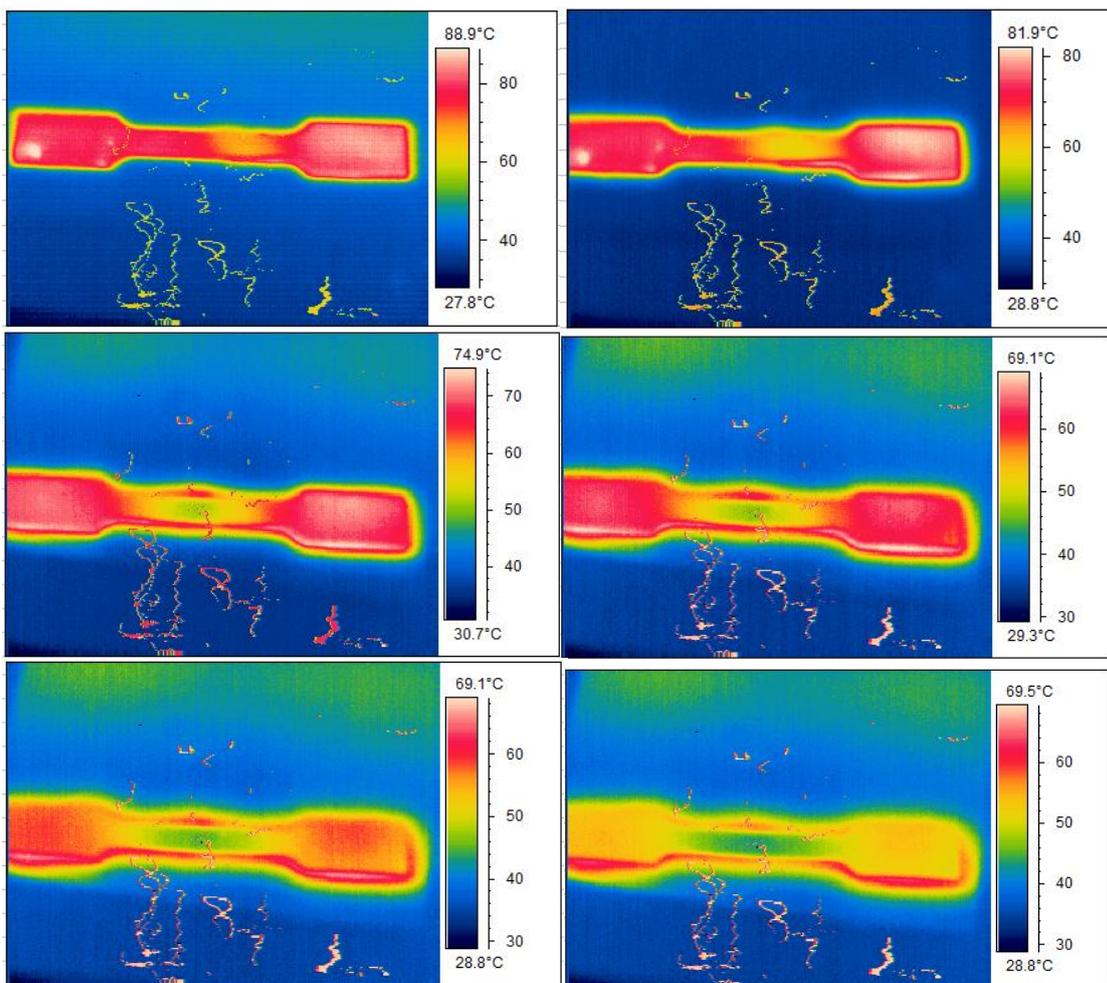
Ilustración 51. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 30s, 26mm.

Prueba 26 mm, 60 s.

A continuaci3n se mostrar3n los datos obtenidos con el Acero Inoxidable AISI 316, as3 como una secuenciaci3n de las im3genes tomadas con la c3mara IR, en base a los siguientes requisitos:

- 26 mm de distancia
- 60 segundos de duraci3n

Secuenciaci3n.



Ilustraci3n 52. Secuenciaci3n Acero Inoxidable 60 segundos, 26 mil3metros.

Datos.

Tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	98,8	
10	85,3	13,5
20	74,1	11,2
30	62,5	11,6
40	51,8	10,7
50	43,1	8,7
60	40,2	2,9
% disipación térmica		59,31%

No tratado		
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	ΔT (°C)
0	74,3	
10	64,6	9,7
20	56,2	8,4
30	48,6	7,6
40	42,3	6,3
50	37,2	5,1
60	34,6	2,6
% disipación térmica		53,43%

Tabla 21. Datos obtenidos Acero Inoxidable prueba 60s, 26mm.

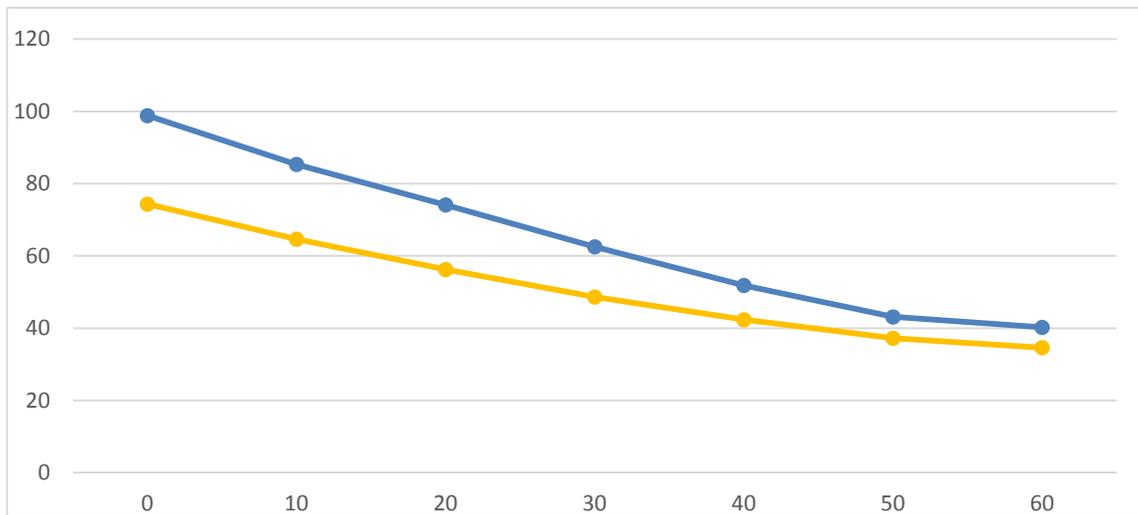


Ilustración 53. Comparativa Acero Inoxidable tratado-no tratado, prueba 60s, 26mm.

Estudio de propiedades mecánicas de los materiales.

El segundo punto de desarrollo del proyecto, ha sido hacer un estudio de tracción en los mismos materiales del punto anterior, es decir, en el aluminio 5754 y en el acero Inoxidable AISI 316.

Para este estudio se ha utilizado una máquina de ensayos, disponible en el laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy.

Aluminio 5754.

La tabla siguiente se muestran los datos obtenidos del estudio de las propiedades mecánicas el aluminio 5754.

Campo	Valor	Unidad
Sección	Rectangular	
Ancho	12,5	mm
Espesor	1	mm
Longitud	148	mm
Área	12,5	mm ²
Longitud final entre puntos (Lf)	126,14	mm
Longitud inicial entre puntos (Lo)	50	mm
Fuerza máxima	1,043	kN
Resistencia máxima	83,4	MPa
Resistencia tracción (Rm)	83,4	MPa
Módulo de elasticidad E	76036,0	MPa
Módulo de Young	7,17E+08	
Punto 1	(0,07-16,0)	% Lo- MPa
Punto 2	(0,3-54,2)	% Lo- MPa
Punto 3		
Punto 4		
Módulo de Flexión	16603	

Tabla 22. Propiedades mecánicas Aluminio

La siguiente imagen hace referencia a la gráfica tensión-deformación del Aluminio 5754 ensayado en cuestión.

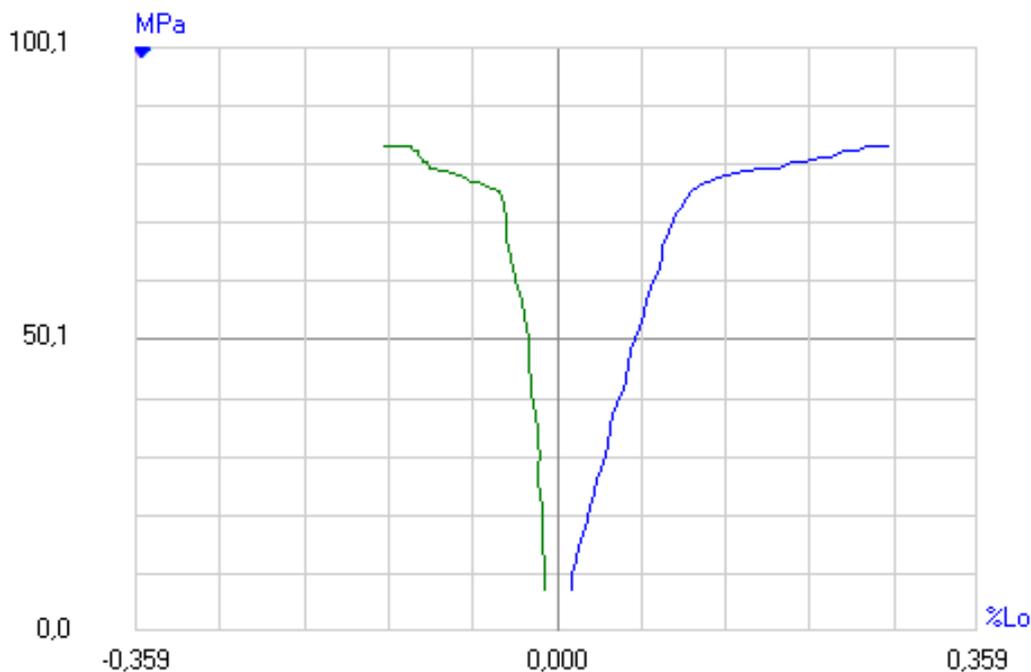


Ilustración 54. Gráfica tensión-deformación Al 5754.

En la imagen anterior, como se ha dicho anteriormente, se puede ver la deformación (alargamiento) de la probeta entre dos puntos fijos de la probeta, cuando se le aplica una carga que incrementa de manera constante.

Con esta gráfica, somos capaces de sacar el coeficiente de Poisson del material, que es: 0.352. (Hemos hecho una media de 4 puntos obtenidos de la gráfica).

El coeficiente de Poisson, cuantifica la razón de alargamiento longitudinal y el acortamiento de las longitudes transversales a la dirección de la fuerza.

Por lo tanto las propiedades resultantes del estudio de tracción realizado son:

Módulo de Elasticidad E	76 Gpa
Tensión de rotura (Rm)	83.4 MPa
Alargamiento a la rotura (A)	33.5 %
Límite elástico	71.8 MPa
Coficiente de Poisson	0.352

Tabla 23. Propiedades resultantes estudio tracción aluminio.

Acero Inoxidable AISI 316

La tabla siguiente hace referencia a los datos obtenidos del estudio de las propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 316.

Campo	Valor	Unidad
Sección	Rectangular	
Ancho	12,5	mm
Espesor	1	mm
Longitud	148	mm
Área	12,5	mm ²
Longitud final entre puntos (Lf)	126,14	mm
Longitud inicial entre puntos (Lo)	50	mm
Fuerza máxima	7,647	kN
Resistencia máxima	611,7	MPa
Resistencia tracción (Rm)	611,7	MPa
Módulo de elasticidad E	220916,6	MPa
Módulo de Young	+1,0904E+09	
Punto 1	(0,07-9,9)	% Lo- MPa
Punto 2	(0,3-67,9)	% Lo- MPa
Punto 3		
Punto 4		
Módulo de Flexión	25241	

Tabla 24. Propiedades mecánicas acero Inoxidable AISI 316

La siguiente imagen hace referencia a la gráfica tensión-deformación del Aluminio 5754 ensayado en cuestión.

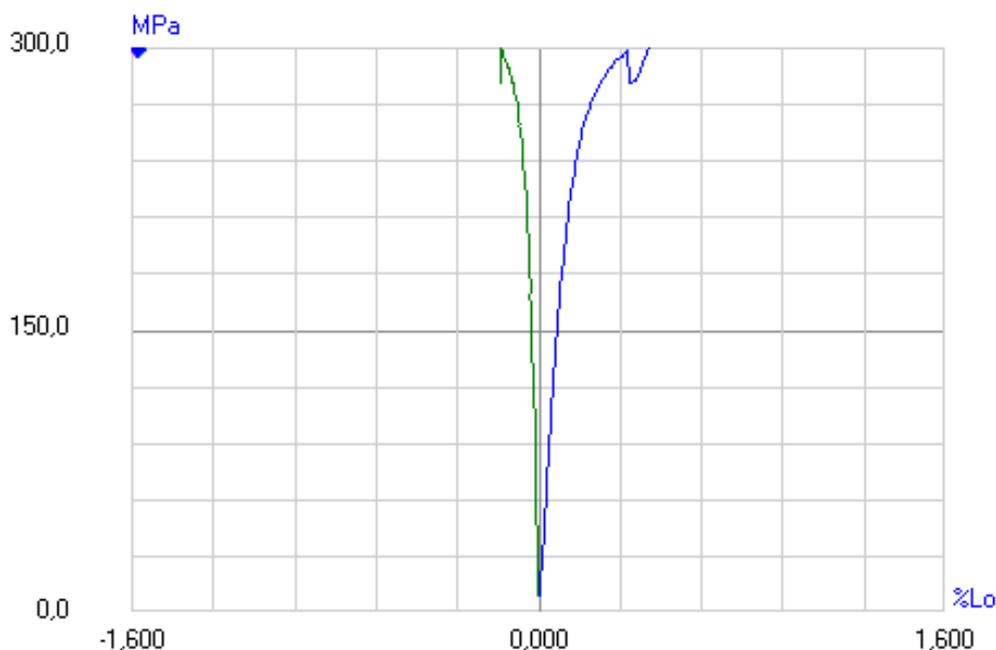


Ilustración 55. Gráfica tensión-deformación Acero Inox. AISI 316.

En la imagen anterior, como se ha dicho anteriormente, se puede ver la deformación (alargamiento) de la probeta entre dos puntos fijos de la probeta, cuando se le aplica una carga que incrementa de manera constante.

Con esta esta gráfica somos capaces de sacar el coeficiente de Poisson del material, que es: 0.410. (Hemos hecho una media de 4 puntos obtenidos de la gráfica).

El coeficiente poisson, cuantifica la razón de alargamiento longitudinal y el acortamiento de las longitudes transversales a la dirección de la fuerza.

Por lo tanto las propiedades resultantes del estudio de tracción realizado son:

Módulo de Elasticidad E	220 Gpa
Tensión de rotura (Rm)	612 MPa
Alargamiento a la rotura (A)	66.935 %
Límite elástico	251.1 MPa
Coeficiente de Poisson	0.410

Tabla 25.. Propiedades resultantes estudio tracción acero inoxidable

4.2 Simulaciones.

En este punto de la memoria se van a mostrar una serie de imágenes obtenidas mediante el diseño de la carcasa con el programa de diseño mecánico Solidworks.

- Parte frontal de la carcasa.

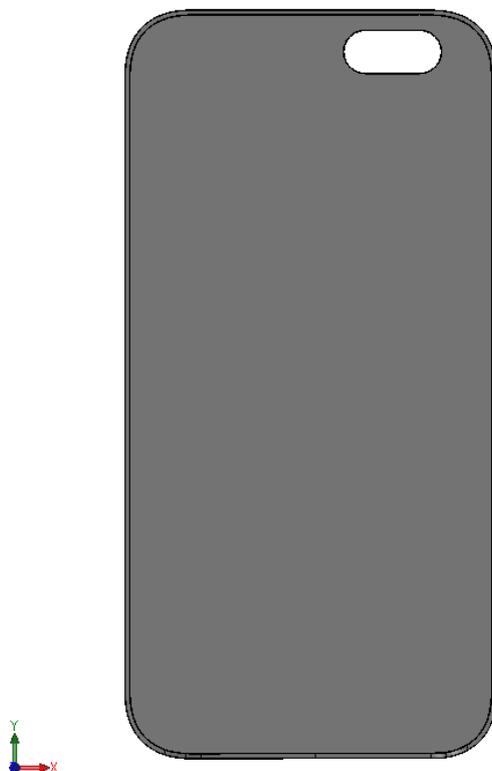


Ilustración 56. Diseño parte frontal de la carcasa.

- Parte trasera de la carcasa.

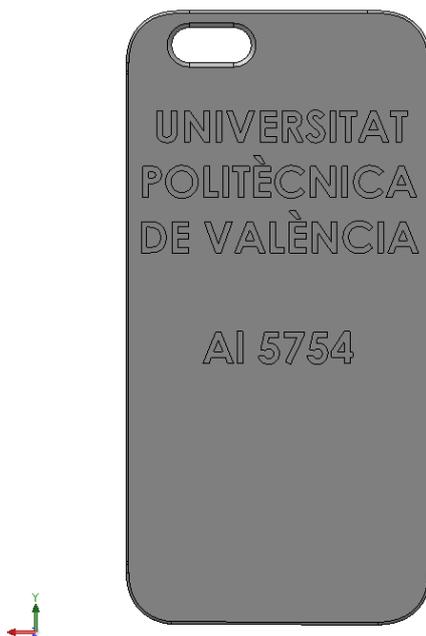


Ilustración 57. Diseño parte trasera de la carcasa.

- Parte lateral izquierda de la carcasa.

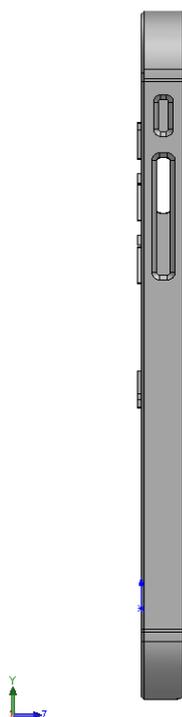


Ilustración 58. Diseño parte lateral izquierda de la carcasa.

- Parte lateral derecha de la carcasa

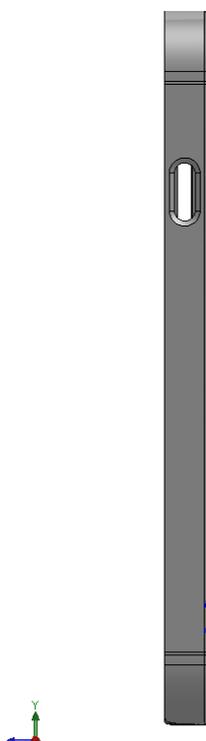
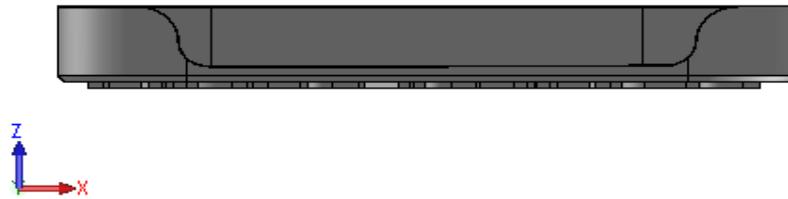


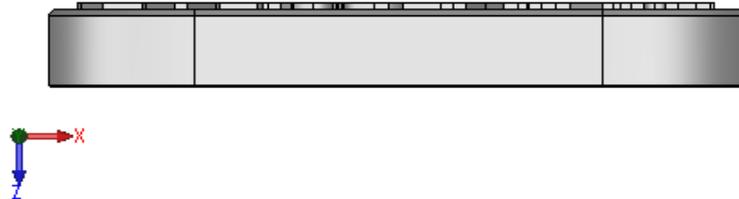
Ilustración 59. Diseño parte lateral derecha de la carcasa.

- Base inferior de la carcasa



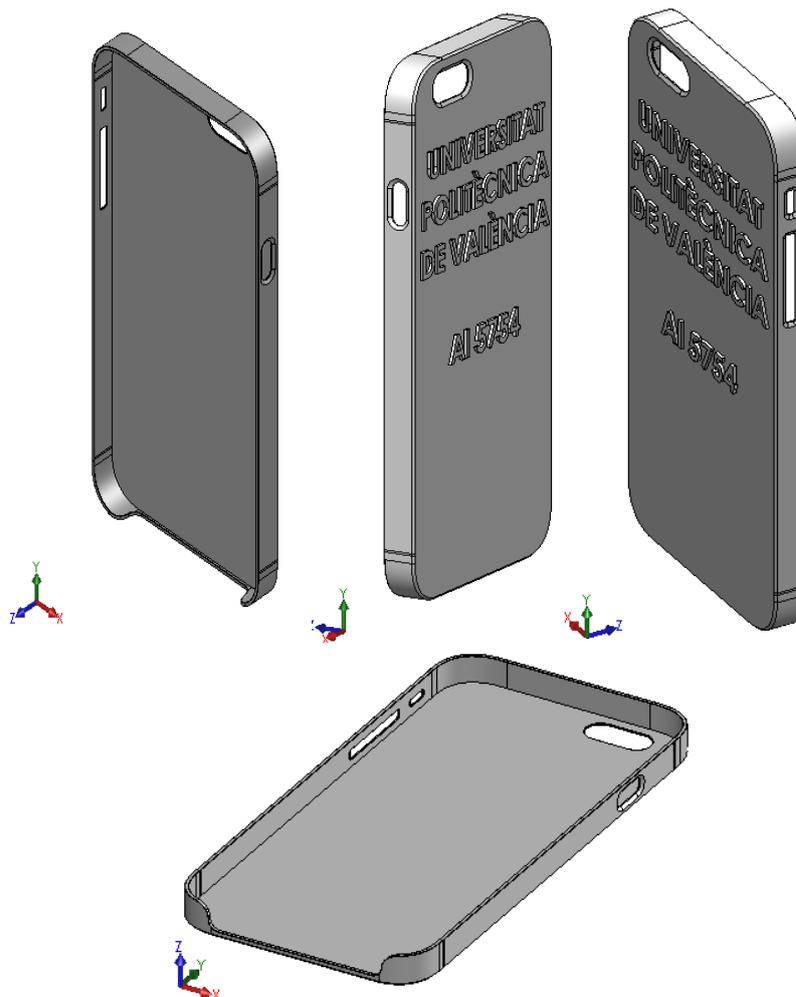
Il·lustració 60. Disseny base inferior de la carcasa

- Base superior de la carcasa



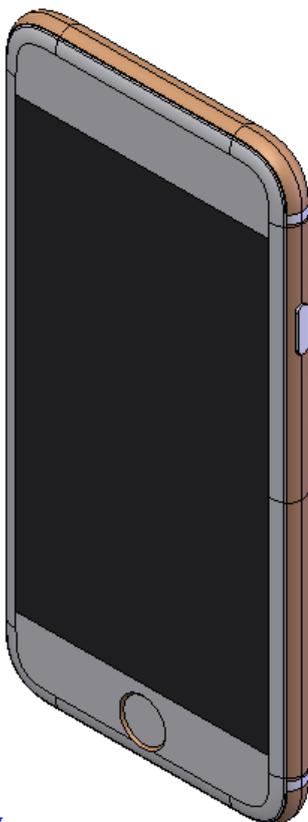
Il·lustració 61. Disseny base superior de la carcasa.

- Varias vistas isométricas de la carcasa.



Il·lustració 62. Varias isométricas de la carcasa

- Iphone 6 sin carcasa.



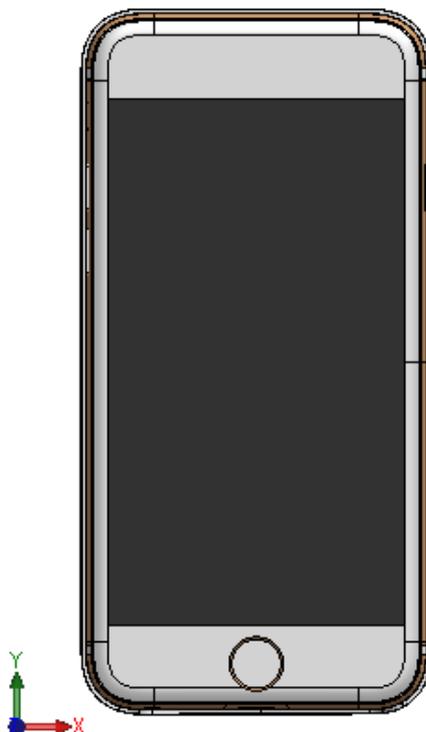
Il·lustraci3n 63. Iphone 6 sin carcasa.

- Ensamblaje Iphone 6 y carcasa, vista trasera.



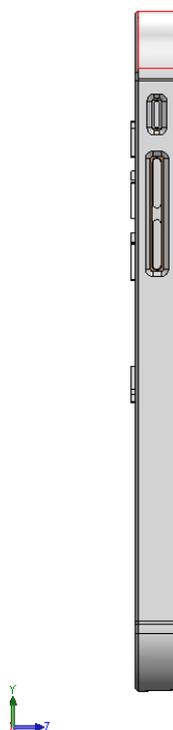
Il·lustraci3n 64. Iphone 6 con carcasa, vista trasera.

- Ensamblaje Iphone 6 y carcasa, vista frontal.



Ilustraci3n 65. Iphone 6 con carcasa, vista frontal.

- Ensamblaje Iphone 6 y carcasa, vista lateral izquierda.



Ilustraci3n 66. Iphone 6 con carcasa, vista lateral izquierda.

- Ensamblaje Iphone 6 y carcasa, vista lateral derecha.

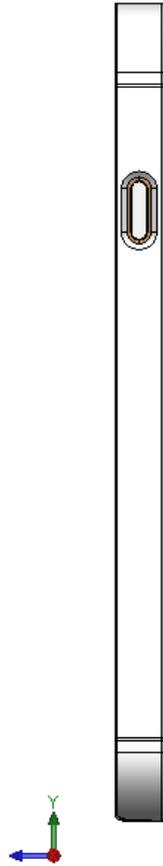


Ilustración 67. Iphone 6 con carcasa, vista lateral derecha.

- Ensamblaje Iphone 6 y carcasa, vista base inferior.

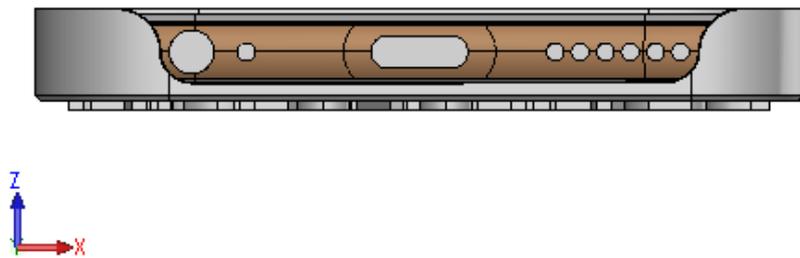
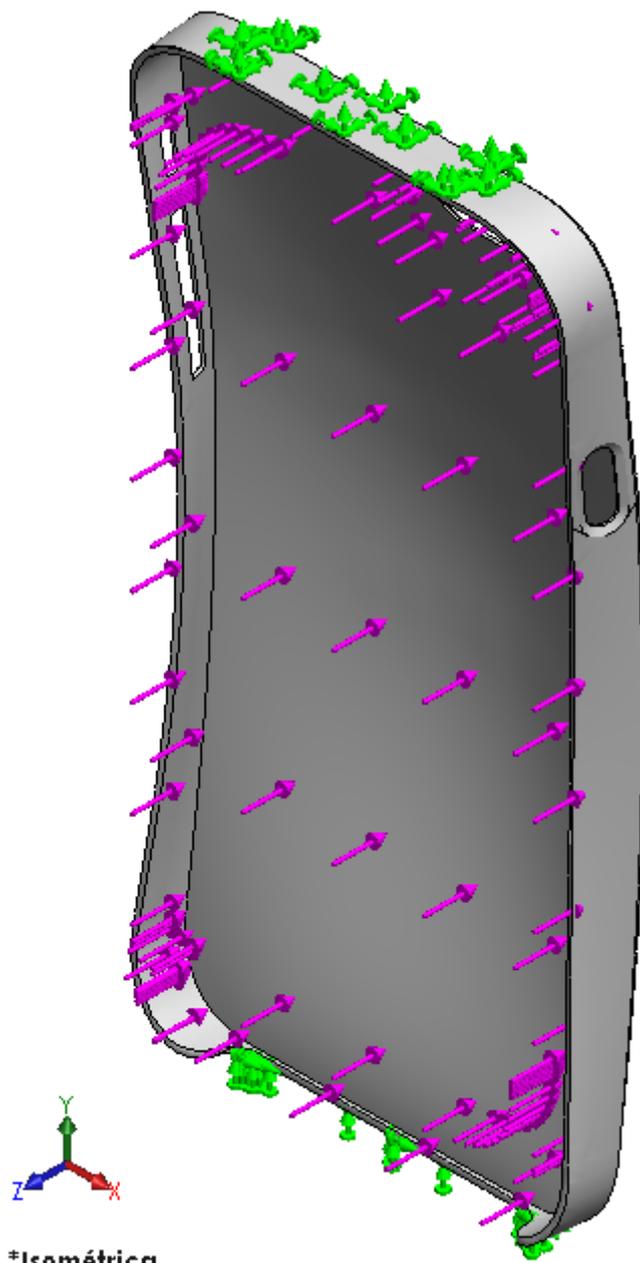


Ilustración 68. . Iphone 6 con carcasa, vista base inferior..

- Ensamblaje Iphone 6 y carcasa, varias isomètricas.



Il·lustraci3n 69. Iphone 6 con carcasa, varias isomètricas.



Il·lustració 70. Simulació a flexió Solidworks.

4.3 Resultados obtenidos.

Resultados obtenidos. Disipación de calor.

A continuación se van a mostrar los resultados obtenidos respecto al estudio de la disipación de calor tratando los materiales con plasma atmosférico.

Los resultados obtenidos respecto al aluminio 5754 han sido:

	6 mm	16 mm	26 mm
10 s	56,92%	51,59%	49,62%
30 s	57,52%	52,42%	50,13%
60 s	59,44%	53,90%	50,38%

Tabla 26. Resultados obtenidos en la parte tratada de la probeta, estudio disipación de calor en aluminio 5754.

Siendo la prueba más favorable, como era de esperar, la que menos distancia presenta entre la antorcha del plasma y más tiempo en marcha ha estado (6 milímetros y 60 segundos) y la más desfavorable, como también era de esperar, la que más distancia presenta entre la antorcha del plasma y menos tiempo en marcha ha estado (26 milímetros y 6 segundos).

Respecto a la parte no tratada de la probeta, teóricamente en todas las pruebas debería de tener el mismo porcentaje de disipación, ya que el tiempo y la temperatura a la que se han mantenido las probetas en el horno ha sido siempre exactamente el mismo, pero en la realidad existen unas pequeñas variaciones, debidas posiblemente a diversos factores externos a las pruebas, ya sea humedad, temperatura ambiente, etc.

	6 mm	16 mm	26 mm
10 s	47,33%	47,35%	47,35%
30 s	47,07%	47,07%	47,21%
60 s	47,65%	47,49%	47,47%

Tabla 27. Resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en aluminio 5754.

Por lo tanto, debido a estas pequeñas desviaciones existentes, cogeremos como el valor correcto el promedio de todas ellas.

Promedio	47,33 %
-----------------	---------

Tabla 28. Promedio resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en aluminio 5754

A continuación se va a mostrar una gráfica comparativa de los resultados obtenidos en el aluminio, en todas las condiciones trabajadas.

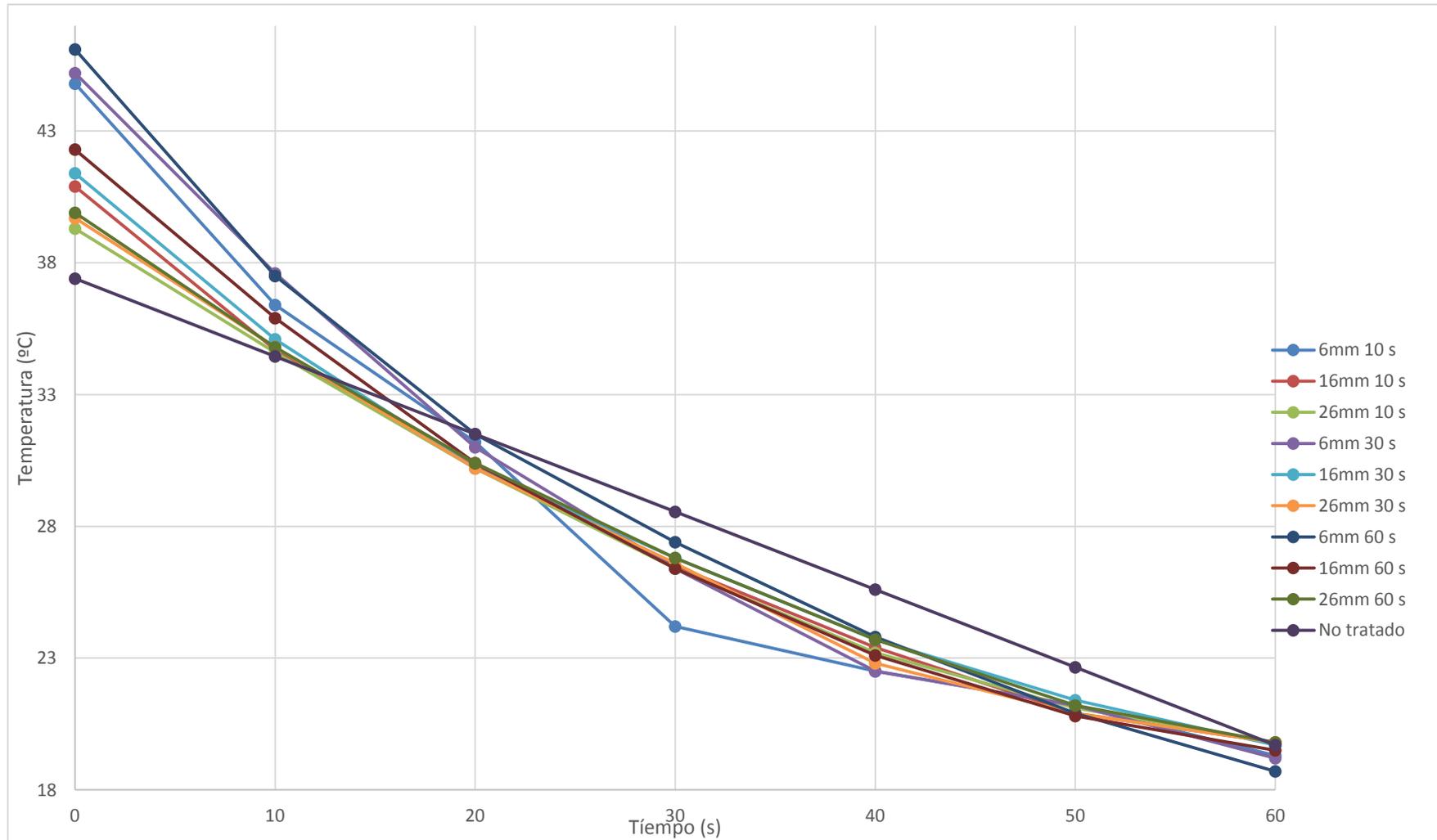


Ilustración 71. Gráfica comparativa resultados obtenidos aluminio y parte no tratada

Los resultados obtenidos respecto al Acero Inoxidable AISI 316 han sido:

	6 mm	16 mm	26 mm
10 s	60,58%	59,19%	57,88%
30 s	61,65%	60,08%	58,82%
60 s	63,12%	61,36%	59,31%

Tabla 29. Resultados obtenidos en la parte tratada de la probeta, estudio disipación de calor en acero inoxidable AISI 316.

Siendo la prueba más favorable, como era de esperar, la que menos distancia presenta entre la antorcha del plasma y más tiempo en marcha ha estado (6 milímetros y 60 segundos) y la más desfavorable, como también era de esperar, la que más distancia presenta entre la antorcha del plasma y menos tiempo en marcha ha estado (26 milímetros y 6 segundos).

Al igual que en las pruebas del aluminio 5754, la parte no tratada de la probeta, teóricamente debería de tener el mismo porcentaje de disipación, ya que el tiempo y la temperatura a la que se han mantenido las probetas en el horno ha sido siempre exactamente el mismo, pero en la realidad existen unas pequeñas variaciones, debidas posiblemente a diversos factores externos a las pruebas, ya sea humedad, temperatura ambiente, etc.

	6 mm	16 mm	26 mm
10 s	53,32%	53,32%	54,04%
30 s	53,79%	53,39%	53,71%
60 s	53,32%	53,06%	53,43%

Tabla 30. Resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en acero inoxidable AISI 316

Por lo tanto, debido a estas pequeñas desviaciones existentes, cogeremos como el valor correcto el promedio de todas ellas.

Promedio	53,49 %
-----------------	---------

Tabla 31. Promedio resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en acero inoxidable AISI 316.

A continuación se va a mostrar una gráfica comparativa de los resultados obtenidos en el aluminio, en todas las condiciones trabajadas.

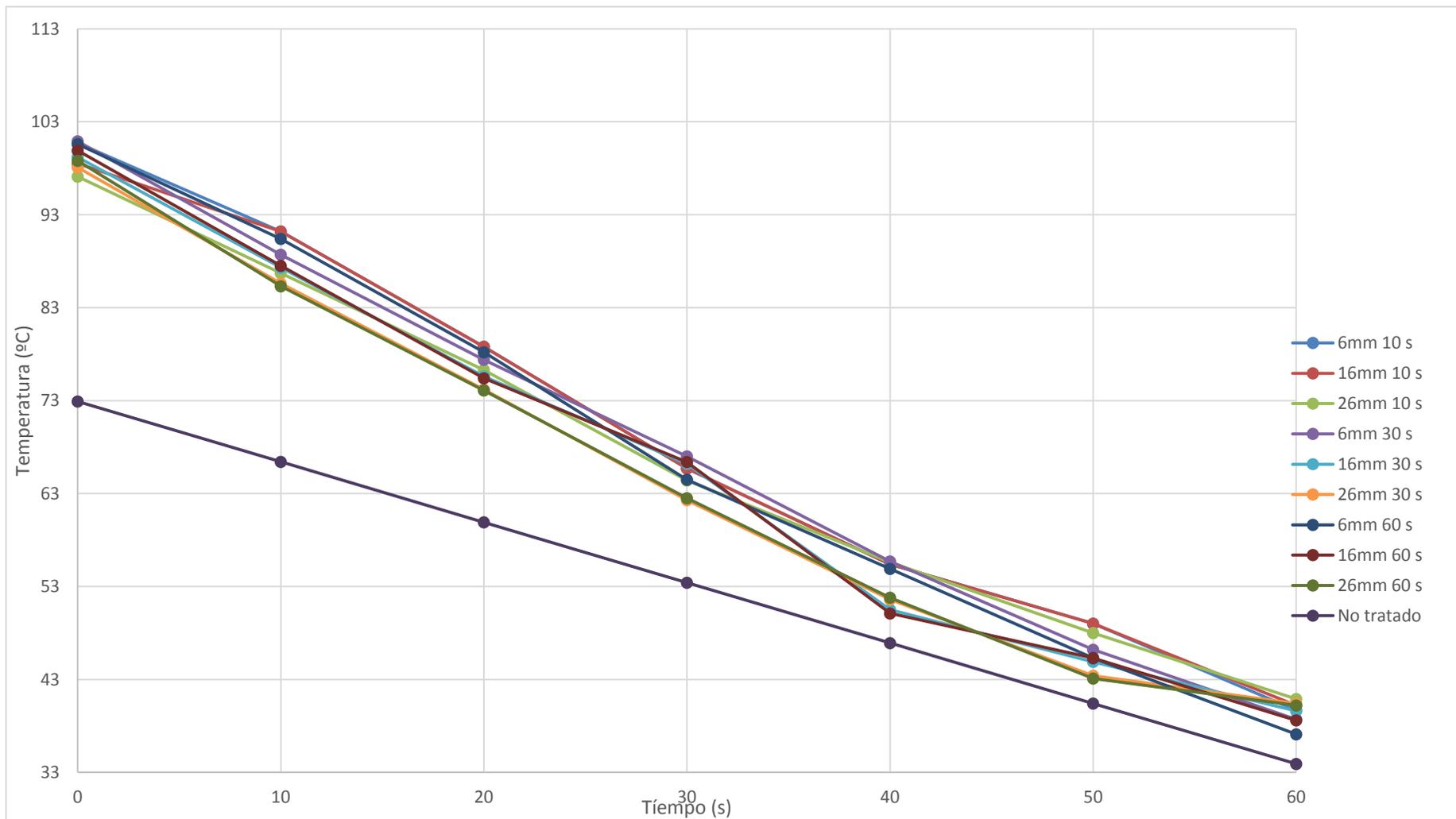


Ilustración 72. . Gráfica comparativa resultados obtenidos acero inoxidable AISI 316 y parte no tratada.

Resultados obtenidos. Propiedades Mecánicas.

A continuación se van a mostrar las tablas de los resultados obtenidos, tanto en el aluminio 5754 como en el Acero Inoxidable AISI316

Aluminio 5754	
Módulo de Elasticidad E	76 Gpa
Tensión de rotura (Rm)	83.4 MPa
Alargamiento a la rotura (A)	33.5 %
Limite elástico	71.8 MPa
Coefficiente de Poisson	0.352
Densidad	2.7 g/cm ³

Tabla 32. Resultados obtenidos aluminio 5754. Estudio propiedades mecánicas

AISI 316	
Módulo de Elasticidad E	220 Gpa
Tensión de rotura (Rm)	612 MPa
Alargamiento a la rotura (A)	66.935 %
Limite elástico	251.1 MPa
Coefficiente de Poisson	0.410
Densidad	7.96 g/cm ³

Tabla 33. Resultados obtenidos acero inoxidable AISI 316. Estudio propiedades mecánicas

4.4 Conclusiones.

Como conclusión, se debe elegir, el material más apropiado para la fabricación de carcasas de móviles mejoradas con un tratamiento de plasma, para que tenga mayor disipación de calor.

Como hemos estado viendo a lo largo del trabajo, nosotros hemos estudiado los materiales siguientes:

- Acero Inoxidable AISI 316
- Aluminio 5754

Como se ha visto a lo largo del desarrollo del estudio, las pruebas que se han hecho sobre la disipación de calor, han tenido dos variables, que son:

- Tiempo de ejecución del plasma en la probeta.
- Distancia de la antorcha sobre la probeta.

Además se ha realizado el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales escogidos.

A continuación se muestra una gráfica comparativa Tensión-deformación entre el Aluminio 5754 y el acero inoxidable AISI 316.

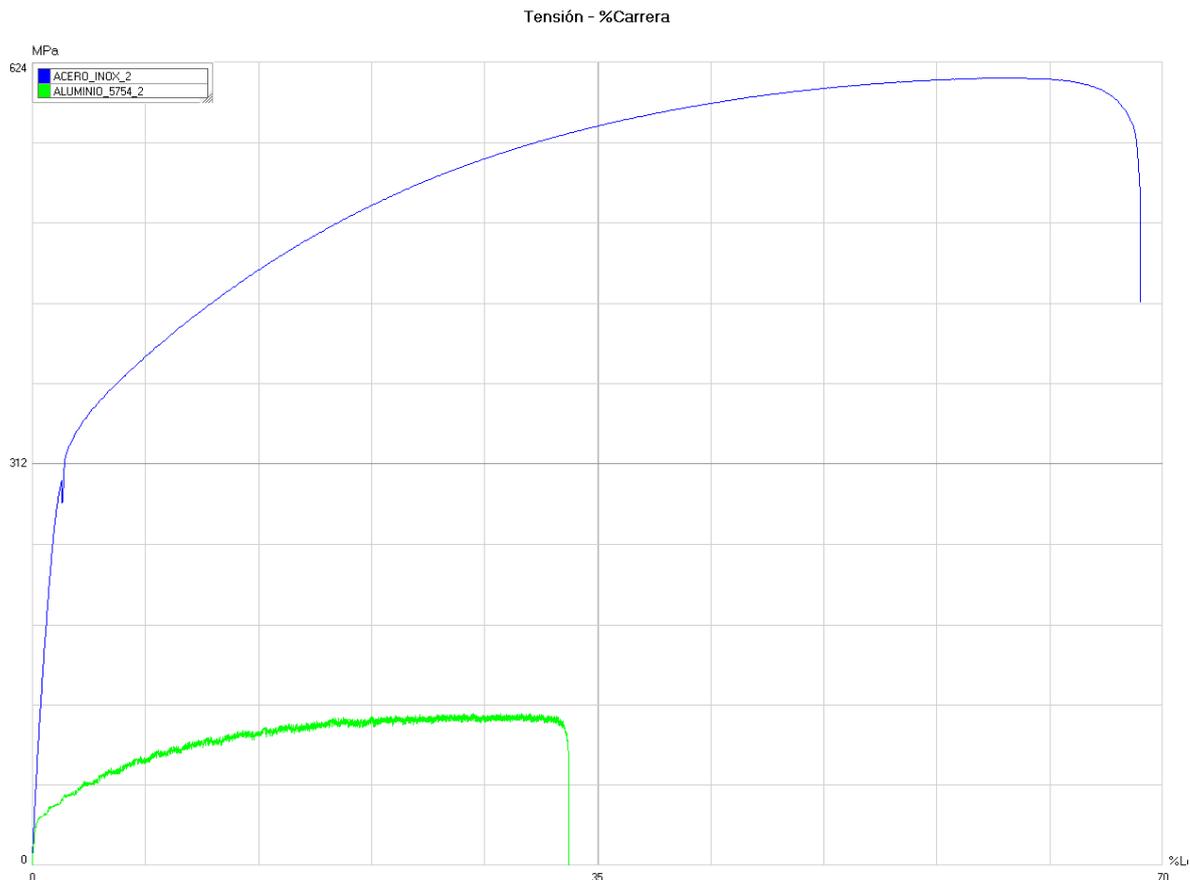


Ilustración 73. Gráfica comparativa Tensión deformación AL 5754- AISI 316.

Llegado el punto, se ha creído conveniente realizar la elección del material, y la característica de la densidad ha resultado crucial a la hora de la elección, ya que se cree que por la funcionalidad del producto, debe de ser lo más ligero posible.

Por lo que comparando la densidad en g/cm³ de los dos materiales (2.7 g/cm³ del Al 5754, respecto a los 7.96 g/cm³ del AISI 316) se ha creído oportuno elegir el aluminio 5754 como el material más conveniente para este producto.

Por otra parte, se muestran de nuevo los resultados obtenidos del tratamiento con plasma del aluminio para poder deliberar, que condiciones de aplicación son las más convenientes.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

	6 mm	16 mm	26 mm
10 s	56,92%	51,59%	49,62%
30 s	57,52%	52,42%	50,13%
60 s	59,44%	53,90%	50,38%

Ilustración 74. Resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en aluminio 5754

El promedio de las pruebas realizadas respecto a la parte no tratada ha sido el siguiente:

Promedio	47,33 %
-----------------	---------

Ilustración 75. Promedio resultados obtenidos en la parte no tratada de la probeta, estudio disipación de calor en aluminio 5754



Al obtener estos datos, hemos llegado a la conclusión de que la diferencia de disipación del calor respecto a la parte no tratada, aumenta siempre en mayor medida al reducir la distancia de la tobera, respecto a la duración de la misma. Es decir, respecto a las dos variables con las que se ha trabajado, (tiempo de ejecución y distancia de la tobera.) Siempre es más influyente la distancia de la tobera que el tiempo de ejecución. Esto se debe a la agresividad del tratamiento.

Debido a la conclusión anterior, se cree que la duración ideal son 10 segundos, ya que más tiempo es innecesario (al no ser tan influyente como la distancia) y de esta manera se podrá evitar cuellos de botella a la hora de fabricación.

Además, nosotros hemos creído, que siempre que el porcentaje de disipación supere el 50 %, la prueba debería de darse como satisfactoria. Por lo que creemos que con una distancia de 16 mm, sería más que suficiente.

Así pues, concluyendo, se cree que el mejor material para la fabricación del producto es el Aluminio, debido a su baja densidad. Y se ha optado por escoger como ensayo más correcto, el que tiene una duración de 10 segundos y está a una distancia de 16 milímetros, ya que el porcentaje de disipación ha resultado mayor que el deseado.

5. Presupuesto y/o estudio económico.

A continuación se mostrará un estudio económico sobre la fabricación en línea del producto diseñado.

Se ha pensado que el número de unidades correcto para fabricar debería de ser de 500.000.

Nº Unidades a fabricar	500.000
-------------------------------	---------

Tabla 34. Unidades totales a fabricar

Para empezar, se va a mostrar una tabla especificando el coste que conllevaría realizar el tratamiento del plasma atmosférico.

Gasto estimado tratamiento plasma atmosférico	
Nº Maquinas	2
Alquiler maquina/Hora	15,00 €
Tiempo tratamiento (s)	6
Unidades fabricadas/ Hora	720
COSTE UNITARIO	0,0417 €

Tabla 35. Gasto estimado tratamiento plasma atmosférico

Como se puede ver en la tabla, se alquilarían 2 máquinas para poder producir las máximas unidades posibles. El coste de cada máquina sería de 15,00 €.

El punto siguiente sería calcular el coste de fabricación del troquel y de los utillajes.

Gasto estimado Troquel			Gasto estimado utillajes taladros-agujeros	
Fase	% Actividad	Precio	% Actividad	Precio
Diseño	20	4.000,00 €	20	400,00 €
Mecanizado Piezas	30	6.000,00 €	30	600,00 €
Montaje	30	6.000,00 €	30	600,00 €
Pruebas y reajustes	10	2.000,00 €	10	200,00 €
Montaje final	10	2.000,00 €	10	200,00 €
TOTAL		20.000,00 €		2.000,00 €
COSTE UNITARIO				0,0440 €

Tabla 36. Gasto estimado fabricación Utillajes y troquel.

Como se puede ver, existen unas fases a cumplimentar, tanto en la fabricación del troquel, como en la de los utillajes, que son:

- Diseño.
- Mecanizado de piezas.
- Montaje.
- Pruebas y reajustes.
- Montaje final.

Resumiendo este apartado, destacar que el gasto total estimado del troquel más los utillajes ascendería a 22.000,00 €

El siguiente punto del estudio económico sería el montaje de la línea.

Gasto estimado montaje de línea	
Horas hombres montaje de línea	60
Coste/Hora Hombre oficial de primera	10,00 €
Coste total de montaje	600,00 €
COSTE UNITARIO	0,0012 €

Tabla 37. Gasto estimado montaje de línea.

Como se puede comprobar, se ha estimado que se necesitarían 60 horas para poder montar la línea.

Las fases de montaje serían:

- Montaje Troquel en Prensa
- Montaje cintas transportadoras piezas y sensores.
- Ajuste final Maquina de taladros-Agujeros.
- Sincronización y ajustes finales de la línea.

Por último, se necesitaría calcular el coste estimado de fabricación. En la siguiente tabla se especifica.

Gasto estimado fabricación	
Coste/Hora Hombre responsable Línea	10,00 €
Nº de responsables por línea	1
Coste/Hora hombre operarios	8,00 €
Nº operarios	2
Coste/hora maquina	15,00 €
Unidades max. fabricadas por hora	1.100
Unidades fabricadas hora	720
COSTE UNITARIO	0,0569 €

Tabla 38. Gasto estimado fabricación.

De esta parte, cabe destacar que existe un cuello de botella, ya que la línea sería capaz de fabricar 1100 unidades a la hora, pero en cambio la máquina de tratamiento del plasma solamente sería capaz de fabricar 600 unidades a la hora.

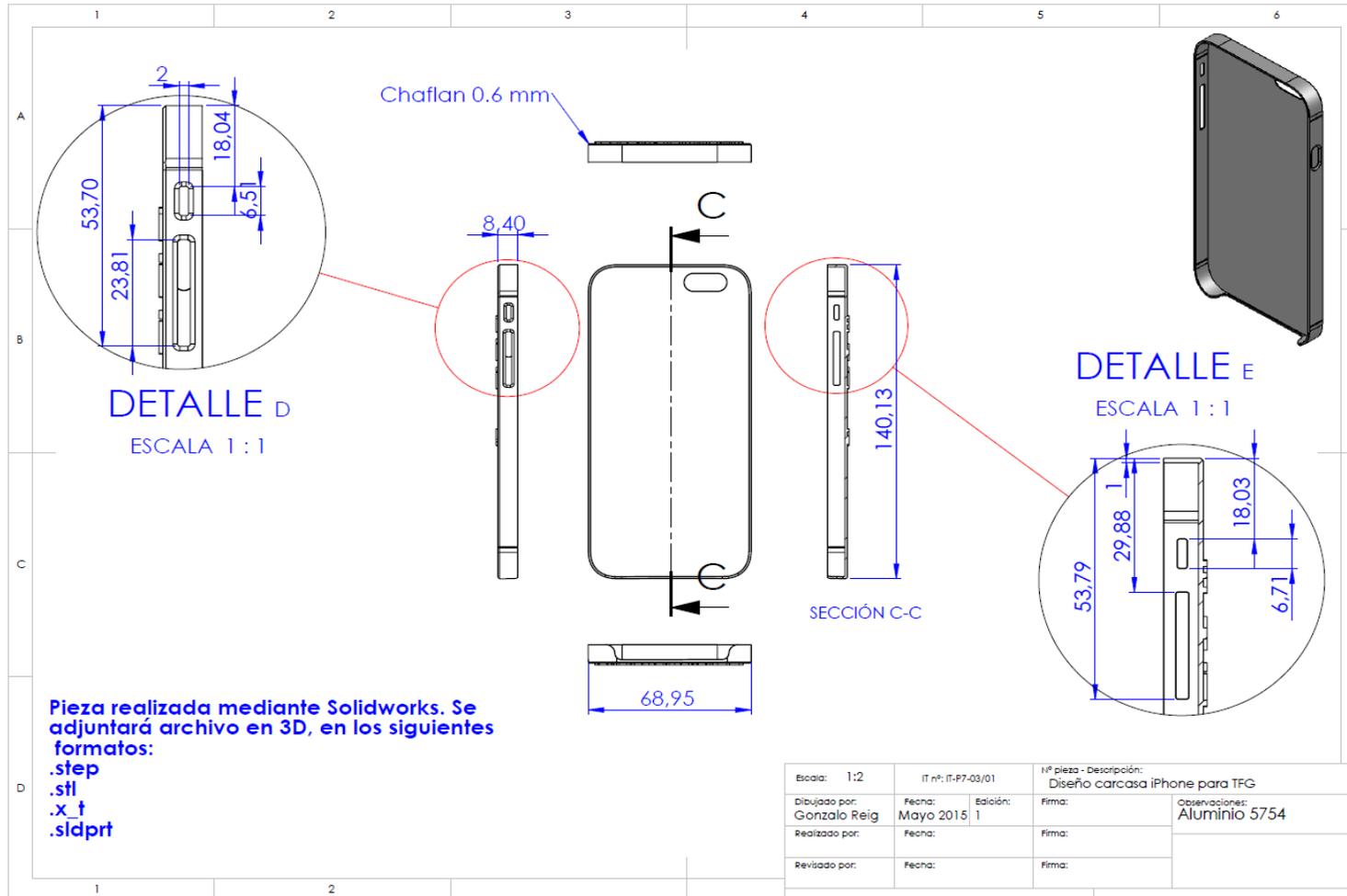
Como conclusión, se van a mostrar un resumen del gasto estimado unitario

Resumen gasto estimado	
Plasma	0,0417 €
Fabricación	0,0569 €
Troquel y utillaje	0,0440 €
Montaje línea	0,0012 €
Material	0,0978 €
TOTAL	0.2416 €

Tabla 39. Resumen gasto estimado.

Por lo que el gasto total sería de **120.797,76 €.**

6. Plano del producto.



7. Bibliografía utilizada para la realización del TFG.

7.1 Información técnica.

Para la realización de la bibliografía, se han consultado diversas páginas web.

- Características teóricas materiales:
www.broncesval.com
- Medidas iPhone 6:
www.apple.com/es
- Estado del arte:
Información y diversas imágenes desde el buscador web www.google.es
- Equipo utilizado:
www.cantronic.com
www.ibertest.es
www.plasmatreat.es