



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica



Universidad de Cádiz
Escuela Superior de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial

**INCORPORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE
PRODUCTOS DE TITANIO EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA I+D+i**

Pamela Cristina Sikahall Urizar

Asesorado por el Dr. Mariano Marcos Bárcena

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ



ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA

**INCORPORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN
DE PRODUCTOS DE TITANIO EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA I+D+I**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PAMELA CRISTINA SIKAHALL URÍZAR
ASESORADO POR EL DR. MARIANO MARCOS BÁRCENA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA MECÁNICA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Raúl Guillermo Izaguirre
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

INCORPORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PRODUCTOS DE TITANIO EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA I+D+I

Tema que me fuera asignado por la Dirección del Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la Universidad de Cádiz, con fecha mayo de 2012.


Pamela Cristina Sikahall Urizar

ACTA

Alumno: **Pamela Cristina Sikahall Urizar**

Número de Pasaporte: 012882260

Curso académico: 2011/2012

Título Proyecto: **Incorporación de una metodología de análisis y evaluación de productos de titanio en un sistema de gestión de la I+D+i**

Asignatura: **Proyecto fin de Carrera** Plan: **Ingeniería Técnica Industrial en Mecánica**

Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala

Director del Proyecto: Mariano Marcos Bárcena

Convocatoria	Calificación		Fecha Lectura
SEPTIEMBRE 2012	NOTABLE	8	24/09/2012

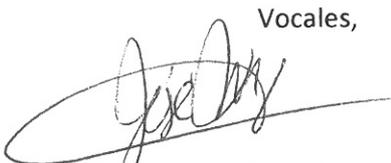
Cádiz, 24 de septiembre de 2012

El Presidente del Tribunal,



Fdo: Juan Pablo Contreras Samper

Vocales,



Fdo: José Mª Portela Núñez



Fdo: Moisés Batista Ponce

Tutor de la Universidad examinadora



Fdo: Mariano Marcos Bárcena



Diligencia para hacer constar que la presente acta se realiza amparada por el Programa de Intercambio y Movilidad Académica (PIMA) entre universidades españolas y latinoamericanas, así como que los alumnos están adscritos al Programa titulado "Proyectos de Ingeniería para la Cooperación al Desarrollo", suscrito por esta Universidad de Cádiz, siendo evaluados una vez realizadas las comprobaciones pertinentes de que tienen superados todos los créditos y/o materias de la titulación correspondiente (Pensum Cerrado) en su universidad de origen.

El Secretario del Tribunal




Fdo: Manuel Tornell Barbosa

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la Dirección del Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz, España, al Trabajo de Graduación titulado **INCORPORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PRODUCTOS DE TITANIO EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA I+D+I** de la estudiante **Pamela Cristina Sikahall Urizar**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

**Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR**



Guatemala, noviembre de 2012

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación realizado en la Universidad de Cádiz España y titulado: **INCORPORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PRODUCTOS DE TITANIO EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA I+D+I**, presentado por la estudiante universitaria **Pamela Cristina Sikahall Urizar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olimpo Paiz Récinos
Decano



Guatemala, noviembre de 2012

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el dueño de mi vida y mi profesión y por darme la plenitud de vida que sólo en Él se puede tener.
- Mis padres** Alan Esgrid Sikahall Salamanca y Juana Vilma Urizar de Sikahall por su compañía, amor, comprensión y apoyo incondicional en toda mi carrera universitaria y mi vida.
- Mi hermano** Esgrid Esteban Sikahall Urizar por ser el mejor amigo que Dios me ha dado y mi maestro en muchos aspectos.
- Mis abuelos** Eduardo Sikahall y Gloria Salamanca de Sikahall que en paz descansan y desde el cielo me acompaña su cariño y recuerdo.
- Mis abuelos** Javier Urizar y Cristy de Urizar por su cariño, sus cuidados y amor incondicional.
- Mi familia** Tíos, tías, primos y primas, por su cariño y apoyo.

Mis amigos

Eduardo Uribe y Rodrigo Samayoa por su amistad incondicional, momentos compartidos, apoyo académico, enseñanzas que juntos aprendimos y compañía en toda mi carrera, y en general a todos mis amigos por ser dueños de momentos y recuerdos que en conjunto reflejan sentimientos de apoyo y compañía en la vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por renovar mis fuerzas día con día y darle sentido a mi vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser más que una institución, mi casa de estudios y de esta manera impulsar el sentido de mi profesión.
Facultad de Ingeniería	Por ser la fuente de conocimiento en mi formación como profesional.
Universidad de Cádiz	Por abrirme sus puertas y darme el apoyo institucional para realizar mi proyecto de fin de carrera.
Equipo del Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la UCA	Mariano Marcos por su tutoría en el presente proyecto de fin de carrera, Moisés Batista por su tiempo, paciencia y guía en la realización del proyecto, Pedro Mayuet por su amistad, apoyo y compañía y en general al equipo completo por su apoyo, sus enseñanzas, su guía y compañía en mi tiempo en España.

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA

CAPITULO 1. Introducción

CAPITULO 2. Contexto

2.1 Situación inicial de la empresa	_____	2.1
2.1.1 Definición y Generalidades	_____	2.1
2.1.2 Actividades	_____	2.3
2.1.3 Sistema de Gestión de I+D+i	_____	2.4
2.1.3.1 Identificación de procesos y actividades de I+D+i	_____	2.5
2.1.3.1.1 Identificación y análisis de problemas y oportunidades	_____	2.9
2.1.3.1.2 Análisis y selección de ideas de I+D+i	_____	2.11
2.1.3.1.3 Planificación, seguimiento y control de la cartera de proyectos	_____	2.13
2.1.3.1.4 Transferencia Tecnológica	_____	2.13
2.1.3.1.5 Producto de I+D+i	_____	2.14
2.1.3.1.6 Resultados del proceso de I+D+i	_____	2.15
2.1.3.1.7 Protección y explotación de los resultados de	_____	2.16

I+D+i		
2.1.3.2 Mapa de Procesos	_____	2.16
2.1.3.3 Documentación	_____	2.16
2.1.3.4 Responsabilidad, autoridad y comunicación	_____	2.19
2.1.4 Medición, análisis y mejora	_____	2.25
2.1.4.1 Generalidades	_____	2.25
2.1.4.2 Auditorías Internas	_____	2.25
2.1.4.3 Seguimiento y medición del proceso de I+D+i	_____	2.26
2.1.4.4 Control de las desviaciones en los resultados esperados	_____	2.27
2.1.4.5 Análisis de datos	_____	2.28
2.1.4.6 Mejora	_____	2.28
2.2 I+D+i	_____	2.29
2.2.1 Importancia de la I+D+i en el desarrollo económico	_____	2.30
2.2.1.1 Gasto en investigación y desarrollo (%PIB)	_____	2.32
2.2.2 Términos y Definiciones	_____	2.34
2.2.3 Gestión de la I+D+i	_____	2.40
2.2.4 Sistema de Gestión del a I+D+i	_____	2.40
2.2.5 Aplicación de las normas	_____	2.41
2.2.5.1 Características de la aplicación de la Norma UNE 166:002	_____	2.41
2.2.5.2 Carcaterísticas del proceso de I+D+i	_____	2.42
2.3 Disposiciones Generales	_____	2.42

CAPITULO 3. Consideraciones Previas

3.1 El Titanio	3.1
3.1.1 Generalidades	3.1
3.1.2 Propiedades del Titanio	3.2
3.1.3 El Titanio y sus aleaciones	3.3
3.1.4 Metalurgia	3.4
3.1.5 Efecto de los elementos de aleación	3.5
3.1.5.1 Aleaciones alfa	3.5
3.1.5.2 Aleaciones alfa-beta	3.5
3.1.5.3 Aleaciones beta	3.6
3.1.6 Aleación Ti6Al4V	3.6
3.2 Mecanizado	3.8
3.2.1 Mecanizado de materiales	3.8
3.2.1.1 Movimientos fundamentales en una máquina-herramienta	3.8
3.2.2 Clasificación de las máquinas-herramientas	3.10
3.2.3 Ángulos de Corte	3.10
3.2.4 Velocidad de Corte	3.11
3.2.5 Velocidad de Rotación	3.13
3.2.6 Fuerzas en el Corte	3.14
3.2.7 Máquinas Herramientas	3.14
3.2.7.1 El Torno	3.14
3.2.7.1.1 Herramientas del Torno	3.16
3.2.8 Mecanizado del Titanio	3.17
3.2.8.1 Torneado	3.18

3.2.8.2 Fresado	_____	3.18
3.2.8.3 Taladrado	_____	3.19
3.2.8.4 Aterrajado	_____	3.19
3.2.8.5 Rectificado	_____	3.19
3.2.8.6 Aserrado	_____	3.20
3.2.8.7 Corte mediante chorro de agua	_____	3.20
3.2.8.8 Mecanizado por descarga eléctrica	_____	3.20
3.2.8.9 Fresado Químico	_____	3.20
3.3 Necesidades	_____	3.21
3.3.1 Recursos necesarios	_____	3.21
3.3.2 Especificaciones	_____	3.25
3.3.2.1 Cortadora Metalográfica	_____	3.25
3.3.2.2 Embutidora	_____	3.30
3.3.2.3 Pulidora	_____	3.36
3.3.2.3.1 Productos Fungibles	_____	3.39
3.4 Objetivo	_____	3.49
3.4.1 Demanda de Titanio	_____	3.51
3.4.2 Metalurgia y microestructuras	_____	3.51

CAPITULO 4. Metodología

4.1 Metodología General	_____	4.1
4.1.1 Protocolo de Ensayo	_____	4.2
4.1.1.1 Selección de material y de las herramientas	_____	4.2
4.1.1.2 Preparación previa del material	_____	4.4

4.1.1.3 Identificación del material y de las herramientas	4.4
4.1.1.4 Preparación de la máquina	4.5
4.1.1.5 Preparación de la cámara de grabación	4.6
4.1.1.6 Mecanizado	4.7
4.1.1.7 Cambio de plaquita y recogida de viruta	4.7
4.1.1.8 Fotografiado y almacenaje de viruta	4.8
4.1.1.9 Limpieza de la máquina	4.8
4.1.2 Selección de la muestra	4.10
4.1.3 Desarrollo de la probeta	4.11
4.1.3.1 Protocolo de Embutición	4.11
4.1.3.1.1 Preparación de la muestra	4.12
4.1.3.1.2 Selección de resina	4.13
4.1.3.1.3 Activación de la máquina	4.16
4.1.3.1.4 Colocación de la muestra	4.16
4.1.3.1.5 Vertido y distribución de la resina	4.17
4.1.3.1.6 Selección de parámetros de la máquina	4.18
4.1.3.1.7 Extracción de la muestra	4.19
4.1.3.1.8 Limpieza de la rebaba	4.19
4.1.3.1.9 Instrucciones para encapsulado en frío	4.20
4.1.3.2 Protocolo de preparación mecánica	4.24
4.1.3.2.1 Selección de metodología	4.25
4.1.3.2.2 Preparación y activación de la máquina	4.26
4.1.3.2.3 Preparación de parámetros	4.27
4.1.3.2.4 Colocación de discos de esmerilado	4.28
4.1.3.2.5 Colocación de paños de pulido	4.29

4.1.3.2.6 Dosificación	_____	4.30
4.1.4 Protocolo de Revelado/Ataque Químico	_____	4.31
4.1.5 Protocolo de Caracterización	_____	4.32
4.1.6 Protocolo de Medición	_____	4.35
4.1.6.1 Proceso de Calibración	_____	4.38
4.1.6.2 Proceso de Medida	_____	4.40

CAPITULO 5. Validación

5.1 Ejemplo de Aplicación	_____	5.1
5.1.1 Ensayo	_____	5.1
5.1.2 Embutición/Encapsulado	_____	5.5
5.1.3 Preparación Mecánica	_____	5.6
5.1.4 Ataque Químico	_____	5.9
5.1.5 Caracterización	_____	5.9
5.1.6 Mediciones y Resultados	_____	5.11

CAPITULO 6. Conclusiones

CAPITULO 7. Bibliografía

ANEXOS

2.1 Validación	_____	1
-----------------------	-------	----------

2.1.1 Comparativa de viruta v/a	_____	1
2.1.1.1 Ensayos con p=1mm	_____	1
2.1.1.2 Ensayos con p=2mm	_____	3
2.1.1.3 Ensayos con p=0,5mm	_____	5
2.1.2 Comparativa de muestras reveladas	_____	7
2.1.2.1 Muestras p=1mm	_____	7
2.1.2.2 Muestras p=0,5mm	_____	8
2.1.2.3 Muestras p=2mm	_____	9
2.1.3 Gráficos de Resultados	_____	10

PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 Condiciones Generales	_____	1
3.2 Condiciones Particulares	_____	1
3.3 Requisitos funcionales	_____	1
3.3.1 Requisitos Técnico-Tecnológicos	_____	1
3.3.1.1 Software	_____	1
3.3.1.2 Hardware	_____	2
3.3.2 Fungibles	_____	2
3.3.3 Requisitos Humanos	_____	3
3.3.4 Formación	_____	3
3.4 Consideraciones y Resultados	_____	4
3.4.1 Obligaciones del Proyectista	_____	4
3.4.2 Obligaciones de la unidad de I+D+i de SikaMet, S.A	_____	4

3.4.3 Resultados y productos esperados	_____	5
3.5 Condiciones de Trabajo	_____	5
3.5.1 Equipo de Trabajo	_____	5
3.5.2 Supervisión de los trabajos	_____	5
3.5.3 Plazo de Ejecución	_____	6
3.6 Condiciones Económicas	_____	6
3.6.1 Forma de Pago	_____	6
3.6.2 Cumplimiento de plazos y penalidades por demora	_____	7
3.6.3 Garantía	_____	7
3.7 Confidencialidad de la Información	_____	7

PRESUPUESTO

4.1 Consideraciones Previas	_____	1
4.1.1 Presupuesto de contrata	_____	1
4.1.1.1 Desarrollo de la incorporación de la metodología de análisis y evaluación de muestras en función del programa de trabajo.	_____	1
4.1.1.2 Fungibles	_____	2
4.1.1.3 Equipos	_____	2
4.1.1.4 Software	_____	3
4.2 Precios unitarios	_____	3
4.3 Presupuesto	_____	6
4.3.1 Desarrollo de la Aplicación	_____	6
4.3.2 Fungibles	_____	7

4.3.3 Equipo Informático	<hr/>	8
4.3.4 Software	<hr/>	10
4.4 Presupuesto Total	<hr/>	10

ÍNDICE

MEMORIA

CAPITULO 1. Introducción

CAPITULO 2. Contexto

2.1 Situación inicial de la empresa	_____	2.1
2.1.1 Definición y Generalidades	_____	2.1
2.1.2 Actividades	_____	2.3
2.1.3 Sistema de Gestión de I+D+i	_____	2.4
2.1.3.1 Identificación de procesos y actividades de I+D+i	_____	2.5
2.1.3.1.1 Identificación y análisis de problemas y oportunidades	_____	2.9
2.1.3.1.2 Análisis y selección de ideas de I+D+i	_____	2.11
2.1.3.1.3 Planificación, seguimiento y control de la cartera de proyectos	_____	2.13
2.1.3.1.4 Transferencia Tecnológica	_____	2.13
2.1.3.1.5 Producto de I+D+i	_____	2.14
2.1.3.1.6 Resultados del proceso de I+D+i	_____	2.15
2.1.3.1.7 Protección y explotación de los resultados de	_____	2.16

I+D+i		
2.1.3.2 Mapa de Procesos	_____	2.16
2.1.3.3 Documentación	_____	2.16
2.1.3.4 Responsabilidad, autoridad y comunicación	_____	2.19
2.1.4 Medición, análisis y mejora	_____	2.25
2.1.4.1 Generalidades	_____	2.25
2.1.4.2 Auditorías Internas	_____	2.25
2.1.4.3 Seguimiento y medición del proceso de I+D+i	_____	2.26
2.1.4.4 Control de las desviaciones en los resultados esperados	_____	2.27
2.1.4.5 Análisis de datos	_____	2.28
2.1.4.6 Mejora	_____	2.28
2.2 I+D+i	_____	2.29
2.2.1 Importancia de la I+D+i en el desarrollo económico	_____	2.30
2.2.1.1 Gasto en investigación y desarrollo (%PIB)	_____	2.32
2.2.2 Términos y Definiciones	_____	2.34
2.2.3 Gestión de la I+D+i	_____	2.40
2.2.4 Sistema de Gestión del a I+D+i	_____	2.40
2.2.5 Aplicación de las normas	_____	2.41
2.2.5.1 Características de la aplicación de la Norma UNE 166:002	_____	2.41
2.2.5.2 Carcaterísticas del proceso de I+D+i	_____	2.42
2.3 Disposiciones Generales	_____	2.42

CAPITULO 3. Consideraciones Previas

3.1 El Titanio	3.1
3.1.1 Generalidades	3.1
3.1.2 Propiedades del Titanio	3.2
3.1.3 El Titanio y sus aleaciones	3.3
3.1.4 Metalurgia	3.4
3.1.5 Efecto de los elementos de aleación	3.5
3.1.5.1 Aleaciones alfa	3.5
3.1.5.2 Aleaciones alfa-beta	3.5
3.1.5.3 Aleaciones beta	3.6
3.1.6 Aleación Ti6Al4V	3.6
3.2 Mecanizado	3.8
3.2.1 Mecanizado de materiales	3.8
3.2.1.1 Movimientos fundamentales en una máquina-herramienta	3.8
3.2.2 Clasificación de las máquinas-herramientas	3.10
3.2.3 Ángulos de Corte	3.10
3.2.4 Velocidad de Corte	3.11
3.2.5 Velocidad de Rotación	3.13
3.2.6 Fuerzas en el Corte	3.14
3.2.7 Máquinas Herramientas	3.14
3.2.7.1 El Torno	3.14
3.2.7.1.1 Herramientas del Torno	3.16
3.2.8 Mecanizado del Titanio	3.17
3.2.8.1 Torneado	3.18

3.2.8.2 Fresado	_____	3.18
3.2.8.3 Taladrado	_____	3.19
3.2.8.4 Aterrajado	_____	3.19
3.2.8.5 Rectificado	_____	3.19
3.2.8.6 Aserrado	_____	3.20
3.2.8.7 Corte mediante chorro de agua	_____	3.20
3.2.8.8 Mecanizado por descarga eléctrica	_____	3.20
3.2.8.9 Fresado Químico	_____	3.20
3.3 Necesidades	_____	3.21
3.3.1 Recursos necesarios	_____	3.21
3.3.2 Especificaciones	_____	3.25
3.3.2.1 Cortadora Metalográfica	_____	3.25
3.3.2.2 Embutidora	_____	3.30
3.3.2.3 Pulidora	_____	3.36
3.3.2.3.1 Productos Fungibles	_____	3.39
3.4 Objetivo	_____	3.49
3.4.1 Demanda de Titanio	_____	3.51
3.4.2 Metalurgia y microestructuras	_____	3.51

CAPITULO 4. Metodología

4.1 Metodología General	_____	4.1
4.1.1 Protocolo de Ensayo	_____	4.2
4.1.1.1 Selección de material y de las herramientas	_____	4.2
4.1.1.2 Preparación previa del material	_____	4.4

4.1.1.3 Identificación del material y de las herramientas	4.4
4.1.1.4 Preparación de la máquina	4.5
4.1.1.5 Preparación de la cámara de grabación	4.6
4.1.1.6 Mecanizado	4.7
4.1.1.7 Cambio de plaquita y recogida de viruta	4.7
4.1.1.8 Fotografiado y almacenaje de viruta	4.8
4.1.1.9 Limpieza de la máquina	4.8
4.1.2 Selección de la muestra	4.10
4.1.3 Desarrollo de la probeta	4.11
4.1.3.1 Protocolo de Embutición	4.11
4.1.3.1.1 Preparación de la muestra	4.12
4.1.3.1.2 Selección de resina	4.13
4.1.3.1.3 Activación de la máquina	4.16
4.1.3.1.4 Colocación de la muestra	4.16
4.1.3.1.5 Vertido y distribución de la resina	4.17
4.1.3.1.6 Selección de parámetros de la máquina	4.18
4.1.3.1.7 Extracción de la muestra	4.19
4.1.3.1.8 Limpieza de la rebaba	4.19
4.1.3.1.9 Instrucciones para encapsulado en frío	4.20
4.1.3.2 Protocolo de preparación mecánica	4.24
4.1.3.2.1 Selección de metodología	4.25
4.1.3.2.2 Preparación y activación de la máquina	4.26
4.1.3.2.3 Preparación de parámetros	4.27
4.1.3.2.4 Colocación de discos de esmerilado	4.28
4.1.3.2.5 Colocación de paños de pulido	4.29

4.1.3.2.6 Dosificación	_____	4.30
4.1.4 Protocolo de Revelado/Ataque Químico	_____	4.31
4.1.5 Protocolo de Caracterización	_____	4.32
4.1.6 Protocolo de Medición	_____	4.35
4.1.6.1 Proceso de Calibración	_____	4.38
4.1.6.2 Proceso de Medida	_____	4.40

CAPITULO 5. Validación

5.1 Ejemplo de Aplicación	_____	5.1
5.1.1 Ensayo	_____	5.1
5.1.2 Embutición/Encapsulado	_____	5.5
5.1.3 Preparación Mecánica	_____	5.6
5.1.4 Ataque Químico	_____	5.9
5.1.5 Caracterización	_____	5.9
5.1.6 Mediciones y Resultados	_____	5.11

CAPITULO 6. Conclusiones

CAPITULO 7. Bibliografía

CAPITULO 1. Introducción

En la actualidad es imposible hablar de una empresa con calidad reconocida a nivel de investigación y tecnología sin que esta cuente con un sistema de gestión propio y correcto como lo es el descrito en la Norma UNE 166:002, es por esto que este proyecto se realiza y desarrolla primeramente dentro de un contexto de un sistema de gestión de I+D+i previa y debidamente implantado.

Cada día más existen y se crean empresas que prestan servicios de investigación y desarrollo tecnológico gracias a la importancia de estos dos factores en el acontecer mundial actual, y un porcentaje de estos trabajos de investigación se otorga al área de Ingeniería y en específico al área de materiales tomando en cuenta su importancia en los procesos de fabricación.

En los últimos años el uso del Titanio y sus aleaciones han ido en aumento en una gran variedad de aplicaciones que va desde la biomédica a la industria aeronáutica, esto se debe a sus propiedades como la elevada resistencia mecánica, su bajo módulo de elasticidad, resistencia a la corrosión y su biocompatibilidad. El Titanio ha logrado remplazar a otros materiales como aceros inoxidables y aluminio ya que es altamente resistente y tratable con calor en su mayoría en aplicaciones aeroespaciales.

La industria Aeronáutica, la cual es de gran interés en el área geográfica a la que pertenece la bahía de Cádiz, tomando en cuenta la importancia del Titanio mencionada anteriormente, requiere de trabajos de investigación relacionados con el mismo a manera de conocer el material y sus propiedades a la hora de trabajar con él ya sea por mecanizado u otros procesos, para que se pueda trabajar eficientemente con el, en la construcción y diseño de los componentes que se han desarrollado al día de hoy con aleaciones de Ti.

De esta manera se hace necesario con objetivos de investigación así como de desarrollo tecnológico desarrollar metodologías que ayuden al investigador a aumentar la eficiencia de los procesos para lograr mejores resultados, en este caso particular, incorporar una metodología para el análisis de Ti con diferentes parámetros de mecanizado.

Es por esto que el presente proyecto presenta una propuesta para incorporar una metodología de análisis de muestras metalográficas de aleación de Ti dentro de un sistema de gestión de la I+D+i ya existente dentro de la empresa, esta metodología se valida por medio de un ejemplo de aplicación que comprueba que los protocolos están diseñados de manera eficiente y efectiva dentro y logran su objetivo.

CAPITULO 2. Contexto

2.1 Situación Inicial de la empresa

2.1.1 Definición y Generalidades

La empresa SikaMet S.A es una empresa ficticia, que se sitúa en la Bahía de Cádiz.

La empresa desarrolla proyectos destinados a satisfacer necesidades relacionados con la industria aeronáutica de la forma más variada. Algunos de estos proyectos, consisten en operaciones de mecanizado en seco en la industria aeronáutica. Otros, consisten en someter a pruebas de torneado a diferentes aleaciones de aluminio y titanio con diferentes parámetros de mecanizado para compararlos y realizar un estudio de optimización en función del tiempo y calidad de mecanizado.



Figura 2.1 Área ocupada por SikaMet, S.A en el polígono industrial “El Trocadero”

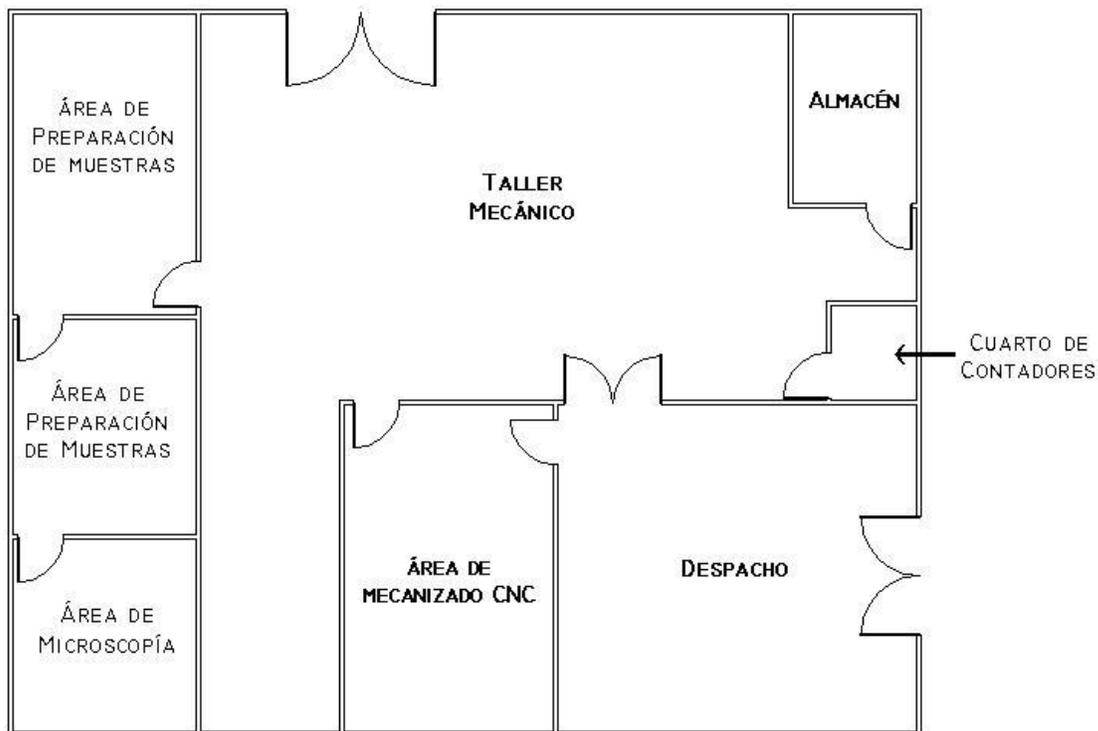


Figura 2.2. Laboratorio de Ingeniería de Procesos de Fabricación en SikaMet, S.A.

2.1.2 Actividades

La empresa se crea en principio como un centro de mecanizado de piezas de aleaciones ligeras como aluminio y titanio para satisfacer principalmente las necesidades de la industria aeronáutica en la bahía de Cádiz.

Debido al aumento de líneas de trabajo por parte de las empresas vinculadas al sector aeroespacial, así como el desarrollo de las comunicaciones con otras zonas de Andalucía que también se ven beneficiadas de la industria aeronáutica, la empresa aumenta sus líneas de actuación a todo el territorio autonómico, consiguiendo un gran número de contratos anuales.

SikaMet S.A cuenta con un sistema de gestión de la I+D+i previamente implantado, el cual ha mantenido a la empresa con un buen nivel de competencia con otras empresas de la misma línea.

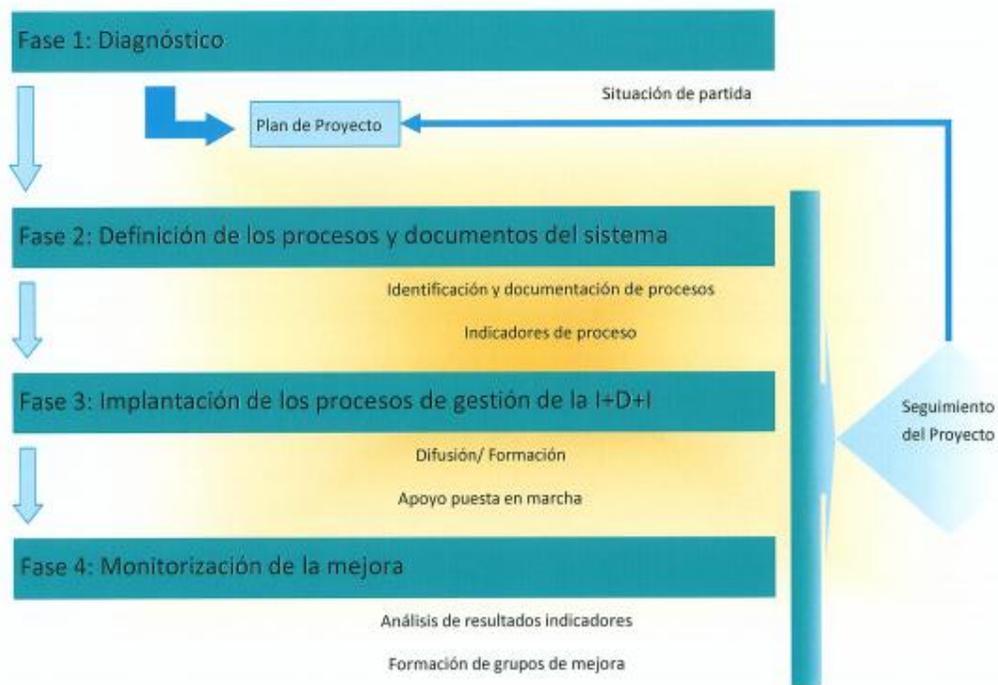


Figura 2.3. Programa de Implantación de un sistema de gestión de la I+D+i ya realizado.

Los procesos de la I+D+i en el laboratorio de ingeniería de los procesos de fabricación de SikaMet S.A se encuentran sistematizados y organizados por el sistema de gestión existente, logrando optimizar dichos procesos por medio de metodologías, de esta manera:



Figura 2.4. Metodología del proceso.

2.1.3 Sistema de Gestión I+D+i

Basados en la Política de I+D+i con la que cuenta la empresa se tiene como tarea mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión y verificar el cumplimiento de los y los Objetivos de I+D+i que en un comienzo son los siguientes:



Figura 2.5. Resumen de Objetivos de la I+D+i.

- Asegurar el aprovechamiento de la creatividad interna y de las capacidades de los empleados como forma sustancial de mejora de la organización al completo.
- Conseguir la certificación del sistema de gestión de I+D+i por un organismo acreditado para tal fin, para ser conocida frente a la competencia como una

empresa con capacidad de innovación tecnológica y adquirir excelencia empresarial.

- Ofrecer la capacidad investigadora a posibles clientes que requieran de los servicios SikaMet S.A para realizar sus proyectos.
- Desarrollar y optimizar los procesos y tecnologías de mecanizado de aleaciones ligeras, así como del estudio de materiales, mejorando los procesos productivos actuales y creando otros nuevos.

2.1.3.1 Identificación de procesos y actividades de I+D+i

Dentro del sistema de gestión de I+D+i cobra especial relevancia el análisis de los procesos y actividades que se llevan a cabo, y que será necesario controlar. Por una parte, para el control se hace uso de las herramientas recogidas en la norma y que son de utilidad para gestionar las actividades, y por otra se analizan las actividades en sí, que se desarrollan desde la identificación de problemas hasta la transferencia de tecnología.

Cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma UNE 166002:2006, SikaMet S.A hará uso de las siguientes herramientas en la gestión de sus actividades de investigación:

Vigilancia tecnológica

Dentro de la industria en general, y de la del mecanizado y materiales en particular, las tecnologías no son un fin en sí mismo, sino una herramienta que puede ser determinante para la competitividad empresarial.

El enfoque que SikaMet S.A pretende es el análisis del sistema tecnológico que relaciona las nuevas tecnologías entre sí, formando parte de un todo. Las expectativas de la empresa analizan los avances tecnológicos en función de las relaciones que se establecen entre los parámetros grado de precisión/calidad de los acabados/ resistencia/ fiabilidad y costes de producción.

Mediante los procedimientos de vigilancia tecnológica la empresa pretende observar y analizar los desarrollos de las tecnologías de interés en relación con el mecanizado, y orientado especialmente al mecanizado de aleaciones de aluminio y titanio. Se buscará el análisis de herramientas que permitan mejorar los parámetros anteriormente reseñados, para aumentar la competitividad de la empresa con el sector.

Dentro de la empresa, serán las Unidades de Gestión de Calidad, y de I+D+i las que realicen esta tarea, identificando las necesidades de la empresa, en torno a las siguientes disciplinas, que se erigen como las más importantes y significativas:

- Simulación de procesos de fabricación.
- Detección y diagnóstico de fallos, mantenimiento predictivo.
- Diseño integrado de procesos y sistemas de control.
- Procesos de alto rendimiento: alta velocidad.
- Mecanizado en seco
- Sistemas flexibles, inteligentes y reconfigurables de fabricación.
- Desarrollo de sistemas basados en el conocimiento y de ayuda al diseño conceptual y a la toma de decisiones.
- Ensayos de evaluación de la calidad, seguridad y fiabilidad de productos finales.
- Desarrollo de conceptos y métodos de fabricación para procesos convencionales de conformado, corte y mecanizado, y no convencionales de electroerosión, hidroforming, sintetizado de metal, etc.
- Tratamientos y recubrimientos superficiales y térmicos.
- Integración, automatización y control avanzado de procesos.
- Análisis de técnicas avanzadas de unión.
- Análisis de nuevas arquitecturas para máquinas y medios de producción.

Los planes de actuación que establece el SikaMet S.A para la selección y obtención de esta información son:

- Consulta de literatura técnica.
- Asistencia a ferias, jornadas, mesas redondas, congresos y exposiciones contribuyendo además con la información propia en cada uno de ellos favoreciendo el intercambio de análisis y resultados.
- Selección de información de internet.
- Participar en reuniones sobre la posible evolución de programas o actividades.
- Asistencia a seminarios sobre el estado del arte en tecnologías de interés y sobre situación de programas en marcha.

Para la agrupación de todos los datos de interés que se puedan recoger del análisis de las tecnologías emergentes y por tanto, del uso de la herramienta de vigilancia tecnológica, el responsable de I+D+i y la unidad de Gestión de I+D+i elaboraran un documento interno que aportará en todo momento la situación del escenario tecnológico analizado mediante esta herramienta.

Previsión tecnológica

Esta herramienta es derivada de la vigilancia tecnológica y consistirá en la descripción de las expectativas lógicas de evolución basadas en los estudios de expertos en relación con

las actividades de interés para SikaMet S.A, investigadas con la ayuda de la herramienta de vigilancia tecnológica.

La empresa propone que se sometan a debate las posibilidades de desarrollo de las tecnologías contenidas en el documento interno.

Estos debates tendrán carácter anual, y en ellos se dispondrán los pros y contras de cada una de las tecnologías para tomar una decisión sobre el previsible desarrollo de las mismas y su posible adopción o implantación por parte de la empresa.

Creatividad

Con esta herramienta, SikaMet S.A pretende potenciar la capacidad creativa de la compañía mediante el desarrollo de métodos que aprovechen las ideas de cada uno de los integrantes del área de I+D+i.

Primero, hay que dar a conocer las ideas a nivel interno que surgieran en torno al desarrollo de las actividades de I+D+i.

Por otra parte, se promueve la creación de un foro de debate y de discusión de ideas en la red interna de comunicaciones (foro Web), donde se puedan dar sugerencias, y ahora además pueden participar con ideas en las decisiones de carácter investigador.

Además, se promoverán las charlas aclaratorias sobre el sistema de gestión y un programa de concienciación sobre la importancia de la creatividad en SikaMet S.A.

Se establecerán mesas redondas, de carácter anual, compartiendo análisis y experiencias con colaboradores directos entre los que pueden encontrarse clientes, proveedores, centros de desarrollo tecnológico, etc.

Como herramienta básica de fomento de la creatividad, SikaMet S.A elige la técnica denominada "listado de atributos", ya que está considerada como una técnica ideal para la generación de nuevos productos. También puede ser usada en la mejora de servicios o utilidades de productos ya existentes, que es la parte de interés para la entidad.

La técnica consiste en la realización de un listado de las características o de los atributos del producto o servicio que se quiere mejorar para, posteriormente, explorar nuevas vías que permitan cambiar la función o mejorar cada uno de esos atributos.

Análisis externo e interno

El análisis de las nuevas ideas se completará finalmente con la comparación de estas con los entornos interno y externo de la empresa.

En relación al análisis externo, la empresa entiende que en la política de I+D+i se presta especial atención a los tres ejes de mercado-clientes, producto-funcionalidad y tecnologías necesarias. El riesgo en el acceso al negocio se verá aumentado en mayor medida según éste requiera hacerse con nuevos proyectos, definir nuevos productos y acceder a tecnologías nuevas.

La alta dirección valora en cada caso las opciones y necesidades presentadas por la unidad de I+D+i en conjunción con la unidad de gestión de I+D+i.

En el caso de que fuera necesario acceder a tecnologías nuevas se tendrá especialmente en cuenta la madurez del mercado para la incorporación de esa tecnología, el análisis de historias previas de esa tecnología, y la valoración del cliente frente a las opciones que presentan los productos aportados por las nuevas tecnologías.

Por otra parte, si se trata del desarrollo de un nuevo proceso o su mejora, se hará un análisis de mercado en el que se tendrán en cuenta aspectos como: comparar la situación del proceso y analizar factores a mejorar que proporcionen ventajas considerables.

En relación al análisis interno, la organización debe realizar un análisis exhaustivo tanto de los recursos humanos como de los materiales. También tendrá que inventariar los activos tecnológicos y el capital humano.

Para realizar el inventariado de los recursos humanos, este deberá ir más allá de la simple relación de conocimientos de los individuos e incluir aspectos relacionados con las habilidades y potencialidades. En este caso el sistema de gestión de I+D+i aprovechará la base de datos de sus empleados para consultar los que fueran necesarios en relación a esta herramienta.

Por otra parte, el análisis realizado en apartados anteriores, sirve para determinar las tecnologías genéricas que domina la empresa, sus expectativas, el potencial tecnológico y las pasadas actuaciones en materia de I+D+i que sirven para un análisis interno bastante completo.

El análisis conjunto de todos estos datos, y la aplicación conjunta de las herramientas de análisis interno y externo, llevan a la empresa a mantener la estructura organizativa que poseía anteriormente, ya que se considera que esta estructura posibilita y asegura la comunicación eficaz entre los diferentes elementos de la estructura, y promueve el desarrollo de ideas innovadoras, si bien se crearán algunas puestos de trabajo para satisfacer las necesidades que surjan.

Una vez establecidos las herramientas que la empresa utiliza, Figura 3.21, así como algunas de las responsabilidades de las unidades de gestión de I+D+i y de la unidad de I+D+i, se reseñan a continuación las actividades sobre las cuales se hace uso de dichas

herramientas, que se definirán completamente cuando queden definidas las actividades que realizará cada una.

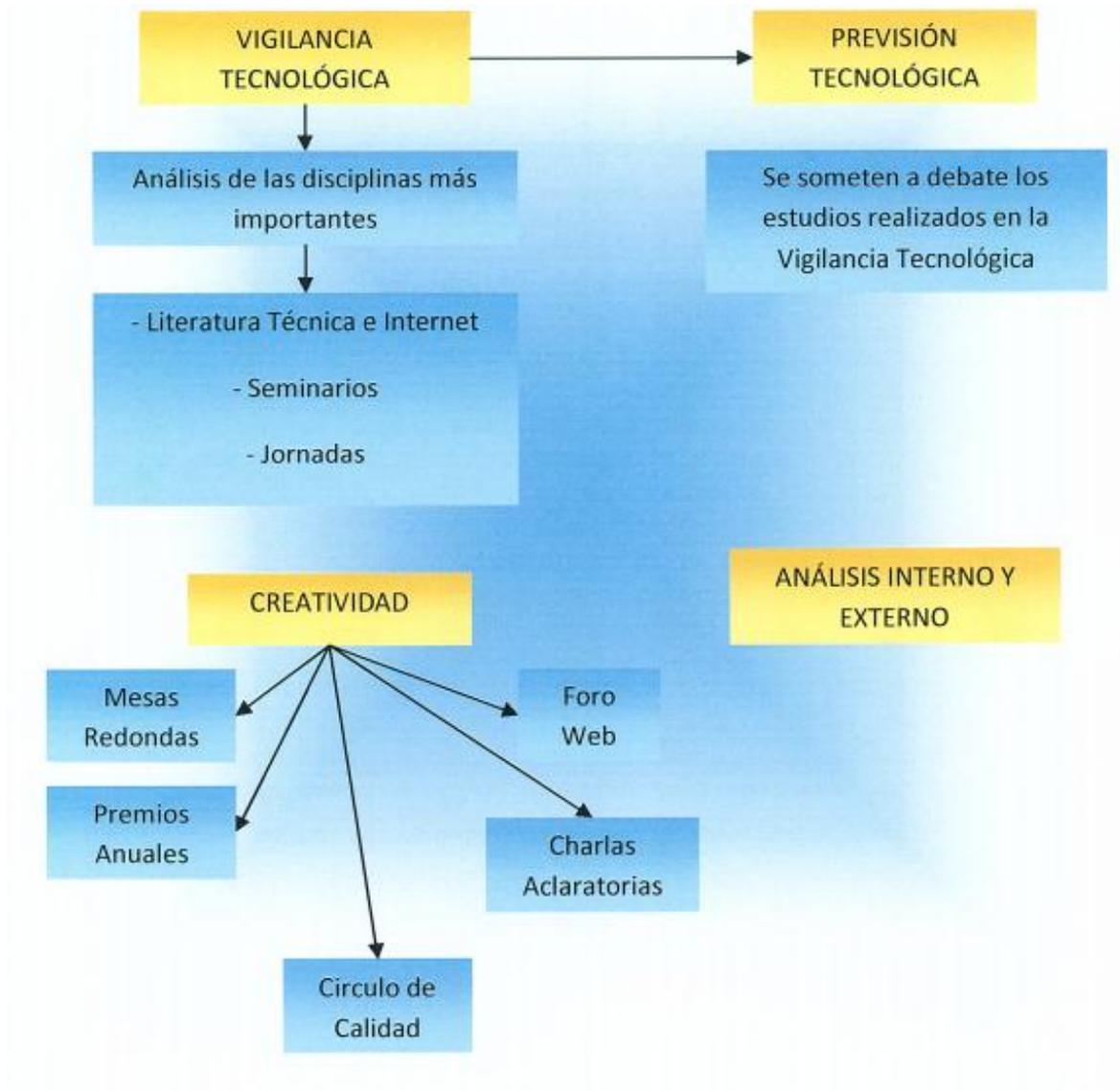


Figura 2.6. Aplicación de las herramientas de I+D+i

2.1.3.1.1 Identificación y análisis de problemas y oportunidades

El Laboratorio considera la identificación y el análisis de problemas y oportunidades de especial interés, para evaluar el atractivo tecnológico que presenten las oportunidades de acceso a determinadas tecnologías. Se consideran importantes aspectos como:

- El potencial para cambiar las posiciones competitivas y los riesgos que supone el cambio.

- La probable evolución de la tecnología y gama de aplicaciones, así como la estimación de coste expresado en términos de gastos de I+D+i y otros recursos productivos.
- El número de competidores que usarán la tecnología.

La Unidad de Gestión de I+D+i elabora fichas para inventariar y evaluar la cartera de tecnologías actuales y deseables.

Además, la organización adopta dos herramientas fundamentales para el análisis y la identificación de ideas y oportunidades.

Para el análisis, la organización es partidaria de la implantación del método de la generación de escenarios, que consiste en organizar la información sobre distintas posibilidades de futuro en visiones o imágenes, cuya probabilidad de realización sea alta.

Los escenarios deben contener visiones coherentes de posibilidades futuras y estar compuesto por una combinación de componentes cuantificables y no cuantificables.

El procedimiento comprende una serie de pasos que se encadenan lógicamente:

- - Construcción de la base. Se aíslan las variables esenciales (externas e internas) del sistema, a través de un análisis que incluye:
 - Un análisis retrospectivo, que apunta a definir las invariantes del sistema y sus tendencias pesadas.
 - Un análisis de la situación actual, que permita identificar los cambios de futuro.
- - Construcción de escenarios. Se construyen los escenarios sobre la base de la evolución previsible del sistema estudiado, teniendo en cuenta dos aspectos:

La evolución más probable de las variables clave.

La construcción de hipótesis sobre el comportamiento de los agentes.

De los escenarios se elige el futurible y se cuantifica, utilizando técnicas clásicas de previsión (extrapolación, indicadores correlacionados, modelos causales, estadísticos...).

A partir del futurible se deducen las acciones estratégicas a emprender prioritariamente y se construyen planes de acción

Para la identificación la empresa opta por la elaboración de diagramas DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) que pongan de manifiesto la situación actual en que se encuentre la organización, tanto a nivel interno (fortalezas, debilidades), como a nivel externo (amenazas, oportunidades).

Las tecnologías de interés para la empresa giraran en torno a nuevos centros de mecanizado, nuevas composiciones de materiales, desarrollos que permitan mejores procesos de fabricación, análisis de probetas y muestras y algunas tecnologías relacionadas con la información y la gestión de la documentación.

El resultado del proceso de análisis de problemas y oportunidades es la obtención por parte de la organización de una cartera de tecnologías atractivas para la empresa que refleja el adecuado compromiso entre riesgo y beneficio, entre estabilidad y crecimiento.

Tabla 2.1. Matriz DAFO Laboratorio.

<p><u>Debilidades</u></p> <p>Infraestructuras mal localizadas</p> <p>Decisiones estratégicas</p> <p>Estabilización laboral del personal</p>	<p><u>Amenazas</u></p> <p>Deslocalización de las multinacionales</p> <p>Inestabilidad de los presupuestos de I+D+i de nuestros clientes.</p>
<p><u>Fortalezas</u></p> <p>Personal</p> <p>Formación</p> <p>Know-How</p> <p>Ventaja competitiva en plazo de entrega, coste y calidad.</p>	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Aumento de la demanda de clientes ya existentes en el mercado.</p> <p>Incorporación de nuevas tecnologías.</p> <p>Consolidación y mantenimiento de las ventajas competitivas.</p>

2.1.3.1.2 Análisis y selección de ideas de I+D+i

La unidad de gestión de I+D+i gestiona el conjunto de las ideas en relación a I+D+i que puedan haberse obtenido hasta el momento. Para sistematizar la tarea de generación, análisis y selección de ideas de I+D+i la unidad de gestión establece una metodología dividida en dos evaluaciones:

La *primera evaluación* someterá a las ideas a un filtro, en el que se analizará su grado de acomodación frente a los objetivos de la empresa, viendo si se cumplen las siguientes condiciones:

- Si trata de desarrollar procesos en crecimiento y abandonar procesos que puedan caer en desuso o queden obsoletos en un breve espacio de tiempo.
- Si provocan cambios en la disponibilidad estratégica de recursos humanos o materiales.
- Si se acomodan a la situación de cash-flow adoptada por la estrategia.
- Sí distorsionan la disponibilidad de recursos financieros.
- Si podrán ajustarse a una política de rendimientos a corto o largo plazo.
- Si supondría un cambio en los mercados objetivo de la estrategia.

La *segunda evaluación* se realizaría en torno a los factores ponderados que establezca la unidad de gestión de I+D+i, que recogerán aspectos relativos a todos los departamentos de la empresa:

I+D+i

Tiempos de desarrollo.
Coste de desarrollo.
Personal y equipamiento necesario.
Situación de estado del arte.

Marketing

Capacidad de los servicios actuales
Efectos sobre los productos actuales

Financiero

Capital requerido en equipamiento
Efecto en el Cash-Flow
Tasa de telonio de la inversión

Producción

Familiaridad con los procesos de producción requeridos
Disponibilidad de equipamiento
Disponibilidad de material base

Morro legislativo y reglamentario

Situación de patentes y licencias

Este análisis de ideas sirve como filtro previo para conseguir una selección más detallada antes de concretar la cartera de proyectos.

2.1.3.1.3 Planificación, seguimiento y control de la cartera de proyectos

Una vez identificadas las ideas que dan lugar a I+D+i, la organización establece una serie de actuaciones de control y coordinación que culmina en la definición de un objetivo o proyecto.

Para la transformación de la idea en uno o varios proyectos, se utilizan criterios de selección. Con esta selección la organización consigue que a posteriori exista una definición de la cartera de proyectos.

SikaMet S.A define un protocolo interno de selección, en el cual se exponen los criterios para seleccionar los proyectos. Mediante este protocolo de selección, teniendo en cuenta una serie de requisitos ponderados, se desechan los proyectos que no tengan un especial interés para la empresa.

Una vez seleccionados los proyectos, se estudiaría de manera independiente el enfoque que habría que darle para la consecución de los objetivos, los cuales serían individuales para cada proyecto, si bien podrían destacarse o tomarse como referencia objetivos y resultados de proyectos precedentes.

Por último se establecen las herramientas de control de tiempos mediante estudios establecidos con "diagramas de Gant" o "Pert", los cuales ayudan a definir los hitos de los proyectos y mantener el control de la cartera de proyectos.

2.1.3.1.4 Transferencia de tecnología

Una vez que la empresa ha identificado y evaluado la cartera de tecnologías, y el saber hacer con el que cuenta, además de las tecnologías deseables, la organización debe determinar que tecnologías pueden ser transferibles y su situación respecto a la propiedad intelectual e industrial y definir la política de transferencias.

La Alta Dirección entiende que la política de transferencia de tecnología se establecerá en colaboraciones de tipo proveedor-cliente mediante proyectos y entre organismos de investigación. Las gestiones pertinentes a las Transferencia de tecnología se harán directamente con la Oficina de transferencia de Resultados de Investigación (OTRI).

Para la transferencia de resultados de investigación será el responsable de I+D+i quien, además de mantener al día los supuestos anteriores, se encargará de que esta se lleve a cabo a través de la OTRI. Además, la OTRI servirá de soporte para los casos en que la empresa tenga necesidades tecnológicas que ya hayan sido resueltas por otra entidad, facilitando la información necesaria del titular de la tecnología.

En líneas generales la tipología de los acuerdos que se desea se establezcan en relación con la transferencia de tecnología son:

- Servicios de formación. Se realizarán conferencias para actualizar los conocimientos técnicos y reorientar al personal. Entre otras funciones, la Unidad de gestión de I+D+i tiene la posibilidad de intercalar etapas de formación en los estudios de los alumnos universitarios, en busca de posibles aspirantes que puedan formar parte del laboratorio en un futuro.
- Servicios de investigación. La empresa cuenta con organismos que permiten la gestión de proyectos de colaboración con empresas y con universidades. De esta forma la gestión de la cooperación en términos económicos y administrativos queda fuera del ámbito de este proyecto.

2.1.3.1.5 Producto de I+D+i

Una vez que el Laboratorio decida llevar a cabo un proceso de I+D+i tomando la iniciativa en el seno de una decisión estratégica, orientada a obtener alguna ventaja competitiva, se definirán las etapas o procesos en que tendrá que desarrollarse dicho proyecto, hasta la obtención de resultados.

Por lo general SikaMet S.A tiene una estrategia bien definida en lo referente al desarrollo de procesos para los clientes.

La estructura de los proyectos de I+D+i no está tan claramente definida. Por una parte no tiene por qué tratarse de una sistemática en la forma "diseño básico", "diseño detallado", "prueba piloto", etc ; sino que se busca flexibilizar los procedimientos. Por otra parte, los proyectos de I+D+i a los que pretende hacer frente la empresa no tienen que derivar en la fabricación de nuevos productos, sino en la búsqueda de mejoras sobre procesos de mecanizado existentes, que apoyen la actividad empresarial en forma de procesos más efectivos procedimientos más adecuados.

Por tanto el Laboratorio no se ceñirá a las líneas clásicas de desarrollo de productos como se recoge en la norma UNE 166002:2006, sino que desarrollará, cuando proceda, los convenientes para cada proceso.

En cualquier caso, y como por lo general las etapas de que constarán los proyectos de investigación sobre mecanizado serán similares en todos los proyectos a realizar, e irán interrelacionadas entre sí. Se puede diseñar un posible esquema general como el de la Figura:

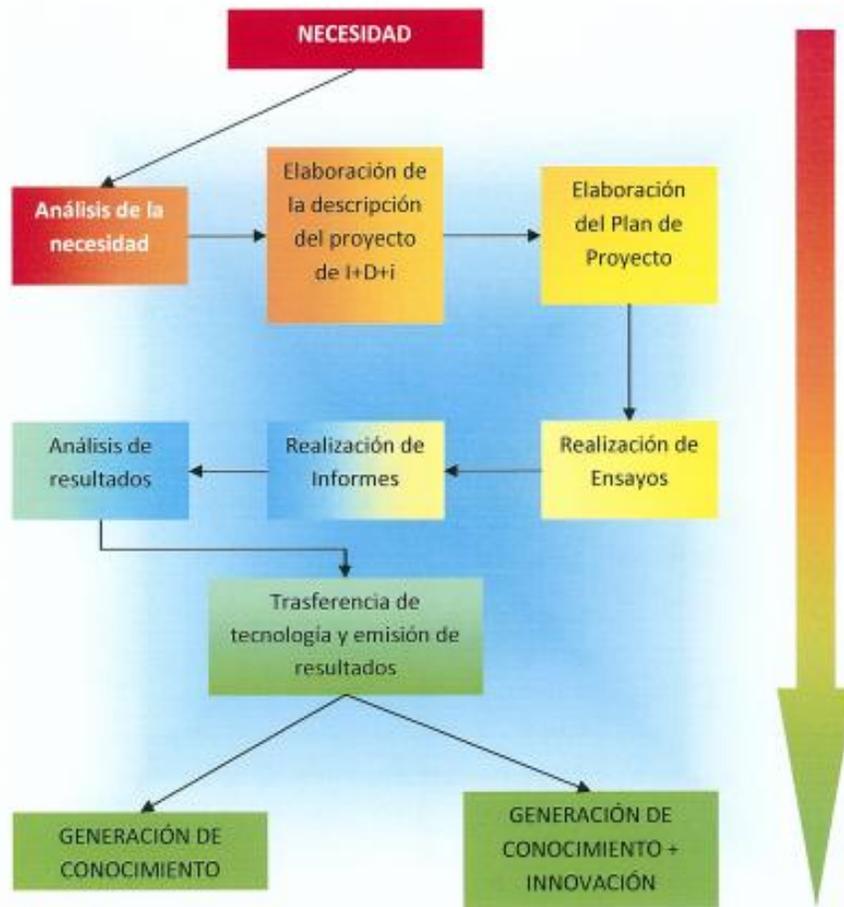


Figura 2.7. Esquema de un proceso de desarrollo de un producto I+D+i.

2.1.3.1.6 Resultados del proceso de I+D+i

Al finalizar los proyectos que lleve a cabo la empresa, los resultados se organizarán en dos vertientes: por un lado, puede conseguirse un incremento del conocimiento, unido al desarrollo de un proceso o sistema innovador; por otra parte, puede conseguirse simplemente un incremento del conocimiento.

De cualquier manera, la documentación que establece el Laboratorio para la especificación de los resultados estará formada por el informe de análisis de resultados, el informe de la innovación conseguida (en cada caso, cuando proceda). Serán elaborados por la unidad de Gestión de I+D+i solicitándose colaboración de la Unidad de I+D+i cuando fuera necesario, y dando parte al responsable de I+D+i para, en última instancia, conferir el carácter que corresponda a los resultados obtenidos.

Además, la organización dispone de una base de datos informatizada, en la cual se recogerán los resultados de la investigación, de manera que se dispongan los resultados

anteriormente mencionados en una base de datos que desarrolle el conocimiento de la empresa.

2.1.3.1.7 Protección y explotación de los resultados de las actividades de I+D+i

La OTRI es el organismo encargado de proteger los resultados de investigación.

La explotación de resultados va aparejada de las publicaciones y difusión de resultados mediante los resultados en congresos, artículos en revistas, posters, ponencias, mesas redondas, etc. tal y como se expuso en apartados anteriores.

2.1.3.2 Mapa de procesos

Aunque cada proyecto de I+D+i dispondrá de un proceso o sistema de ejecución individual es de utilidad aunar todas las disposiciones anteriores en un esquema-gráfico.

El conjunto de actividades de I+D+i que realiza el Laboratorio puede representarse de manera conjunta en un "Mapa de procesos", que permite observar las labores de cada actividad, y las relaciones que se establecen entre días.

Estos mapas de procesos también son útiles para determinar el valor añadido que posee el producto tras someter una entrada a determinadas actividades.

2.1.3.3 Documentación

Los documentos que integran la documentación de I+D+i de SikaMet S.A, serán de los siguientes tipos:

- Declaración de política de I+D+i. Se trata de un documento único en el que se expresan las necesidades y expectativas de la organización entorno al sistema. No tiene una designación concreta por tratarse de un documento único, y se estudiará su revisión al finalizar un periodo bianual, tras analizar la consecución de los objetivos propuestos para dicho periodo.
- Procedimiento. Su función es describir tareas y actividades interrelacionadas requeridos por el sistema de gestión de I+D+i.

Cada procedimiento o proceso dispondrá de su propio informe y documentación. Un ensayo de mecanizado dispondrá de un documento y un estudio o análisis de un material tendrá otro.

El procedimiento para un ensayo de mecanizado se recogerá en un informe que deberá contener los siguientes datos (según estudio):

- Fecha.
- Parámetros de mecanizado.
- Identificación de la herramienta.
- Fotografías del inicio, durante y final del mecanizado.
- Fuerzas de corte obtenidas.
- Macros realizadas en el microscopio.
- Gráfica de rugosidad, con el parámetro Ra.
- Referencia a la ubicación del txt de rugosidad.
- Referencia a la filmación del proyecto

Asimismo se verá acompañado de un código identificativo. En este caso tenemos:

El informe para procedimientos de materiales recoge los siguientes datos (según el estudio):

- Fecha.
- Imágenes sobre cortes realizados en la muestra.
- Imágenes sobre embutición de muestras.
- Imágenes sobre la preparación mecánica de la muestra.
- Observaciones en cada uno de los procesos.
- Análisis en el microscopio estereoscópico.
- Análisis metalográfico de la muestra.
- Aplicaciones y Software aplicado al estudio y análisis e imágenes del proceso.
- Comentarios finales
- Referencia a carpetas y archivos de recogida de datos

La elaboración de los procedimientos será responsabilidad de la alta dirección en colaboración con la Unidad de Gestión de I+D+i, la que estudiara la posibilidad de crear un nuevo procedimiento para cada proyecto, o referirse a uno anteriormente desarrollado, cuando las condiciones lo permitan.

La revisión de cada procedimiento se llevara a cabo antes de la aplicación de dicho procedimiento a un nuevo proyecto, y se realizará una evaluación del comportamiento de dicho procedimiento al finalizar el proyecto para el cual se asignó.

- Plan de proyecto. Una vez seleccionada la idea, se recogerá en este documento el plan de actuación a seguir para elaborar el proyecto en cuestión, sin ahondar en especificaciones ejecutivas. Tratará del estudio aproximado de tiempo para llevar a cabo el proyecto y de los medios

necesarios para su desarrollo. Además contendrán las especificaciones del proyecto en cuestión y las instrucciones de trabajo.

- Descripción de los proyectos de I+D+i. Son los documentos que expresan las necesidades impuestas por los clientes, los objetivos planteados y los medios que serán necesarios para la realización del proyecto.
- Instrucciones de trabajo. Son los documentos que especificarán para cada proyecto las tareas a realizar por la unidad de I+D+i.

Serán elaborados por la Unidad de Gestión de I+D+i y por la unidad de I+D+i, y deberá contener un "Mapa de procesos" en el que se recojan todas y cada una de las actividades a realizar durante el proceso de ejecución del proyecto.

- Fichas de tecnología de productos. Documentos con formato de ficha en el que se recogen datos de interés en relación al estudio de tecnologías deseables para la empresa. En ellas se valora la capacidad competitiva de la tecnología para su implantación en el desarrollo de un producto concreto, su situación en el ranking de las tecnologías y las tecnologías que puedan ser sustitutivas a ella.
- Informes de análisis de resultados. Son los documentos que sirven para informar al cliente de los resultados obtenidos en el proyecto que corresponda, así como los documentos que se archivarán posteriormente en la base de datos de resultados de la organización

El formato del informe no tiene por qué ser estricto, y por ello no se definen los formatos que hubiera que darle a los distintos soportes (CD, disco extraíble, etc.) que se entregarían al cliente con los resultados de la investigación. Éstos quedarán a criterio del responsable de cada proyecto, que podrá dar el formato que crea conveniente a cada soporte en cada proyecto en concreto.

Los informes serán sometidos a una revisión previa a la entrega al cliente por parte del responsable del área de I+D+i.

- Informes de auditorías internas. Servirán como memorias de las auditorías internas en torno a la mejora del sistema de gestión. En ellos se recogerán los aspectos relevantes y los aspectos a mejorar encontrados por el equipo auditor en el transcurso de la auditoría
- Registros. Son los documentos necesarios, establecidos para proporcionar evidencia de la conformidad del sistema con los requisitos así como de la operación eficaz del sistema de gestión de I+D+i.

2.1.3.4 Responsabilidad, autoridad y comunicación

La alta dirección de SikaMet S.A, para cumplir los requisitos de la norma UNE 166001:2006, y como herramienta fundamental del sistema de gestión, cuenta con una Unidad de Gestión de I+D+i y una Unidad de I+D+i.

De esta forma, la Unidad de Gestión de I+D+i gestiona el sistema de I+D+i y los proyectos de I+D+i propios o externos; y la segunda es la encargada de realizar las actividades de I+D+i que le sean asignadas, que consistirán básicamente en el desarrollo de los proyectos que correspondan en cada caso.

Se analizará en profundidad en este apartado la composición de cada una de las unidades y las actividades a realizar por las mismas.

Unidad de Gestión de I+D+i

La Unidad de Gestión de I+D+i utilizará las herramientas reseñadas en apartados anteriores para proponer proyectos, y para controlar explotar, proteger, medir y mejorar el proceso y los resultados.

Las actividades principales que realiza la Unidad se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Realización de la identificación y análisis de problemas y oportunidades, elaborando una cartera de tecnologías actuales y deseables. También hace uso del método de la generación de escenarios y la elaboración de diagramas DAFO.

- Se encarga del análisis y la selección de ideas. Gestiona el conjunto de ideas mediante la metodología de dos evaluaciones, y elabora el documento de contraste ideas-peso-argumentación.

- Elabora la cartera de proyectos. En este punto se establece una comunicación directa con la Unidad de I+D+i, que es la encargada de ejecutar los proyectos que se introduzcan en dicha cartera.

- Gestión de la transferencia de tecnología. Se realiza en relación a esta actividad los servicios de formación y además de la transferencia de resultados de investigaciones como publicaciones, artículos, pósters, etc. a través de los organismos especificados.

- Gestión del producto de I+D+i realizando la gestión documental de cada proyecto, facilitando a la Unidad de I+D+i la información relativa sobre los requisitos del cliente en cada proyecto en concreto, instrucciones de trabajo y descripciones de los proyectos. Se establece una colaboración entre las dos

unidades en este punto, pudiendo redirigir las actividades bajo la supervisión del responsable de I+D-i.

- Elaboración de los documentos que reflejen los resultados de cada proyecto de I+D+i, en colaboración con la información aportada con la Unidad de I+D+i, tales como el informe de análisis de resultados, el informe de la innovación conseguida y el informe de rentabilidad de gasto en I+D+i.

Unidad de I+D+i

Dentro del SikaMet S.A la Unidad de I+D+i utiliza las herramientas reseñadas en apartados anteriores para ejecutar los proyectos que le sean asignados, para generar conocimiento, documentación y desarrollar tecnologías nuevas u otras que impliquen mejoras en lo existente.

Se pueden agrupar las actividades que se llevarán a cabo de la siguiente forma:

- Ejecutar los proyectos que le sean asignados desde la Unidad de gestión de I+D+i, pudiendo modificar el plan de proyecto en colaboración esta, adaptando el proyecto a los recursos disponibles del laboratorio.

- Mantenimiento de reuniones con los agentes interesados en los proyectos en ejecución analizando su evolución, para identificar avances, problemas y soluciones.

- Colaboración con la Unidad de Gestión de I+D+i en las materias que se erijan como necesarias en la consecución de cada proyecto.

- Ejercer autoridad sobre los procesos productivos de la empresa en relación con las mejoras que puedan surgir como consecuencia de proyectos que se elaboren sobre tecnologías de fabricación implantadas en el laboratorio.

- Emitir los documentos que correspondan y colaborar con Unidad de Gestión de I+D+i en la elaboración de los documentos de emisión de resultados que sean necesarios para la correcta disposición de los resultados de los proyectos.

La Unidad de Gestión de I+D+i, es conformada por cinco integrantes: El responsable de investigación y desarrollo, El ingeniero Jefe de investigación y desarrollo, los dos Técnicos para desarrollo y análisis de resultados, tanto de mecanizado como de metrología, y el responsable de documentación, se puede observar en la Figura 2.8. El reparto de responsabilidades, cubriendo las actividades reseñadas anteriormente, se establecería del siguiente modo:

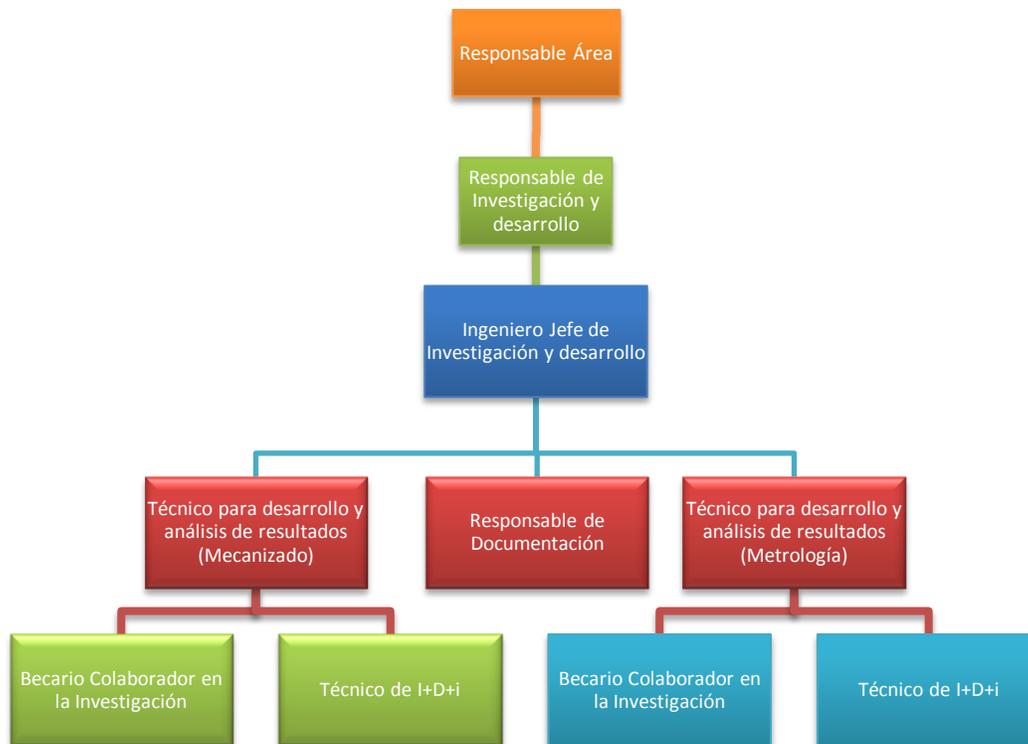


Figura 2.8. Estructura de I+D+i de Laboratorio de SikaMet S.A.

- La realización de la identificación y análisis de problemas y oportunidades se reparte entre los tres responsables de la unidad.
- La vigilancia tecnológica la realiza el responsable ante la dirección y, cuando este lo requiera, el Ingeniero Jefe. Infiuye en el análisis y selección de ideas, definiendo las direcciones que deberán tomar éstas en función con las tecnologías en desarrollo y vigilancia.
- El análisis y la selección de ideas se realiza entre los tres responsables bajo la supervisión del responsable ante la dirección.
- La elaboración de la cartera de proyectos se realiza entre los tres responsables bajo la supervisión del responsable ante la dirección.
- La gestión de la transferencia de tecnología la realiza exclusivamente el responsable ante la dirección.
- La gestión del producto de I+D+i la realizan los tres responsables del área.
- La elaboración de los documentos que reflejen los resultados de cada proyecto de I+D+i es competencia exclusiva de los Técnicos de análisis, en colaboración con la unidad de I+D+i.

- La responsabilidad de protección y explotación de los resultados recae sobre el responsable ante la dirección y el Ingeniero Jefe de investigación y desarrollo.

- La elaboración de cualquier tipo de documento, o la reseña documentada de cualquiera de las actividades anteriores, pasa por la supervisión y aprobación del responsable de documentación, cuyo cometido es mantener una homogeneidad en los documentos y presentar los documentos ante el responsable de I+D+i y en su caso, ante la alta dirección.

De esta forma se consigue un reparto equitativo de las actividades a realizar por la unidad de Gestión de I+D+i

Por su parte, la Unidad de I+D+i estaría integrada por los dos técnicos de nueva contratación y los dos becarios-alumnos de colaboración, repartiéndose las actividades y responsabilidades que corresponde a la unidad de manera equitativa: ejecución de proyectos y mantenimiento de reuniones. Para establecer este reparto se propone que existe un solapamiento entre la unidad de gestión de I+D+i y la Unidad de I+D+i, de forma que los técnicos para desarrollo y análisis de resultado formasen parte de ambas unidades. Esto no supondría un aumento en sus responsabilidades más que el hecho de responsabilizarse del reparto de las actividades que fuera necesario realizar exclusivamente para la realización de los proyectos.

De esta forma se conseguiría un intercambio fluido de información entre las dos unidades con menor posibilidad de pérdidas de datos y de errores por interpretaciones erróneas, así como la constitución de una gestión de I+D+i más sólida.

El mantenimiento de las reuniones con las partes interesadas sería labor de los técnicos investigadores en el área de correspondiente interés, y la elaboración de los documentos, que se realizaría de forma común con la Unidad de Gestión de I+D+i, sería competencia de los 4 técnicos. La estructura es la siguiente representada en la Figura 2.9

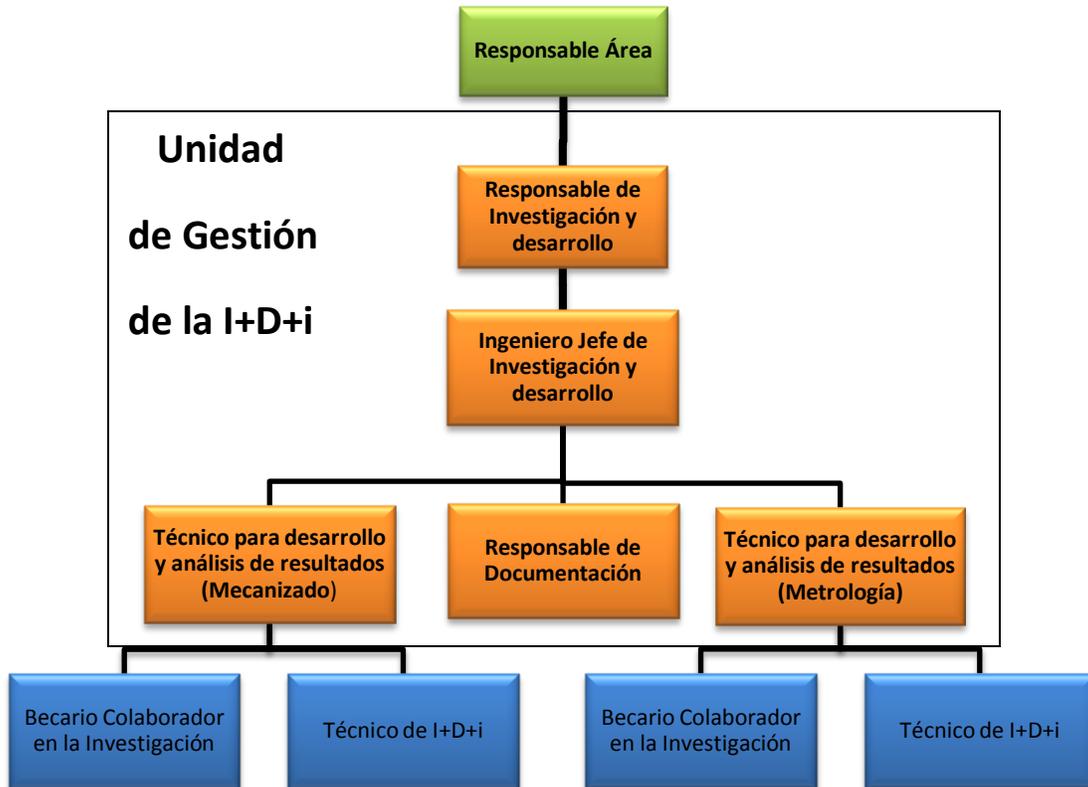


Figura 2.9. Composición de Unidad de Gestión de I+D+i.

A modo de composición global, se resume en la Figura 3.25 la estructura que alcanzaría el sistema con las nuevas contrataciones, especificando la composición de cada unidad, las responsabilidades que les corresponden y los solapamientos concebidos por la organización para establecer una gestión de I+D+i más sólida, fluida y completa

Como representante de la dirección se erige el Responsable de Actividades de I+D+i, que además forma parte de actividades incluidas dentro de las específicas de la alta dirección y del grupo de mejora continua de la empresa.

Además de la comunicación entre unidades, que será fluida por lo comentado anteriormente, el SikaMet S.A establece un sistema de información a la alta dirección, reflejado en un procedimiento mediante el cual se consigue mantener al día a la misma y hacerla partícipe de las decisiones que se tomen en las dos unidades.

Por otra parte, la organización establece un procedimiento necesario para la ejecución de proyectos, en el cual se reseñan las directrices a seguir dentro de cada uno de los proyectos que se vayan a llevar a cabo, si bien estas directrices se podrán flexibilizar y adaptarse en función del proyecto a realizar. Se incluyen en ese procedimiento los

informes con su formato establecido sí bien, de la misma forma que las directrices se pueden flexibilizar, y los informes de análisis de resultados no tendrán por qué estar sujetos a este formato de manera inamovible, aunque se considera una buena opción que el personal se ciña a ellos para elaborar una imagen corporativa más sólida.

Para un sólido establecimiento de las unidades, se cuenta con una política de control financiero en I+D+i, reflejada en un procedimiento de análisis financiero en el cual se incluyen las responsabilidades en cuestiones financieras dentro de la Unidad de Gestión de I+D+i y los requisitos económicos para la elaboración de los proyectos.

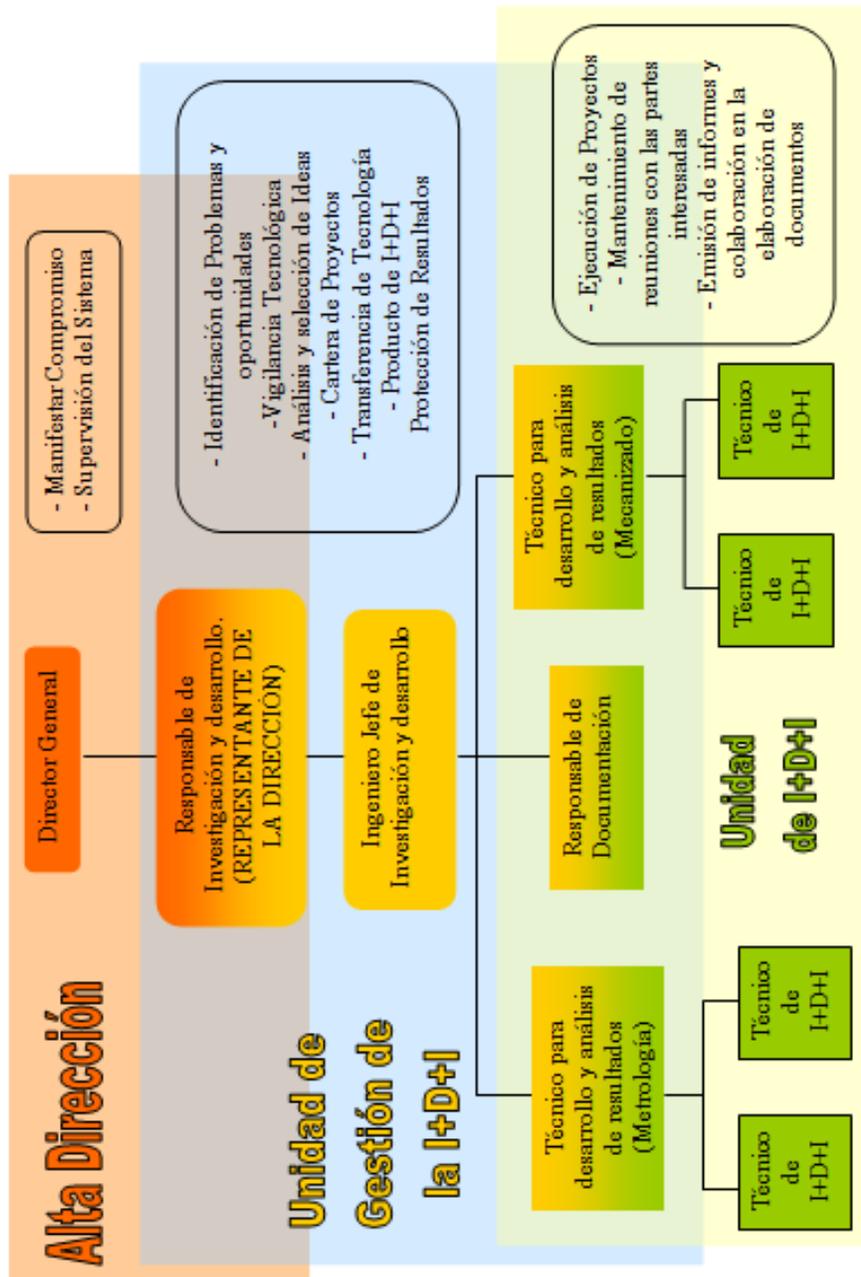


Figura 2.10. Estructura de las unidades y resumen de responsabilidades.

Por último, en relación a las necesidades de comunicación interna, el solapamiento de las unidades, el entorno de trabajo cerrado y en continua comunicación, el procedimiento de comunicación a la alta dirección, el procedimiento para la elaboración de proyectos, las instrucciones de trabajo y demás documentos reseñados anteriormente y elaborados por ambas unidades, suponen un grueso suficiente para que la comunicación interna sea fluida dentro del área de I+D+i y de la organización en general. Además se utilizará la intranet, correo electrónico y discos duros internos que dispone la organización para hacer estos recursos más disponibles si cabe.

2.1.4 Medición, análisis y mejora

Se presentan a continuación los procesos y procedimientos orientados al análisis, la medición del sistema, al análisis de propuestas de mejora así como los medios para que esta se lleven a cabo, y a la implantación de sistemas que permitan someter al istmo de gestión a revisiones periódicas que mejoran continuamente su eficacia.

2.1.4.1 Generalidades

Para cumplir los requisitos propuestos por la norma UNE 166002:2006, la organización considera necesario controlar la ejecución de las actividades de I+D+i y el sistema de gestión de I+D+i. Para ello ejecutara una serie de medidas destinadas al seguimiento y medición del proceso de I+D+i y sus actividades, al seguimiento y medición de los resultados del proceso de I+D+i al control de los resultados y al análisis de datos, y desarrollara un procedimiento que permita realizar auditorías internas, todo ello para completar el proceso de mejora

Además se hará uso de las actividades reseñadas para medir la satisfacción de las partes en el proceso de I+D+i.

2.1.4.2 Auditorías internas

Para determinar si el sistema de gestión de I+D+i es conforme con las disposiciones planificadas, con los requisitos normalizados y con los requisitos del sistema de gestión de I+D+i establecidos por la organización, y se ha implantado y se mantiene de manera eficaz, el laboratorio de SikaMet S.A elabora un procedimiento de auditoría interna en el que se reseñan ampliamente las responsabilidades y requisitos para la planificación y la realización de auditorías, para informar de los resultados y mantener los registros. En ella se definen además los criterios de auditoría, el alcance de la misma, su frecuencia y metodología

2.1.4.3 Seguimiento y medición del proceso de I+D+i

Mediante el seguimiento y medición del proceso de I+D+i del Laboratorio, que será realizado por la alta dirección, se persigue estudiar y demostrar la capacidad de las actividades de I+D+i para alcanzar los resultados previstos. Forma parte del seguimiento y medición la realización de auditorías internas, entre otras herramientas, además de las contentadas ampliamente en apartados anteriores

Los criterios por los que se rige la medición del sistema de gestión de la calidad, mediante los cuales se pondera la contribución de los procesos a la eficacia del sistema de gestión de I+D+i son:

Tabla 2.2. Criterios de medición del sistema.

ENTRADAS	ACTIVIDADES	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Informe de los resultados de la evaluación de servicio. • Informe de resultados de auditorías internas. • Informe de análisis de resultados y de gastos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. De manera trimestral se solicita a los responsables del desarrollo de los procesos del Sistema de Gestión de I+D+i los informes relativos al desarrollo de sus procesos. 2. Se requiere la información correspondiente a los procesos de evaluación de los servicios, resultados de auditorías internas, y demás informes de utilidad para el proceso. 3. Una vez referidos los insumos referenciados en la sección de entradas el Director del Área realiza la integración y preparación del proyecto de informe los resultados del seguimiento y la medición del sistema de gestión de I+D+i a partir de los criterios definidos anteriormente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de los resultados del seguimiento y medición del proceso de I+D+i.

<p>•Herramientas dispuestas por la norma UNE 166002:2006.</p>	<p>4. Se envía para su conocimiento y opinión al Responsable de I+D+i para que en un plazo máximo de cinco días hábiles se apliquen los comentarios u observaciones pertinentes.</p> <p>5. Una vez transcurridos los cinco días hábiles mencionados anteriormente, se integra la versión final del informe de los resultados del Seguimiento y Medición del proceso de I+D+i del Laboratorio.</p> <p>6. Se crea un registro para su consulta y evidencia.</p>	
---	---	--

Sí tras el análisis del sistema se obtiene fallos, o se observasen deficiencias en los objetivos a cumplir, la alta dirección podrá someter a auditoria extraordinaria al área que presente deficiencias, y tomar las medidas que considere oportunas para la corrección de dichas deficiencias, amparándose en el procedimiento de acciones correctivas, preventivos y de mejora.

2.1.4.4 Control de las desviaciones en los resultados esperados

Para el seguimiento y control de las desviaciones de los resultados esperados, la empresa dispone de un fondo documental formado por los documentos que se han nombrado en apartados anteriores y que se utilizarán en las reuniones de seguimiento que sean necesarias para realizar dicho control.

Para la gestión de los documentos la alta dirección dispone de las ayuda prestadas por el responsable de documentación, el responsable de comunicaciones internas y, más directamente, el responsable de I+D+i.

2.1.4.5 Análisis de datos

Con carácter trimestral, el director podrá convocar a la alta dirección y al responsable de I+D+i para analizar los datos obtenidos mediante los informes, ya sean de las auditorías internas, o de otros medios de información.

Mediante estos análisis la alta dirección determinara:

- a) La satisfacción de las partes interesadas.
- b) La conformidad con los requisitos del proceso de I+D+i.
- c) Las características y las tendencias del proceso de I+D+i y de sus resultados.

Se tomarán las medidas que sean necesarias o que la alta dirección crea oportunas para mejorar los fallos o carencias del sistema mediante lo medios ya propuestos.

2.1.4.6 Mejora

Como último punto para realizar la evaluación del sistema, la empresa incluirá la mejora, recogida como requisito en la Norma UNE 166002:2006, dividiéndola en tres bloques, definidos como:

Mejora continua

Para la realización de la mejora continua, SikaMet S.A cuenta con el grupo de mejora continua integrado por la alta dirección, mediante el cual podrá mejorar la eficacia del sistema de gestión de I+D+i mediante el uso de la política de I+D+i los objetivos de I+D+i, los resultados de las auditorias, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.

Podrán aplicar cualquiera de los documentos que requieran para la consulta y cotejo en las reuniones que se establecen para la mejora continua.

Acción correctiva

La organización debe tomará acciones para eliminar la causa de no conformidades en el sistema de gestión de I+D+i con objeto de prevenir que no vuelva a ocurrir. Se aplicarán las acciones correctivas cubriendo los siguientes requisitos:

- a) Revisar las no conformidades.
- b) Determinar la causa de las no conformidades.
- c) Evaluar la necesidad de adoptar acciones para asegurarse de que las no conformidades no vuelvan a ocurrir.

- d) Determinar e implantar las acciones necesarias
- e) Registrar los resultados de las acciones tomadas
- f) Revisar las acciones correctivas tomadas.

Acción preventiva

La organización determina las acciones para eliminar las causas de no conformidades potenciales en el sistema de gestión de I+D+i y para prevenir su ocurrencia que indicará la forma de aplicar las acciones preventivas, y que permitirá cubrir los siguientes requisitos:

- a) Determinar las no conformidades potenciales y sus causas.
- b) Evaluar la necesidad de actuar para prevenir la aparición de no conformidades.
- c) Determinar e implantar las acciones necesarias.
- d) Registrar los resultados de las acciones tomadas
- e) Revisar las acciones preventivas.

2.2 I+D+i

Las siglas **I+D+i** definen el concepto de Investigación, Desarrollo e innovación,

El I+D se desglosa a su vez en 3 clases:

1. Investigación Básica
2. Investigación Aplicada
3. Desarrollo Tecnológico

La Investigación Básica comprende todos aquellos estudios o trabajos originales que tienen como objetivo adquirir conocimientos científicos nuevos, se analiza propiedades, estructuras y relaciones con el objetivo de formular hipótesis, teorías y leyes. En esta etapa los científicos realizan "*Descubrimientos*".

La Investigación Aplicada parten de los trabajos originales desarrollados en la investigación básica, pero con el objetivo de adquirir conocimientos nuevos orientados a un objetivo práctico determinado, dichos resultados son susceptibles de ser patentados, para una futura explotación comercial. En esta etapa los científicos o técnicos "*Inventan*".

El desarrollo tecnológico comprende la utilización de los conocimientos adquiridos en la investigación aplicada para la producción de materiales, dispositivos, procedimientos o

servicios nuevos. En esta etapa la empresa ha conseguido los conocimientos "Know How" (saber hacer) y se desarrolla los prototipos o plantas pilotos.

Por ultimo si los resultados del prototipo son eficaces y viables, se realiza inversiones para producir en grandes series y vender al mercado, entonces cuando el mercado acepta el producto o servicio, se convierte en innovación.



Figura 2.11. Investigación, Desarrollo e Innovación

Como consecuencia, se ha añadido en los últimos años al área de I+D la Innovación, que como consecuencia del desarrollo tecnológico, es la actividad cuyo resultado es la obtención de nuevos productos o procesos, o mejoras sustancialmente significativas de los ya existentes.

2.2.1 Importancia de la I+D+i en el desarrollo económico

Actualmente las fronteras en la innovación se basan en como aplicar de forma creativa y funcional las nuevas tecnologías encontradas. Los textos actuales sobre innovación sugieren que la mitad de las diferencias en la velocidad del crecimiento económico entre los países se deben a la productividad total de los factores, generalmente asociada con el progreso tecnológico.

De hecho, la evidencia indica que para sostener un alto crecimiento económico, se necesitan unos índices de actividad innovadora sustancialmente más altos que nunca. Por estas razones, la innovación se está convirtiendo en el punto central de las políticas económicas, que han de tener en cuenta que una proporción creciente de la actividad económica está producida por las actividades relacionadas con el conocimiento, y que las infraestructuras de tecnologías de la información han llegado a ser consideradas como un ingrediente mágico para conseguir altas tasas de competitividad y crecimiento en la economía global.

Si se unen estas tendencias, es evidente que se entra en una transición hacia una economía global mucho más orientada a la demanda, una economía global que requiere una más íntima integración de la innovación de los procesos de las empresas y las administraciones con la innovación tecnológica que puede hacerlos posibles.

El desarrollo económico se plantea, de forma analítica, como una serie de etapas sociales y ciclos económicos consecutivos e interrelacionados. Todos estos ciclos han sido fruto de la madurez de las condiciones económicas de la etapa anterior y, posteriormente, de las acciones de los gobiernos para incentivar y dirigir el cambio necesario. Se ha de facilitar que este avance continúe mediante la creación de las circunstancias propicias para que se produzcan los pasos favorables en la siguiente etapa del desarrollo económico.

Desde la economía nómada, pasando por la agraria, industrial y la de servicios, se ha llegado a la economía basada en el conocimiento. A través de las distintas etapas de desarrollo económico, la fuerza de trabajo, los recursos humanos, se han ido adaptando a los requerimientos del mercado. Así pues, se ha visto cómo estos recursos se han desplazado desde las labores agrícolas a las industriales y después hacia los servicios y, actualmente, se desplaza hacia la nueva economía, aquella basada en el conocimiento.

Muestra de ello es la tendencia actual, en las empresas de tecnologías de la información, focalización en la gestión del conocimiento y en la transformación de los procesos de los servicios, respecto a otras áreas de negocio.

Si nos centramos en la historia del último siglo, concretamente el caso de los Estados Unidos. En el año 1900 el 40% de la población de Estados Unidos se dedicaba a la agricultura, sin embargo actualmente sólo el 2% de la población produce muchos más productos agrícolas que entonces. Esto es una cuestión que va más allá de la productividad, ya que los descendientes de los agricultores, este 38% del mercado de trabajo que antes se dedicaba a la agricultura, viven hoy con una calidad de vida muy superior a la de entonces. Esto es así debido a que en los años de la industrialización, el 38% de los puestos de trabajo del 40% que suponía el sector agrario se “perdieron” pero fueron sustituidos, en algunas épocas no sin malestar social, por los nuevos puestos de trabajo de la industria. El mercado les brindó la oportunidad de aprovechar la innovación tecnológica en un mercado local, y la aprovecharon.

En el caso de los productos fabricados en Estados Unidos, la producción se ha duplicado desde los años setenta y ha aumentado un 40% en la última década. En los últimos cinco años la producción aumentó en un 50% pero se necesita cada vez menor porcentaje de la fuerza de trabajo total del mercado en este sector, porque la innovación ha permitido mejores procesos productivos. Esta fuerza de trabajo se va desplazando, dentro del sector

servicios, a las áreas que quedan determinadas por las incipientes demandas de los consumidores.

Otro caso especial en la actualidad es el de China que es uno de los pocos países en el mundo que tienen un producto interno bruto superior a 2.000.000 (más exactamente 2.630.000 millones de dólares), en otras palabras es uno de los países más ricos del mundo.

La tasa de crecimiento promedio anual en China está por encima del 9%, cerca de 800 millones de sus habitantes son rurales. Su PIB que se ubica entre las cuatro primeros del mundo, después de Estados Unidos, Japón y Alemania, con 20 billones de yuanes en el año 2006 (2,56 billones de dólares aproximadamente).

Comparando con las inversiones en I+D+i de otros países, los países en vías de desarrollo tienen una inversión promedio, en I+D del 0.5%.

En los países desarrollados, alcanza como promedio, casi tres veces más esa cifra, llegando al 1.5%. Para datos del 2004, la OCDE publica en noviembre del 2006, que: Japón invierte en I+D+i el 3.13%, Estados Unidos el 2.68%, pero a diferencia de China, esta cifra desciende cada año. Estos mismos países lideran seguidos de Alemania con un 2.5%, Francia 2.2% y Reino Unido 1.9%.

Según la OCDE, hoy, el 51% de toda la actividad económica de los países desarrollados se produce ya en la llamada economía basada en el conocimiento, definida como aquella que es intensiva en capital humano y tecnología.

Por importante que sea la capacidad de I+D+i de un país, el avance de su economía está más relacionada con la innovación producida por la implantación en su tejido productivo del producto la I+D+i realizada en todo el mundo que, hoy, está disponible en su mayor parte, al mismo tiempo para todos, sea cual sea su país de origen, que con la implantación de la I+D+i producida por el propio país.

2.2.1.1 Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)

Los gastos en investigación y desarrollo son gastos corrientes y de capital (público y privado) en trabajo creativo realizado sistemáticamente para incrementar los conocimientos sobre la humanidad, la cultura y la sociedad, y el uso de los conocimientos para nuevas aplicaciones. El área de investigación y desarrollo abarca la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.

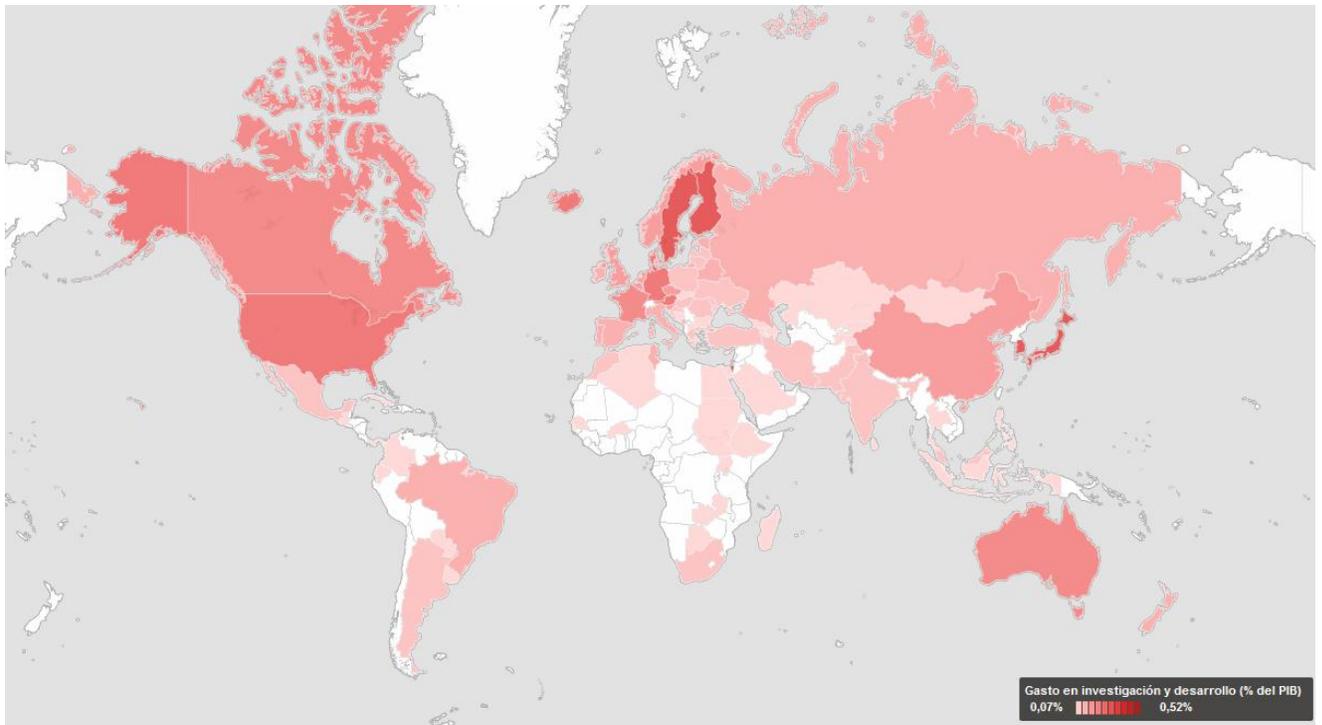


Figura 2.12. Gasto en investigación y desarrollo (%PIB)

La teoría del comercio internacional establece que cada país tiene a especializarse en bienes y servicios que son intensivos en los factores productivos en los que tiene una mejor dotación relativa. De este modo, si consideramos: a) que las actividades I+D son intensivas en el factor capital humano; y b) que la dotación relativa de capital humano tiende a ir incrementándose según los países van incrementando su renta per cápita. Entonces, siempre que estos dos supuestos sean válidos, la teoría predecirá que los países con renta por persona más alta tenderían a asignar una proporción mayor de recursos a actividades de I+D.

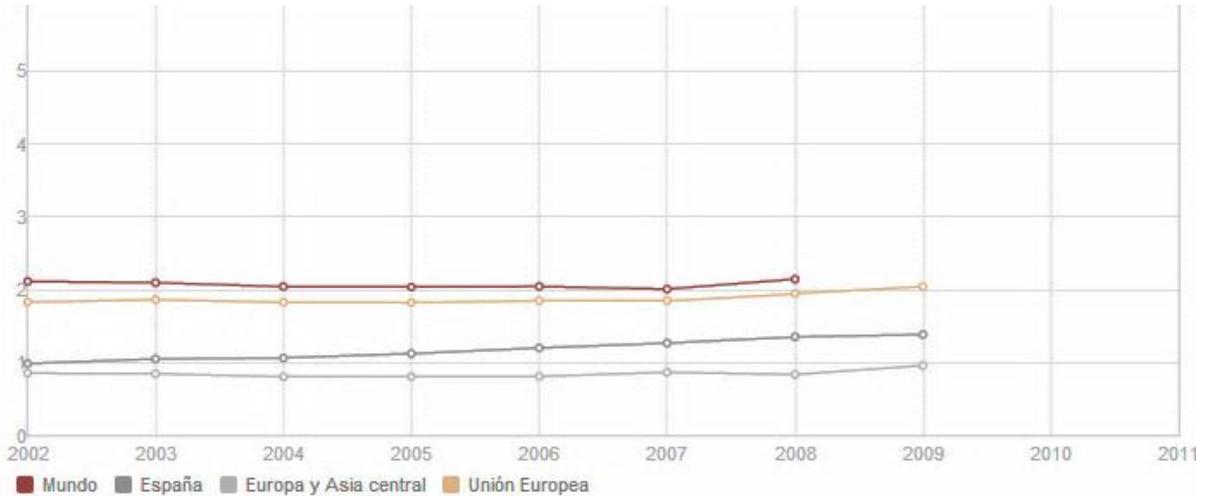


Figura 2.13 Crecimiento del gasto en I+D

2.2.2 Términos y Definiciones

- **Actividades de I+D+i:** Son relativas a Investigación, Desarrollo e Innovación, según se definen en la norma UNE 166000.
- **Auditoría del sistema de gestión de la I+D+i:** Proceso de verificación sistemático y documentado para obtener y evaluar periódica y objetivamente evidencias que hagan posible determinar si el sistema de gestión de una organización se ajusta a los criterios y disposiciones previamente establecidos, si se ha implantado de forma efectiva y si es adecuado para alcanzar la política y objetivos de I+D+i de la organización.
- **Autoevaluación de la Gestión de la I+D+i:** Instrumento de sensibilización, análisis y evaluación del grado de cumplimiento del compromiso de la organización en la adecuada gestión de sus recursos de I+D+i.
- **Comportamiento Innovador:** Resultados medibles del sistema de gestión de la I+D+i, relativos al control por parte de una organización de sus aspectos, basados en su política tecnológica, sus objetivos y sus metas.
- **Compra o adquisición de tecnologías:** Puede ser de tecnologías inmateriales o materiales:
 - Tecnologías inmateriales: Se entiende la adquisición de tecnología bajo forma de patente, invenciones no patentadas, licencias, informes de know-how, marcas de fábrica, diseños, modelos de utilidad, compra de servicios de I+D y otros servicios con un contenido tecnológico
 - Tecnologías materiales: Se entiende la adquisición de maquinaria y bienes de equipo con un contenido tecnológico que estén relacionados con las innovaciones de productos o procesos introducidos por la organización.

- **Consortio:** Grupo de organizaciones que se unen con el objetivo de llevar a cabo conjuntamente un proyecto y que se denominan socios del proyecto
- **Contrato o convenio de I+D+i:** Relación entre una organización que realiza actividades de I+D+i y una o más entidades externas, formalizada mediante cualquier instrumento legal para la realización de actividades de I+D+i en el que se especifican los objetivos, resultados esperados y su propiedad, y la aportación de cada una de las partes. Esta aportación puede ser económica (financiación total o parcial) o en especie, es decir, horas de trabajo, cesión de equipos, o cualquier otra sin intercambio económico directo.
- **Desarrollo tecnológico:** Aplicación de los resultados de investigación, o de cualquier otro tipo de conocimiento científico, para la fabricación de nuevos materiales, productos, para el diseño de nuevos procesos, sistemas de producción o de prestación de servicios, así como la mejora tecnológica sustancial de materiales, productos, procesos, o sistemas pre-existentes. Esta actividad incluirá la materialización de los resultados de la investigación en un plano, esquema o diseño, así como la creación de prototipos no comercializables y los proyectos de demostración inicial o proyectos piloto, siempre que los mismos no se conviertan o utilicen en aplicaciones industriales o para su explotación comercial.
- **Desarrollo de tecnología propia:** Utilización de los conocimientos y experiencias propias para la producción de nuevos materiales, dispositivos, productos, procesos, sistemas o servicios, o para su mejora sustancial, incluyendo la realización de prototipos y de instalaciones piloto.
- **Diseño de ingeniería y diseño industrial:** Sucesivas fases del diseño que incluyen la concepción y la elaboración de los planos, dibujos, y soportes destinados a definir los elementos descriptivos, especificaciones técnicas y características de funcionamiento necesarios para la fabricación, prueba, instalación y utilización de un producto.
- **Eficacia:** Extensión en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.
- **Eficiencia:** Relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados.
- **Estado del arte:** Situación, en un momento dado, del estado de los conocimientos, tecnologías, productos, y procesos. Su estudio proporciona un conocimiento de la situación más avanzada de la disciplina de que se trate.
- **Evaluación de la marcha del proyecto:** Evaluación de los resultados de las actividades del proyecto, basada en criterios definidos y llevada a cabo en momentos adecuados a lo largo del ciclo de vida del mismo.
- **Gestión del conocimiento:** Proceso constituido por todas las actividades que permiten generar, buscar, difundir, compartir, utilizar y mantener el conocimiento,

información, experiencia y pericia de una organización con el fin de incrementar su capital intelectual y aumentar su valor.

- **Innovación:** Actividad cuyo resultado es la obtención de nuevos productos o procesos, o mejoras sustancialmente significativas de los ya existentes.

Las actividades de innovación son: incorporación de tecnologías materiales e inmateriales, diseño industrial, equipamiento e ingeniería industrial, lanzamiento de la fabricación, comercialización de nuevos productos y procesos. Se distingue en:

- Innovación en tecnología: Actividad de generación y puesta a punto de nuevas tecnologías en el mercado que, una vez consolidadas, empezarán a ser usadas por otros procesos innovadores asociados, a productos y procesos.
 - Innovación tecnológica: Actividad de incorporación, en el desarrollo de un nuevo producto o proceso, de tecnologías básicas existentes y disponibles en el mercado.
 - Innovación en la gestión: Mejoras relacionadas con la manera de organizar los recursos para conseguir productos o procesos innovadores.
- **Investigación:** Indagación original y planificada que persigue descubrir nuevos conocimientos y una superior comprensión en el ámbito científico o tecnológico. Se puede dividir en:
 - Investigación fundamental o básica: Ampliación de los conocimientos generales científicos o técnicos no vinculados directamente con productos o procesos industriales o comerciales.
 - Investigación industrial aplicada: Investigación dirigida a adquirir nuevos conocimientos con vistas a explotarlos en el desarrollo de productos o procesos nuevos, o para suscitar mejoras importantes de productos o procesos existentes.
 - **Mejora continua en I+D+I:** Actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos del sistema de gestión de la I+D+I.
 - **Meta de I+D+I:** Requisito detallado de actuación, cuantificado cuando sea posible, aplicable a la organización o a parte de la misma, que proviene de los objetivos de I+D+I, y que debe establecerse y cumplirse en orden a alcanzar dichos objetivos.
 - **Nuevos productos o procesos:** Aquellos cuyas características o aplicaciones, desde el punto de vista tecnológico, difieren sustancialmente de los existentes con anterioridad.

- **Objetivo de I+D+I:** Fin de carácter general con origen en la política de I+D+I que una organización se marca a sí misma, y que debe estar cuantificado cuando sea posible.
- **Organización:** Conjunto de personas e instalaciones con una disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones. Puede ser una compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, o parte o combinación de ellas, tengan forma de sociedad o no, publica o privada, que tiene sus propias funciones y administración. Para organizaciones con más de una unidad operativa, una unidad operativa por si sola puede definirse como una organización
- **Parte interesada:** Un individuo o grupo de individuos, relacionado o afectado por las actuaciones en I+D+I de una organización.

En el caso de proyectos de I+D+I tienen un interés común en las prestaciones de la organización de proyecto y en el entorno en el cual opera. En este caso, las partes interesadas pueden ser:

- El cliente, destinatario del producto del proyecto.
- El consumidor, como usuario del producto del proyecto
- El propietario, como organización originaria del proyecto
- El socio, por ejemplo en un consorcio
- El financiador, como institución financiera
- El subcontratista, organización que proporciona productos a la organización del proyecto
- La sociedad, por ejemplo las entidades jurisdiccionales o normativas y el público en general.
- El personal interno, como miembros de la organización de proyecto
- **Plan de I+D+I:** Documento que especifica las actividades, recursos y resultados necesarios para alcanzar los objetivos establecidos en la política de I+D+I
- **Plan de proyecto:** Documento que especifica lo que es necesario para alcanzar los objetivos del proyecto.
- **Política de I+D+I:** Declaración por parte de la organización de sus intenciones y principios en relación con sus actividades de I+D+I, que proporciona un marco para su actuación y para el establecimiento de sus objetivos y metas en Investigación, Desarrollo tecnológico e Innovación.
- **Proceso:** Conjunto de recursos y actividades interrelacionados que transforman elementos de entrada en elementos de salida. Entre los recursos se pueden incluir la gestión, servicios, personal, finanzas, instalaciones, equipos, técnicas y métodos.
- **Producto:** Resultado de un proceso. Existen en general cuatro categorías básicas de productos:
 - Servicios (por ejemplo transportes)

- Software (por ejemplo programas de computador, diccionario)
- Hardware (Parte mecánica de un motor)
- Materiales procesados (Por ejemplo, lubricante)

- La mayoría de los productos contienen elementos que pertenecen a distintas categorías genéricas del producto. La denominación del producto en cada caso como servicio, software, hardware o material procesado depende del elemento dominante. Por ejemplo el producto ofrecido “Automóvil” está compuesto por hardware (por ejemplo las ruedas), materiales procesados (por ejemplo: combustible, o líquido refrigerante), software, (por ejemplo: programas informáticos de control del motor, el manual del conductor) y el servicio (Por ejemplo: las explicaciones relativas a su funcionamiento proporcionadas por el vendedor)
- Un servicio es el resultado de llevar a cabo necesariamente al menos una actividad en la interfaz entre el proveedor y el cliente y generalmente es intangible. La prestación de un servicio puede implicar, por ejemplo:
 - Una actividad realizada sobre un producto tangible suministrado por el cliente (Por ejemplo: reparación de un automóvil).
 - Una actividad realizada sobre un producto intangible suministrado por el cliente (por ejemplo: la declaración de ingresos necesaria para preparar la devolución de los impuestos).
 - La entrega de un producto intangible (por ejemplo: la entrega de información en el contexto de la transmisión de conocimientos)
 - La creación de una ambientación para el cliente (por ejemplo: en los hoteles y restaurantes).
 - El software consiste en información y generalmente es intangible; puede presentarse bajo la forma de propuestas, transacciones o procedimientos.
 - El hardware es generalmente tangible y su cantidad una característica contable. Los materiales procesados generalmente son tangibles y su cantidad es una característica continua. El hardware y los materiales procesados, frecuentemente son denominados como bienes.
- **Prospectiva tecnológica:** Proceso sistemático realizado para explorar el futuro de la ciencia, la tecnología y la sociedad, con el objetivo de identificar aquellas tecnologías genéricas emergentes y las áreas de investigación estratégicas necesarias para su desarrollo, que tengan mayor probabilidad de proporcionar beneficios económicos y sociales.
- **Proyecto:** Proceso único que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y fin, llevadas a cabo para lograr un objetivo

conforme con requisitos específicos, lo cuales incluyen los compromisos, plazos, costes y recursos.

- Los objetivos de un proyecto deben ser: concretos, medibles, alcanzables y desafiantes.
- Un proyecto individual puede formar parte de una estructura de proyectos más grande.
- La organización puede ser temporal y establecerse únicamente durante la duración del proyecto.
- El resultado de un proyecto puede ser una o varias unidades de producto.
- **Recursos tecnológicos:** Totalidad de los medios materiales o inmateriales, sus métodos, sus procesos, las competencias y el saber hacer de las personas, tanto si se utilizan actualmente como si no.
- **Sistema:** Conjunto de elementos naturalmente relacionados o que interactúan.
- **Sistema de gestión e I+D+i:** Parte del sistema general de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos, los recursos, para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día la política de I+D+i de la organización.
- **Tecnología:** Conjunto de recursos técnicos propios de una actividad que pueden ser utilizados de forma sistemática para el diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de productos o para la prestación de servicios.
- **Transferencia de tecnología:** Proceso de transmisión de la información científica, tecnológica, del conocimiento, de los medios y de los derechos de explotación, hacia terceras partes para de fabricación de un producto, el desarrollo de un proceso o la prestación de un servicio, contribuyendo al desarrollo de sus capacidades.
- **Unidad de I+D+i:** Persona o personas de la organización designadas por la alta dirección con dedicación parcial o completa que disponen de los medios necesarios para:
 - Procurar la obtención de conocimientos científicos y tecnológicos útiles para la organización
 - Desarrollar nuevas tecnologías o mejorar las actuales.
 - Aplicar nuevos desarrollos tecnológicos a productos o procesos.
- **Unidad de gestión de I+D+i:** Persona o personas de la organización, designadas por la alta dirección, con dedicación parcial o completa, que disponen de los medios necesarios para:

- Gestionar la cartera de proyectos de I+D+i
 - Gestionar la transferencia de tecnología
 - Gestionar la protección y explotación de los resultados
 - Realizar la medición, análisis y mejora de los resultados.
-
- **Vigilancia Tecnológica:** Forma organizada, selectiva y permanente de captar información del exterior sobre tecnología, analizarla y convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios.

2.2.3 Gestión de la I+D+i

En general la serie de normas UNE 166000 ayudan a optimizar los procesos de innovación mediante la implantación de un sistema de gestión de la I+D+i.

Abarca varias normas:

UNE 166000: Establece la terminología y definiciones que se utilizan en esta familia de normas.

UNE 166001: Establece los requisitos de proyectos de I+D+i

UNE 166002: Establece los requisitos de un sistema de gestión de I+D+i.
- Es la mas importante de ellas.

UNE 166004: Establece los criterios de competencia y evaluación de los auditores de sistemas de I+D+i.

UNE 166005: Guía de aplicación de la norma UNE 166002:2002 para bienes de equipo.

UNE 166006: Establece las características y requisitos de un sistema de vigilancia tecnológica.

2.2.4 Sistema de Gestión de la I+D+i

Los Sistemas de Gestión de la I+D+i permiten a empresas y organismos, independientemente de su tamaño o del sector económico al que pertenezcan, mejorar de manera sistemática sus actividades de I+D+i, sin encorsetarlas en reglas fijas que coarten la imaginación e inteligencia emocional de los investigadores, proporcionando directrices útiles para organizar y gestionar eficazmente este tipo de actividades.

La norma UNE 166002 contiene requisitos y directrices prácticas para la formulación y el desarrollo de políticas I+D+i, para el establecimiento de objetivos acordes con las actividades, productos y servicios específicos de cada organización, para la identificación de tecnologías emergentes o nuevas tecnologías no aplicadas en su sector, cuya asimilación y posterior transferencia proporcionarán la base para generar proyectos, potenciar sus productos, procesos o servicios y mejorar su competitividad.

La Certificación del Sistema de Gestión de la I+D+i permite a las empresas:

- Sistematizar sus actividades de I+D+i e integrarlas en la gestión general de la empresa.
- Planificar, organizar y controlar las unidades de I+D+i, así como la cartera de productos generados.
- Establecer la interacción de la I+D+i con otros departamentos o divisiones.
- Demostrar la transparencia de las actividades de I+D+i
- Aportar un valor añadido de confianza en la actividad de I+D+i de la empresa, mejorando su imagen empresarial y su competitividad.
- Compatibilidad con otros sistemas de gestión.

2.2.5 Aplicación de las Normas

2.2.5.1 Características de aplicación de la Norma UNE 166002

La norma UNE 166002 es recomendable para empresas que deseen establecer las bases de las actividades de I+D+i, definir, implantar, mantener y mejorar un sistema de gestión de I+D+i, demostrar a terceros el cumplimiento de los requisitos de esta norma.

La norma se puede utilizar de manera complementaria a otras, de forma que los requisitos que deba cumplir el sistema de gestión de la I+D+i sean complementarios a los requisitos de cualquier otro sistema de gestión implantado en la organización que corresponda, tales como gestión de la calidad, gestión medioambiental, gestión de la seguridad, gestión de riesgos... etc.

La implantación del sistema de gestión basado en el esquema desarrollado por la norma aporta una homogeneización en los conceptos de I+D+i, una simplificación de las necesidades de estos sistemas de gestión y una serie de ventajas:

- Fomentar las actividades de I+D+i
- Proporcionar indicaciones para organizar y gestionar eficazmente la I+D+i

- Que no se pierdan actividades susceptibles de generar tecnologías propias y patentes, a través de las cuales se pueden obtener beneficios fiscales adicionales por transferencia de tecnología o por desgravaciones fiscales.
- Potenciar la I+D+i como un factor diferencial de competitividad y ser considerada como tal en los esquemas de reputación corporativa.
- Ayudar, principalmente a la PYME, a planificar, organizar y controlar las unidades de I+D+i, lo cual redundará en un ahorro de recursos y en una mejora de la motivación e implicación de los empleados.

2.2.5.2 Características del proceso de I+D+i

El proceso de I+D+i en las organizaciones tiene unas características propias y diferenciales que deben tenerse en cuenta y a las que se debe prestar especial atención por la dirección de la organización que quiera implantar y mantener un sistema de gestión de I+D+i. Se pueden agrupar estas características de la siguiente forma:

- El uso continuo de información, datos y conocimientos, así como su transformación y generación.
- El uso de la vigilancia y previsión tecnológica y el impulso de la creatividad en la identificación y caracterización de ideas, objetivos y escenarios tecnológicos.
- La gestión del riesgo y de la incertidumbre en la obtención de resultados.
- La gestión de la propiedad industrial e intelectual y la protección de la generada en el proceso.
- La estructura multidisciplinar y abierta de la unidad de I+D+i, la motivación e ilusión de los miembros que la componen y su permanente intercomunicación con las partes interesadas en un proceso de ingeniería simultánea que no tiene porque ser secuencial.
- La duración dilatada del proceso de I+D+i, sus requisitos de inversión constante sin resultados y la gestión del desánimo durante todo el proceso.
- La certeza de que puede haber innovaciones tecnológicas que no requieren I+D y que pueden realizarse investigaciones que no den lugar a innovación. La I+D juega un papel fundamental pero no único en la innovación tecnológica.

2.3 Disposiciones Generales

Teniendo como marco de actuación inmediato el laboratorio de SikaMet S.A, expuesto anteriormente y un sistema de gestión de la I+D+i ya implantado podemos describir las disposiciones generales del presente proyecto.

Al observar la necesidad de una metodología para la creación y manipulación de muestras de Titanio, luego de ser mecanizado, se crea la misma con el objetivo de guiar paso a paso al usuario en una serie de protocolos. En este proyecto se desarrollará y se validará la mencionada metodología por medio de ensayos, pruebas y datos.

El titanio y sus aleaciones cuentan con una serie de dificultades características del material, es por esto que la metodología cuenta primeramente con un protocolo general para el mecanizado, conteniendo en el mismo, pasos necesarios para el correcto seguimiento del proceso con objetivos de investigación.

Gracias a la forma y el tamaño de la viruta que resulta del proceso de mecanizado, se hace necesario el desarrollo de las muestras por un proceso de empastillado de resina para que se logre el correcto análisis microscópico de la viruta.

El problema principal de preparar el titanio para observación microscópica es su alta ductilidad, que hace que el titanio sea difícil de cortar, lijar y pulir, es por esto que la metodología propuesta detalla los procesos de corte, lijado y pulido de las muestras de manera especializada para el titanio por sus dificultades y también recoge todos los consejos, técnicas y recomendaciones para el manejo del corte, lijado y pulido de las muestras con el objetivo de obtener resultados útiles y de calidad.

Se hace necesario entonces, incluir en el proyecto toda la maquinaria y recursos necesarios para el correcto funcionamiento y para llevar a cabo con éxito la metodología propuesta, lo cual se expone mas adelante.

Teniendo ya completa la parte técnica del desarrollo de las muestras, pasamos a la parte de análisis el cual incluye, análisis metalográfico y las mediciones, las cuales se hacen gracias al software Perfect Image con el cual cuenta el laboratorio, además de varios documentos creados como apoyo digital para datos y parámetros usados.

Tomando en cuenta que el entorno de actuación pertenece a un sistema de gestión de la I+D+i, los protocolos de la metodología incluyen la creación de documentación necesaria como imágenes, datos y parámetros utilizados, etc. Esto, para apoyar las investigaciones que se realicen en el futuro y contribuir con la mejora continua de los procesos y actividades de la I+D+i.

CAPITULO 3. Consideraciones Previas

3.1 El Titanio

3.1.1 Generalidades

El Titanio se ha reconocido como un elemento durante los últimos 200 años. Sin embargo, la producción comercial del titanio no comenzó hasta la década de los 50. En ese momento, el titanio era reconocido por su importancia estratégica como el único metal liviano, de aleación muy resistente, estructuralmente eficaz para aeronaves de gran rendimiento e importancia, tales como motores de reacción y componentes del fuselaje.

La producción mundial de este metal exótico y original de la “Era Espacial” y sus aleaciones ha crecido más de 50 millones de libras anuales. El aumento en la capacidad y la eficiencia de la producción de esponja de metal y productos laminados, las tecnologías de fabricación mejoradas, una base de mercado ampliamente expandida y la demanda han reducido de forma significativa el precio de los productos de titanio. Actualmente, las aleaciones de titanio son comunes y metales procesados fácilmente disponibles que compiten directamente con el acero inoxidable y los aceros especializados, aleaciones de cobre, aleaciones basadas en níquel y compuestos.

Hoy, el titanio y sus aleaciones se usan ampliamente en aplicaciones aeroespaciales, industriales y de consumo. Además de motores y fuselajes de aviación, el titanio se usa también en otros mercados.

3.1.2 Propiedades del Titanio

Hablando más afondo sobre el gran auge que representa el uso titanio como material altamente resistente y relativamente ligero, se destaca por su alto poder en sus propiedades tanto químicas como físicas, las cuales se verán a continuación.

Químicamente se encuentra representado como un elemento altamente reactivo y que presenta una transformación alotrópica de una estructura hexagonal densa a temperatura ambiente a una estructura CCB a 883°C y sus propiedades son las siguientes:

Tabla 3.1 Propiedades del Ti

Propiedad	Valor	Propiedad	Valor
Símbolo químico	Ti	Punto de ebullición	3560K
Número atómico	22	Calor de fusión	15.45KJ/mol
Grupo y Periodo	4	Electronegatividad	1,54
Densidad	4507kg/m ³	Presión de vapor	0,49 a 1933K
Masa atómica	47.867u	Conductividad eléctrica	2,34x10 ⁶ S/m
Punto de fusión	1941K	Conductividad Térmica	21,9W/(K·m)

El titanio es estudiado a fondo por que tiende a comportarse en distintas formas; por ejemplo, a bajas temperaturas cristaliza en forma hexagonal compacta (fase α), y por encima de una temperatura aproximada de 885.2 °C cristaliza en una estructura cúbica centrada en el cuerpo (fase β).

El diferente comportamiento frente a la deformación de los dos tipos de redes permite disponer de un metal resistente y poco deformable a temperatura ambiente en la fase α y fácilmente deformable en la fase β .

Sin embargo, su baja conductividad térmica origina problemas de calentamiento local y dificulta los tratamientos térmicos. Como se mencionó el titanio puede derivar distintos comportamientos dependiendo su aplicación y por lo tanto, se hablara de forma individual sobre sus aleaciones y sus aplicaciones y ventajas.

Una vez analizado de forma global las propiedades químicas, resulta pertinente explicar las ventajas físicas y mecánicas que este metal puede proporcionar y motivo por el que las propiedades físicas del titanio han sido comparadas con otros materiales como es el acero pues tienden a tener mucha similitud ya que posee una gran firmeza y dureza, al igual que una muy baja corrosión frente a químicos y ver su amplia ventaja en sentido mecánico.

Tabla 3.2 Comparación Propiedades del Ti y otros elementos.

Propiedad	Ti	Fe	Ni	Al
Temp. de Fusión (°C)	1670	1538	1455	660
Transformación alotrópica (°C)	882 β a α	921 γ a α	NA	NA
Estructura cristalina	Bcc a hcp	fcc a bcc	fcc	Fcc
Temperatura ambiente (GPa)	115	215	200	72
Densidad (gr/cm ³)	4.5	7.9	8.9	2.7
Resistencia a la corrosión	Muy alta	Baja	Media	Alta
Reactividad con el oxígeno	Muy alta	Baja	Baja	Alta
Coste de material	Muy alto	Bajo	Alto	Medio

3.1.3 El Titanio y sus aleaciones

- Grado 1: De titanio puro, bajo nivel de oxígeno, baja resistencia
- Grado 2: De titanio puro, estándar de oxígeno, fuerza media
- Grado 3: De titanio puro, oxígeno mediano, de alta resistencia
- Grado 4: De titanio puro, de oxígeno, de alta resistencia adicional
- Grado 5: Aleación de titanio (6% de aluminio, 4% de vanadio)
- Grado 7: De titanio puro, más 0,12% a 0,25% de paladio, estándar de oxígeno, fuerza medía
- Grado 9: Aleación de titanio (3% de aluminio, vanadio 2,5%), de alta resistencia. Aplicaciones, principalmente aeroespaciales
- Grado 11: De titanio puro, más 0,1 2% a 0,25% de paladio, con poco oxígeno, baja resistencia
- Grado 12: Aleación de titanio (0,3% de molibdeno, níquel, 0,8%), de alta resistencia
- Grado 13: Aleación de titanio (0,5% de níquel, rutenio 0,05%), bajos niveles de oxígeno
- Grado 14: Aleación de titanio (0,5% de níquel, rutenio 0,05%), oxígeno estándar
- Grado 15: Aleación de titanio (0,5% de níquel, rutenio 0,05%), oxígeno medio
- Grado 16: De titanio puro, más 0,04% a 0,08% de paladio, estándar de oxígeno, fuerza media
- Grado 17: De titanio puro, más 0,04% a 0,08% de paladio, con poco oxígeno, baja resistencia

- Grado 18: Aleación de titanio (3% de aluminio, 2,5% de vanadio, más 0,04% a 0,08% paladio),
- Grado 19: Aleación de titanio (3% de aluminio, el 8% de vanadio, cromo 6%, 4% de circonio, el 4% de molibdeno)
- Grado 20: Aleación de titanio (3% de aluminio, el 8% de vanadio, cromo 6%, 4% de circonio, el 4% de molibdeno) más 0,04% a 0,08% de paladio
- Grado 21: Aleación de titanio (1 5% de molíbdeno, un 3% de aluminio, 2,7% de niobio, 0,25% de silicio)
- Grado 23: Aleación de titanio (6% de aluminio, 4% de vanadio, intersticial extra baja, ELI)
- Grado 24: Aleación de titanio (6% de aluminio, 4% de vanadio) más 0,04% a 0,08% paladio
- Grado 25: Aleación de titanio (6% de aluminio, 4% de vanadio), más 0,3% al 0,8% de níquel y 0,04% a 0,08% paladio
- Grado 26: De titanio puro, más 0,08% a 0,14% de rutenio, estándar de oxígeno, fuerza media
- Grado 27: De titanio puro, más 0,08% a 0,14% de rutenio, bajos niveles de oxígeno, baja resistencia
- Grado 28: Aleación de titanio (3% de aluminio, vanadio 2,5%) más 0,08% a 0,14% de rutenio
- Grado 29: Aleación de titanio (6% de aluminio, 4% de vanadio con elementos adicionales bajo intersticial (ELI), más 0,08% a 0,14% de rutenio.

3.1.4 Metalurgia

Los productos fabricados del titanio, disponibles tanto en los grados comercialmente puros como en aleaciones, se pueden agrupar en tres categorías según la fase o fases predominantes en su microestructura alfa, alfa-beta y beta. Aunque cada uno de estos tres tipos generales de aleaciones que requieren metodologías de procesamiento específicas y diferentes, cada uno ofrece un conjunto de propiedades únicas que brindan ventajas para cada aplicación.

En el titanio puro, la fase alfa caracterizada por una estructura empaquetada cristalina hexagonal es estable desde la temperatura ambiente hasta aproximadamente 882°C (1620°F). La fase beta en el titanio puro tiene una estructura cúbica centrada en el cuerpo y es estable desde aproximadamente 882°C (1620°F) hasta el punto de fusión de casi 1688°C (3040°F).

3.1.5 Efectos de los elementos de aleación

El agregado selectivo de los elementos de aleación al titanio permite una amplia gama de propiedades físicas y mecánicas que se pueden obtener. Los efectos básicos de una cantidad de elementos de aleación son:

- Ciertos agregados de aleación, en especial el aluminio e intersticiales (O, N,C), tienden a estabilizar la fase alfa, es decir, aumentan la temperatura a la cual la aleación se transformará completamente a la fase beta. Esta temperatura se conoce como temperatura transus beta.
- La mayoría de los agregados de aleación como el cromo, el niobio, el cobre, el hierro, el manganeso, el molibdeno, el tantalio y el vanadio estabilizan la fase beta al bajar la temperatura de transformación (de alfa a beta).
- Algunos elementos como, en especial, el estaño y el zirconio, se comportan como solutos neutrales en titanio y tienen poco efecto en la temperatura de transformación, actuando como fortalecedores de la fase alfa.

Las microestructuras de aleaciones de titanio se caracterizan por varios agregados de aleaciones y procesamiento. Se ilustra una descripción de varios tipos de aleaciones y fotomicrografías típicas de varios productos fabricados.

3.1.5.1 Aleaciones alfa

Las aleaciones de fase única y casi fase única alfa exhiben buena soldabilidad. El contenido generalmente alto de aluminio de este grupo de aleaciones asegura excelentes características de solidez y resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas (en el rango de 316-593°C (600 - 1100°F)). Las aleaciones alfa no pueden termotratarse para desarrollar una resistencia superior ya que son aleaciones de fase única.

3.1.5.2 Aleaciones alfa-beta

El agregado de cantidades controladas de elementos de aleación estabilizadores beta hace que la fase beta persista por debajo de la temperatura beta-transus, hacia la temperatura ambiente, lo cual produce un sistema de dos fases. Incluso pequeñas cantidades de estabilizadores beta estabilizarán la fase beta a la temperatura ambiente. Un grupo de aleaciones diseñadas con grandes cantidades de estabilizadores alfa y con una pequeña cantidad de estabilizadores beta son aleaciones alfa-beta, llamadas habitualmente aleaciones super alfa o casi alfa.

Cuando se agregan grandes cantidades de estabilizadores beta, un porcentaje más alto de la fase beta se retiene a la temperatura ambiente. Dichas aleaciones de titanio de dos

fases pueden fortalecerse en forma significativa mediante un tratamiento térmico que enfría rápidamente desde una temperatura alta en la gama alfa-beta, seguida por un ciclo de envejecimiento a una temperatura algo más baja.

La transformación de la fase beta que normalmente ocurriría en el enfriado lento, se reemplaza por el enfriamiento rápido. El ciclo de envejecimiento causa la precipitación de las partículas finas alfa desde el metaestable beta, brindando una estructura que es más fuerte que la alfa beta recocida.

3.1.5.3 Aleaciones beta

El alto porcentaje de elementos estabilizadores beta en este grupo de aleaciones de titanio crea una microestructura que es metaestable beta después del recocido de la solución. El fortalecimiento amplio puede ocurrir por la precipitación de alfa durante el envejecimiento.

3.1.6 Aleación Ti6Al4V

La aleación Ti6Al4V es una aleación del tipo $\alpha+\beta$, y como se puede deducir de su denominación, contiene un 6% de aluminio y un 4% de vanadio. El aluminio incrementa la temperatura entre la fase alfa y beta; y el vanadio disminuye esa temperatura, dicha aleación se aplica cuando se requiera una alta resistencia mecánica y altas temperaturas.

Bajo los estándares establecidos por ASTM, AMS, ASME, esta aleación es clasificada y mencionada en los siguientes apartados: ASTM B265, B348, B381, F467, F468, AMS 4906, 4911, 4920, 4928, Mil-T-9046, 9047. La aleación Ti6Al4V, se encuentra catalogada como grado 5, es importante indicar que esta aleación tiene distinta clasificación en UK es conocida como TA 10-13 o TA 28, en Francia con las siglas T-A6V y para USA como 4906, 4920, 4928, 4965 y 4967.

A continuación se muestra la tabla con las propiedades que caracteriza a esta aleación.

Tabla 3.3 Propiedades de la Aleación Ti6Al4V

Propiedades químicas	Propiedades Físicas	Propiedades Mecánicas
C < 0.08%	Densidad 4.42 (g/cm ³)	Resistencia a la tracción: 896 MPa
FE < 0.25%	Punto de fusión 1649°C	
N2 < 0.05%	Calor específico 560 J/kg* °C	Módulo elástico: 827 MPa

O2 <0.2%	Resistencia eléctrica 170Ω*cm	Dureza Rockwell: 36RC
Al 5.5 -6.76%	Conductividad térmica 7.2 W/ m*K	Ductilidad (Alargamiento antes de rotura): 10%
V 3.5-4.5%	Coeficiente de dilatación 8.6 10 ⁻⁶	
H₂ (lamina) < 0.015%		
H₂ (Barra) < 0.0124%		
H₂ (mondura) <0.01%		
Ti hasta completar 100%		

Esta aleación puede presentarse en dos formas y eso dependerá del tratamiento térmico en la que fue sometido, existe material precipitado o solubilizado y es importante mencionarlo debido que afecta el comportamiento a ser trabajado. Esta diferencia solo se verá afectada en su dureza y en su módulo de elasticidad, por lo tanto para que Ti6Al4V en precipitado tienda a ser más difícil al mecanizar.

Retomando el tema sobre el mecanizado de esta aleación, se tiene claro que Ti6Al4V tiende a ser un metal laborioso de trabajar debido a sus propiedades mecánicas e implica un ligero aumento en las fuerzas de corte superiores a un acero comercial , por lo tanto las tecnologías actuales aún no han logrado descifrar por completo su comportamiento y es así que diversos investigadores han desarrollado modelos que permitan predecir dicha cuestión y han logrado concluir que el principal problema es que tiende a presentarse de forma paulatina, desgastar a la herramienta de corte , (el cual se basa mediante el control del tiempo operando en cierta longitud de corte en dicho proceso); otra es el estudio sobre la tendencias en la dimensión de segmentos de viruta.

El conocer a fondo el comportamiento del Ti nos permite entender que efectivamente tiene una habilidad para alearse con los materiales utilizados como herramienta de corte, provocando en su mayoría un desgaste muy peculiar como es el desgaste del cráter causando a escala un desgaste de flanco.

Por último, resulta importante reconocer que, a pesar de las dificultades que tiende Ti6Al4V para ser mecanizado, sus resultados hablando en la aplicación final son muy favorables por lo tanto crea que este metal sea digno de una constante investigación y optimización de sus procesos de transformación, ya que en la actualidad por su gran poder mecánico es empleado en la fabricación turbinas, discos de ventilación , utillaje entre otros componentes del sector aeronáutico , así como también para la fabricación de prótesis articulares , válvulas cardiacas , tornillos de sujeción ósea , contribuyendo con éxito grandes avances en el sector médico.

Como se indicó en los párrafos anteriores, este metal ligero está en constante evolución y por consiguiente crea un panorama de incógnitas por descubrir.

3.2 Mecanizado

3.2.1 Mecanizado de Metales

Uno de los procesos de conformación es el de arranque de viruta. En contraste con otros métodos, en los procesos de conformación con arranque de viruta hay una gran pérdida de material en forma de viruta, con un coste elevado. Ello hace que se procure utilizar el material de partida con forma y dimensiones próximas a las definitivas, obtenidas mediante forja, laminación, etc.

El fundamento de la conformación con arranque de viruta, a mano o a máquina, es el corte del metal. Si se realiza a mano, el instrumento cortante es la herramienta y el motor, el esfuerzo muscular; cuando se ejecuta a máquina existe también herramienta; pero el motor es la máquina, formando, en general, una unidad: la máquina-herramienta. En este último caso suele llamarse al proceso maquinado o mecanizado.

La maquinabilidad o capacidad de mecanizado se define como:

1. El arranque fácil y económico del metal.
2. Capacidad para lograr un acabado satisfactorio del metal en condiciones económicas viables.

3.2.1.1 Movimientos Fundamentales en una máquina-herramienta

Para que se produzca el corte es necesario el movimiento relativo de la pieza a mecanizar y la herramienta que ha de producir el corte. Éste se produce por la interferencia de la pieza y la herramienta.

Podemos distinguir dos movimientos principales:

- **El movimiento de corte** (M_c) que es el desplazamiento que experimenta la herramienta respecto a un punto de la periferia de la pieza en la dirección en que se produce el corte.
- **El movimiento de avance** (M_a) es, generalmente, perpendicular al movimiento y es necesario porque de no existir, al terminar, bien con una vuelta bien con la

longitud de la pieza, la interferencia entre pieza y herramienta terminaría y por lo tanto finalizaría el corte. Por lo tanto el movimiento de avance es el desplazamiento relativo que realiza la pieza respecto a la herramienta para desplazar el movimiento de corte paralelamente a sí mismo.

- Existe un tercer movimiento denominado **movimiento de penetración** (M_p) que nos define la profundidad del corte y que se realiza al comienzo de cada pasada que se realice en el mecanizado. Este movimiento no es continuo, como sucede con los dos anteriores, sino que se realiza de forma escalonada y sin que la pieza esté en contacto con la herramienta.

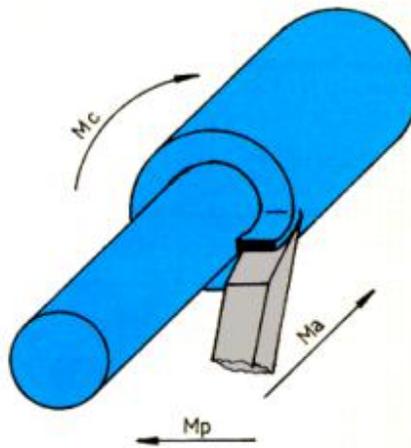


Figura 3.1 Movimientos fundamentales en una máquina-herramienta.

Los movimientos de avance y corte pueden aplicarse:

- Ambos a la herramienta, inmovilizando la pieza.
- Ambos a la pieza, inmovilizando la herramienta.
- Uno a la herramienta y otro a la pieza.

La superficie engendrada en el mecanizado dependerá de las trayectorias correspondientes al movimiento de corte y al movimiento de avance:

- Si ambas trayectorias son rectilíneas, en el mismo plano, se obtiene una superficie plana: limadora, cepilladora, mortajadora, etc.
- Si una de ellas es circular y otra rectilínea, en el mismo plano, se obtiene una superficie plana: fresado, refrentado en torno, etc.

- Si una de ellas es circular y la otra rectilínea en planos perpendiculares, se pueden obtener superficies cilíndricas, cónicas, helicoidales: torneado, taladrado, roscado en torno, etc.

3.2.2 Clasificación de las máquinas-herramientas

Se subdividen:

- a) El movimiento de corte lo posee la herramienta y el de avance la pieza. A este tipo pertenecen la limadora y la mortajadora.
- b) El movimiento de corte lo posee la pieza y el de avance, la herramienta: Cepilladora, etc.

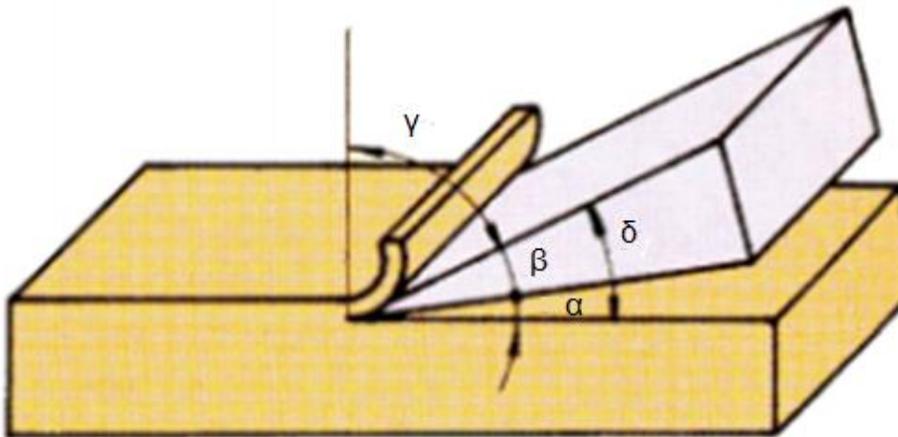
Máquinas con movimiento de corte circular continuo

Se subdividen:

- a) El movimiento de corte lo posee la pieza y el de avance, la herramienta: Torno, etc.
- b) El movimiento de corte lo posee la herramienta y el de avance puede darlo la misma o la pieza: Taladradora, fresadora, etc.

Las máquinas pueden ser también con herramienta de filo único (limadora, torno, etc.) o con herramienta de filo múltiple (taladradora, fresadora, sierra, etc.)

3.2.3 Ángulos de corte



- α: Ángulo de incidencia
- β: Ángulo de filo
- γ: Ángulo de desprendimiento
- δ: Ángulo de Corte

Figura 3.2 Ángulos de corte.

Los ángulos de corte están representados en la Fig. 3.2 El ángulo de desprendimiento es el que forma la herramienta con la normal a la superficie de la pieza. El ángulo de desprendimiento puede ser positivo o negativo, según la cuchilla esté inclinada a la derecha o a la izquierda de la normal. El ángulo que forma la herramienta con la superficie de la pieza se llama ángulo de incidencia.

Al ángulo correspondiente a la cuña que forman las caras de la herramienta se le llama ángulo de filo. Según sea el valor de este ángulo, así será la penetración.

La suma de los tres ángulos es de 90°. A la suma de los ángulos alfa y beta se le denomina ángulo de corte.

El ángulo de incidencia tiene como misión disminuir el rozamiento entre la herramienta y el material; su valor oscila entre 4° y 10°, dependiendo del material de la herramienta y de la dureza del metal que se trabaja.

El ángulo de desprendimiento es determinante de la clase de viruta; oscila entre 0° y 45°, dependiendo de la dureza y tenacidad del metal.

El ángulo de filo depende de los otros dos. No debe ser demasiado pequeño, pues puede romperse la herramienta. Ha de oscilar entre 50° y 60°.

3.2.4 Velocidad de corte

Es la velocidad de desplazamiento relativo de la pieza con la herramienta en la dirección del corte. Así pues la velocidad de corte es la velocidad con que se produce el movimiento de corte y por lo tanto la velocidad a que se realiza el corte.

Es de vital importancia la elección correcta de la velocidad de corte ya que de ella va a depender el coste del proceso, la duración de la herramienta, el tiempo de mecanizado e incluso la potencia necesaria en la máquina.

Las unidades en que se utiliza la velocidad de corte es el metro/minuto.

En las máquinas con movimiento rectilíneo:

$$V_c = \frac{L}{t}$$

L = longitud de corte en metros

t = tiempo en minutos.

En máquinas con movimiento circular: Partiendo de la relación existente entre la velocidad lineal y la angular, se tiene;

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = m/min$$

D = diámetro de la pieza en mm.

n = número de revoluciones por minuto.

De esta forma se calcula la velocidad teórica de corte. Pero este proceso es más complejo, y en él juega un papel muy importante la herramienta. Está claro que la velocidad de corte no se puede elegir arbitrariamente, con velocidades pequeñas, el tiempo de mecanizado es grande, mientras que si las velocidades son elevadas se calienta el filo de la herramienta por rozamiento, y tiene que ser reafilada, por haber perdido su capacidad de corte. Esto supone tiempo accesorio y en consecuencia, gastos. Por esta razón se define la velocidad económica de corte como aquella que permite obtener la máxima cantidad de viruta con el gasto mínimo.

Factores que influyen en la velocidad de corte

1. **Material de la pieza.** En general, los materiales blandos se mecanizan con mayores velocidades de corte que los duros, pues en los primeros la herramienta se embota más rápidamente. En los materiales blandos deben proyectarse las herramientas de corte de modo que las virutas largas tengan hueco suficiente para alojarse y debe cuidarse que haya una buena lubricación.
2. **Material de la herramienta.** El útil de corte ha de realizar su función sin romperse, soportar el aumento de temperatura inherente a la gran velocidad de corte sin perder su dureza y desgastarse lo menos posible. En resumen: debe ser duro, plástico, resistente al recocido y al desgaste.
3. **Sección de la viruta.** En general puede aceptarse que las secciones grandes de viruta, se obtienen con velocidades pequeñas de corte, mientras que con velocidades grandes sucede lo contrario.

4. **Refrigeración y lubricación del filo de la herramienta.** Se logra así disminuir el calentamiento por rozamiento, al mismo tiempo que se enfría la herramienta, pudiéndose aumentar la velocidad de corte.

5. **Duración de la herramienta.** Se considera como el intervalo que transcurre entre dosafilados consecutivos. Ensayos realizados demuestran que la relación entre el tiempo de vida útil de la herramienta y la velocidad de corte es una magnitud constante. Esto quiere decir que aumentando la velocidad de corte disminuye la vida útil de la herramienta.

3.2.5 Velocidad de rotación

Como ya sabemos, la velocidad de corte en movimiento circular viene dada por la expresión

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

. Como cada material tiene en cada proceso una velocidad de corte, cada máquina deberá tener una regulación de velocidad, que podrá ser de forma continua o escalonada. Con la variación de velocidad de forma continua, nosotros podremos seleccionar cualquier velocidad que necesitemos.

Si ponemos la expresión de la velocidad de corte de la siguiente forma:

$$V_c = \frac{\pi n}{1000} \cdot D \quad \frac{\pi n}{1000} = K$$

La expresión se convierte en

$$V_c = K \cdot D$$

Esta ecuación, en un sistema de coordenadas representa una familia de rectas de pendiente K. Al dar diferentes valores a n, según el tipo de máquina y el escalonamiento, obtenemos un diagrama en el que podemos calcular las velocidades de corte que se pueden obtener, según el diámetro y las revoluciones de la pieza.

La tabla de la figura representa en el eje horizontal el diámetro de la pieza en mm, en el vertical velocidad de corte en m/min, y en las líneas oblicuas se representa la gama de velocidades de giro de la máquina.

3.2.6 Fuerzas en el corte

Al producirse el corte es necesario el desprendimiento de viruta y como consecuencia de éste la rotura de parte del material; este material opone una resistencia a la rotura que es necesario vencer para poder realizar el trabajo.

Su conocimiento es muy importante para calcular la potencia en el mecanizado. Sin embargo, el cálculo analítico no es fácil a causa de los numerosos factores que intervienen. Por otra parte, son diferentes según el tipo de mecanizado.

3.2.7 Máquinas Herramientas

3.2.7.1 El Torno

En esta máquina el arranque de viruta se produce al acercarse la herramienta a la pieza en rotación, mediante el movimiento de ajuste. La herramienta penetra en la pieza, obteniéndose una viruta.

Las partes principales del torno vienen representadas en la siguiente figura:

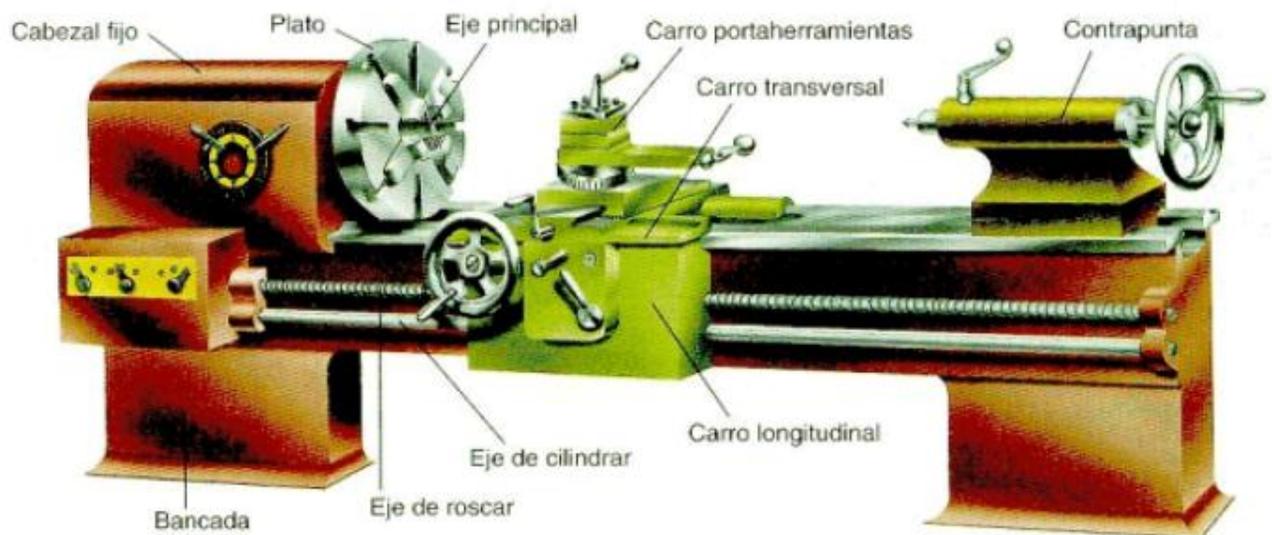


Figura 3.3 Partes principales del torno.

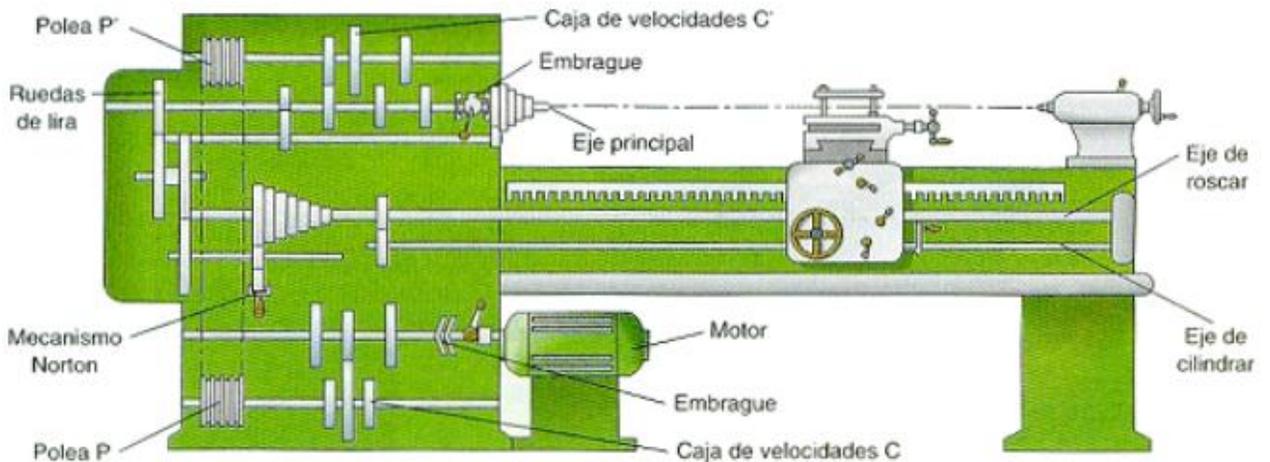


Figura 3.4 Partes internas del torno

Las principales operaciones son:

- El *Cilindrado*, que se realiza con la composición de movimientos de corte y avance de tal manera que cuando el movimiento de corte (que posee la pieza) es de forma circular continuo mientras que el de avance (poseído por la herramienta) es de forma rectilíneo en la dirección del eje de giro de la pieza con lo que se obtiene la generatriz de un cilindro.
- En el *refrentado* por contra, el movimiento de avance se realiza en un plano perpendicular al eje de giro de la pieza generando una superficie plana perpendicular al cilindro.

Con la combinación de estos dos trabajos básicos se pueden obtener una serie de trabajos derivados, como son:

- El *cajeado* que consiste en un cilindrado interior.
- El *ranurado*, que es un cilindrado en una franja estrecha (ranura).
- El *tronzado* que es una operación de refrentado que se realiza en una sección intermedia de la pieza avanzando hacia su eje hasta llegar a cortarla.

- El *roscado* se realiza como una operación de cilindrado con una velocidad de avance tal que entre dos secciones de corte consecutivas permanece un grueso de material sin cortar (filete).

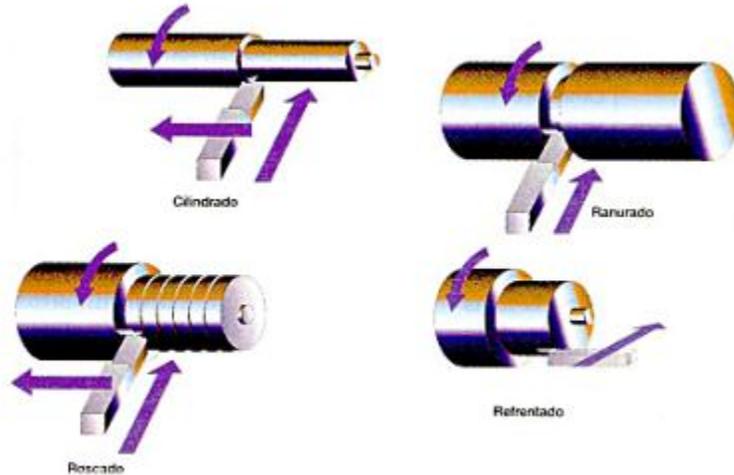


Figura 3.5 Operaciones Principales del Torno.

Además de las operaciones anteriormente expuestas, el torno puede realizar una gran variedad de operaciones tales como: *rectificado, fresado, taladrado, torneado cónico y esférico, moleteado, torneado de cigüeñales, roscado con machos y terrajas, etc.*

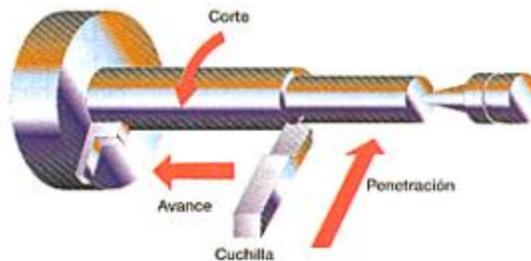


Figura 3.6 Dirección de los movimientos.

3.2.7.1.1 Herramientas del torno

Pueden adoptar formas muy diversas en consonancia con los trabajos que ejecutan. En todo caso, sin embargo, constan de dos partes: el mango y la cabeza o punta. Ambos pueden ser: con cuchilla fija en un soporte o con cuchilla recubierta superficialmente de metal duro o plaquita fija en un soporte.

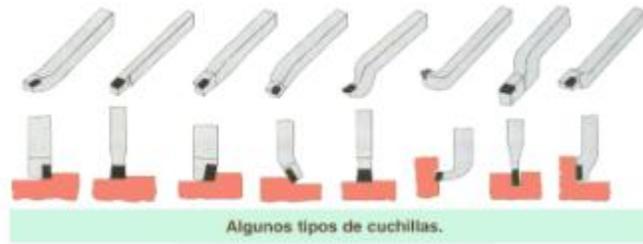


Figura 3.7 Algunos tipos de cuchillas.

La elección del tipo de herramientas a utilizar, se hace de acuerdo con el mecanizado a realizar y el material con el que se opera.

3.2.8 Mecanizado de titanio

El titanio se puede mecanizar en forma económica con un tipo de producción de rutina si los procedimientos de fabricación se establecen de manera acorde a las características físicas comunes al metal. Los factores que se deben considerar no son complejos, pero son esenciales para mecanizar el titanio en forma correcta.

Los diferentes grados de titanio, es decir, el titanio comercialmente puro y varias aleaciones, no tienen características de mecanizado idénticas; no más que otros aceros o todas las categorías del aluminio. Como el acero inoxidable, la baja conductividad térmica del titanio inhibe la disipación de calor dentro de la misma pieza de trabajo, por lo que necesita la aplicación adecuada de refrigerantes.

Si se respetan las siguientes directivas, se asegurará una buena vida útil de la herramienta y un mecanizado de aleaciones de titanio correcto:

- Mantenga las herramientas afiladas para minimizar el aumento de calor y el gripado.
- Utilice montajes rígidos entre la herramienta y la pieza de trabajo para contrarrestar la flexión de la pieza de trabajo.
- Use una cantidad generosa de fluidos de corte para maximizar la eliminación del calor.
- Utilice velocidades de corte más bajas.
- Mantenga altas velocidades de alimentación.
- Evite interrupciones en la alimentación (alimentación positiva).
- Extraiga las virutas de las máquinas con frecuencia

Los fabricantes experimentados compararon la capacidad de mecanizado de los grados de titanio comercialmente puros con la del acero inoxidable de 18-8 , siendo los grados de aleaciones de titanio algo más duros de mecanizar.

3.2.8.1 Torneado

El titanio comercialmente puro y sus aleaciones se pueden tornear con poca dificultad. Dentro de lo posible, se deben usar herramientas de carburo metálico para el torneado y el mandrinado ya que ofrecen una mayor productividad y una vida útil más prolongada. Cuando se utilizan aceros rápidos, se recomiendan velocidades super rápidas. Se debe evitar el desplazamiento de la herramienta y se debe aplicar un flujo constante y abundante de fluido de corte sobre la superficie de corte. Se deben utilizar los puntos giratorios ya que el titanio gripa los puntos fijos.

3.2.8.2 Fresado

El fresado del titanio es una operación más difícil que la de torneado. Las fresas de corte sólo parten de cada revolución y las virutas tienden a adherirse al diente durante esa parte de la revolución cuando los dientes no cortan. Al siguiente contacto, cuando se tira la rebaba, los dientes pueden resultar dañados.

Este problema puede paliarse en gran medida con el empleo de un fresado ascendente en vez de uno convencional. En este tipo de fresado, la fresa está en contacto con la porción más delgada de la rebaba cuando deja el corte, minimizando la "soldadura" de las rebabas.

Para el fresado tangencial, la pieza debe moverse en la misma dirección que el diente de corte; para el fresado frontal, el diente debe emerger del corte en la misma dirección que la alimentación de la pieza.

En el fresado de titanio, cuando falla el borde de corte, con frecuencia es debido al desbarbado. De este modo, los resultados con las herramientas de carburo metálico son, con frecuencia, menos satisfactorios que con aceros rápidos. El aumento de las velocidades de corte en un 20% a 30%, que es posible con herramientas de carburo metálico en comparación con herramientas de aceros rápidos, no siempre compensa los costos adicionales de desbaste de herramientas. Por lo tanto, se aconseja probar tanto aceros rápidos como herramientas de carburo metálico para determinar cuál es mejor para cada fresado. Se recomienda el uso de refrigerante con base acuosa.

3.2.8.3 Taladrado

Se puede hacer un correcto taladrado mediante un taladro afilado con la geometría adecuada y manteniendo la fuerza máxima de perforación para asegurar un corte continuo. Es importante que el taladro no se suba a la superficie del titanio, ya que esto endurecería la pieza y dificultaría el restablecimiento del corte.

Otro factor importante de la perforación de titanio es la longitud de la sección no reforzada del taladro. Esta parte del taladro debe tener la longitud apropiada para perforar hasta la profundidad requerida y dejar aún que las virutas fluyan libremente a través de las acanaladuras y fuera del orificio. Esto permite la aplicación de una máxima presión de corte, así como una rápida extracción del taladro para sacar las virutas y reacoplar el taladro sin roturas. También es importante el suministro adecuado de fluido de corte en la zona de corte.

Los taladros de aceros rápidos son útiles para aleaciones de menor dureza y para el titanio comercialmente puro, pero los taladros de carburo metálico son mejores para la mayoría de las aleaciones de titanio y para perforaciones de orificios profundos.

3.2.8.4 Aterrajado

El porcentaje de profundidad de la rosca tiene una influencia evidente en el éxito del aterrajado de titanio y se han obtenido mejores resultados con respecto a la vida útil de las herramientas con un rosca del 65%. La extracción de virutas es un problema que hace que el aterrajado sea una de las operaciones de mecanizado más complicadas. Sin embargo, en el aterrajado de orificios pasantes, este problema se puede simplificar mediante el uso de una terraja macho que empuje las virutas hacia delante de la terraja. Otro problema surge de las grietas de titanio sobre la faja de corte de la terraja que pueden causar el congelamiento de la terraja, o su fijación en el orificio. Un aceite de corte activado, como un aceite sulfurizado o clorado, sirve para evitar este problema.

3.2.8.5 Rectificado

Se puede rectificar titanio en forma correcta si se selecciona una combinación adecuada de fluidos de rectificado, rueda abrasiva y velocidad de la rueda. Se utilizan tanto ruedas de óxido de aluminio como de carburo de silicio. De manera considerable, se recomiendan velocidades de rueda más bajas que para el rectificado convencional de aceros. La alimentación debería ser liviana y se debe prestar especial atención al refrigerante. Una mezcla de refrigerante de nitrito de sodio y agua brinda buenos resultados en las ruedas

de óxido de aluminio. Las ruedas de carburo de silicio funcionan mejor con aceites sulfoclorados aunque pueden inflamarse y es importante inundar la pieza cuando se usan este tipo de refrigerantes.

3.2.8.6 Aserrado

Dos métodos comunes de aserrado de titanio son: continuo y alternativo. Al igual que en las operaciones de mecanizado, se establecen prácticas estándar para el aserrado de titanio. Se debe utilizar un equipo rígido, de alta calidad, que incorpore una alimentación positiva y automática. Las hojas de acero rápido son eficaces pero se debe consultar al fabricante sobre las recomendaciones específicas de la hoja y las prácticas de corte. Los fluidos de corte son necesarios.

El aserrado por frotamiento se emplea con frecuencia en el titanio. Las ruedas de corte de carburo de silicio enlazadas con caucho son útiles si se usan con refrigerantes de base acuosa para inundar la zona de corte.

3.2.8.7 Corte mediante chorro de agua

El corte mediante chorro de agua es una reciente innovación para cortar titanio. El corte por abrasión mediante chorro de agua de alta velocidad es muy eficaz para los cortes de alta velocidad y para producir bordes sin rebabas suaves. Se han cortado secciones de hasta tres pulgadas y el proceso no resulta, relativamente, afectado por las diferencias de dureza de la pieza de titanio.

3.2.8.8 Mecanizado por descarga eléctrica

Aunque no es común, los componentes complejos de titanio con detalles precisos se pueden producir mediante el mecanizado por descarga eléctrica (EDM, por sus siglas en inglés). El fluido dieléctrico consta a menudo de varios hidrocarburos (varios aceites) e incluso compuestos polares, como el agua desionizada. Se debe tener cuidado para evitar o eliminar cualquier contaminación sutil de la superficie en los compuestos sensibles a la fatiga.

3.2.8.9 Fresado químico

El fresado químico se ha utilizado ampliamente para dar forma, mecanizar o cortar compuestos de titanio complejos, especialmente para aplicaciones aeroespaciales (por ejemplo, carcasas de motores a reacción). En general, estas soluciones acuosas de ataque

químico consisten en HNO_3 -HF o ácidos de HF diluidos, con el contenido de HNO_3 ajustado para minimizar la absorción de hidrógeno según la aleación específica.

3.3 Necesidades

3.3.1 Recursos Necesarios

Las instalaciones deben contar con un laboratorio de metrología dimensional, un taller de mecanizado y una oficina-despacho destinada al estudio de procesos y a la obtención de resultados.

Todas estas instalaciones cumplen las condiciones exigidas en materia de Seguridad y Salud laboral, conforme a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995.

El laboratorio de metrología dimensional dispone de un equipo de microscopía óptica, con el Microscopio estereoscópico Nikon SMZ800 y una cámara Kappa Dx 10-1394 con conexión IEEE1394 de 6,3x aumentos (Figura 7.23); además cuenta con un rugosímetro de palpador tipo "Perthometer M1", con una incertidumbre del 5% para el Ra y 5.1% para Rmax (Figura 7.24); y una máquina de medición por coordenadas; cuenta con diversos patrones e instrumentos de medida manual como pies de rey, galgas, micrómetros y comparadores entre otros.



Figura 3.8 Microscopio estereoscópico Nikon SMZ800



Figura 3.9 Rugosímetro de palpador tipo “Perthometer M1”

Las condiciones de trabajo del laboratorio responden a las estandarizadas por las normas internacionales; Se encuentra ubicado lejos de las zonas de trabajo, y separado convenientemente del área de ensayos; Posee el aislamiento térmico y de vibraciones que corresponde a este tipo de laboratorios y las condiciones ambientales son las siguientes:

- Acondicionamiento de temperatura de laboratorio de taller: (20 ± 2) °C
- Margen de humedad relativa: (50 ± 10) %
- Sobrepresión estática respecto al exterior de 23'5 Pa
- Nivel de iluminación de 1200 luxes

El taller de ensayos se dispone de un centro de torneado horizontal Centro de torneado horizontal EMCO TURN 242 con control numérico Emcotronic TM02 de 2 ½ ejes, Para realizar ensayos de torneado horizontal en seco.



Figura 3.10 Centro de torneado EMCO TURN 242

De igual forma se dispone de un torno y una fresadora semiautomáticos.



Figura 3.11 Fresadora Semiautomática



Figura 3.12 Torno Semiautomático

Una máquina de embutición STRUERS Labopress 3, una maquina de pulido STRUERS Tegrapol 11, una máquina de corte con sierra de diamante STRUERS Labotom 3.



Figura 3.13 Máquina de pulido Tegrapol 11



Figura 3.14 Máquina de corte con sierra de diamante Labotom 3



Figura 3.15 Máquina de embutición Labopress 3

Se completa la zona destinada a I+D+i con la oficina, con material de oficina correspondiente y los servicios informáticos necesarios para el análisis de datos y la expedición de resultados.

El equipo humano que se encarga de la gestión del laboratorio está formado por el responsable de Investigación y desarrollo, el ingeniero de investigación y desarrollo, el responsable de documentación y los dos técnicos de análisis de resultados de investigación, realizando estos tres últimos toda la labor de campo, como se ha mencionado antes en otro apartado.

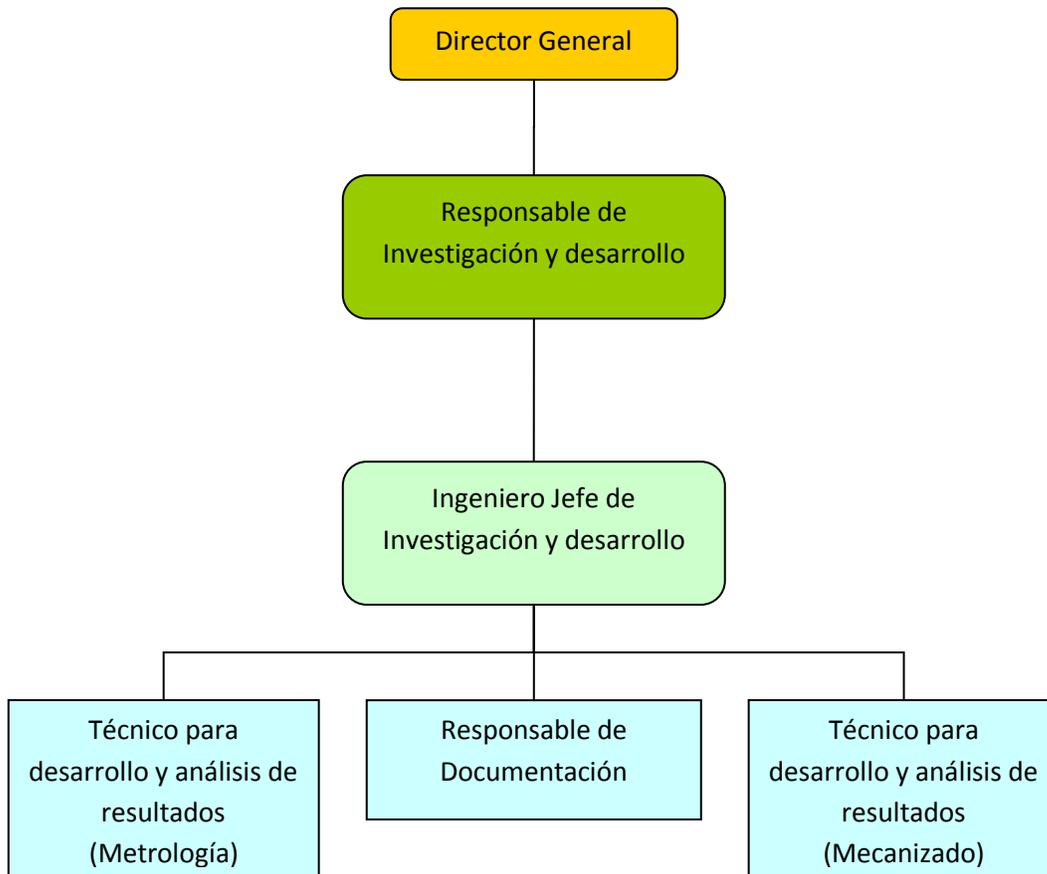


Figura 3.16 Estructura organizativa de I+D+i

3.3.2 Especificaciones

3.3.2.1 Cortadora metalográfica

Descripción

Cuando se quiere estudiar metalográficamente una muestra es posible que ésta, debido a su tamaño, deba ser seccionada previamente. Esta muestra que resulta de realizar un

corte a un trozo mayor de material debe ser lo suficientemente representativa, a forma de sistema, para que contenga las propiedades y características del bloque de partida.

En este contexto, cuando entra como protagonista la cortadora metalográfica, es el instante donde tiene cabida el estudio que se quiere llevar a cabo: el corte. Esencialmente, una cortadora es un equipo capaz de cortar con un disco especial de corte por abrasión, mientras suministra un gran caudal de refrigerante.

Es importante justificar una serie de características que van unidas a la definición citada. Se trata únicamente de indicar a forma de pautas el porqué del uso de esta máquina. Por una parte, se señala que el disco utilizado debe estar compuesto de partículas abrasivas. Esto es importante debido a que ofrece la mejor opción en cuanto a tiempo necesario para llevar a cabo el corte. También es imprescindible el uso de un gran caudal de refrigerante. En los procesos de corte, los materiales adquieren temperatura poco a poco y esto es precisamente lo que se debe evitar en estos procesos metalográficos. La muestra no se debe alterar térmicamente para no modificar las condiciones microestructurales de la misma.

También otros factores deben ser explicados, además de los citados, para completar un esbozo sobre las ventajas que ofrece el corte metalográfico:

- *Deformación de la muestra.* En todo proceso de corte de materiales metálicos se produce deformación plástica de material al ser arrancado. El objetivo que se debe conseguir en nuestro contexto es reducir al máximo esta deformación y es posible mediante la sinergia que produce el combo disco abrasivo y gran caudal de lubricante. De esta forma se consigue una optimización del proceso de corte gracias a una reducción del tiempo ya que el disco está en contacto con la muestra un breve periodo de tiempo.
- *Superficie plana.* Es importante destacar que la calidad del acabado superficial que ofrece la máquina después de realizar el corte es bastante alta. Esto se antoja fundamental para reducir tiempos en todo el proceso metalográfico, ya que no se debe olvidar que el trasfondo de todo proceso debe ser incurrir en la mejora continua, así como en la optimización de tiempos para no dejar de ofrecer calidad.

A modo de observación final cabe destacar que el empleo de esta máquina, que contiene líquidos tóxicos para la refrigeración y lubricación del corte, requiere de unas condiciones mínimas de trabajo y conservación que aseguren un buen mantenimiento de la misma.

Máquina del Laboratorio: Labotom 3

Se trata de una máquina de corte de mesa para el corte manual de especímenes y muestras metalográficas.



Figura 3.17 Cortadora Metalográfica

Las principales características de la máquina son:

- Contiene un sistema de fijación rápida que permite la fijación fácil de cualquier forma irregular en la mesa de corte.
- La palanca de corte es ajustable para satisfacer adaptabilidad a la altura del técnico que opere.
- Incluye una manguera para una mejor limpieza.

Además de las características señaladas el equipo cuenta con adecuados niveles de seguridad y de plena manejabilidad a la hora de realizar el corte. Todo esto hace que sea un equipo con requerimientos adecuados para el Laboratorio de Ingeniería de los Procesos de Fabricación.



Figura 3.18 Labotom-3

Tabla 3.4 Aplicación de los discos para máquina Labotom-3

Tipo de disco	Aplicación	Labotom-3
	<i>Metales plásticos muy blandos</i>	
I	<i>Metales no ferrosos blandos</i>	36TRE
II	<i>Metales muy dúctiles (Ti)</i>	40TRE
III	<i>Metales ferrosos blandos</i>	35TRE
IV	<i>Metales ferrosos medio blandos</i>	34TRE 37TRE
V	<i>Metales ferrosos medio duros</i>	33TRE
VI	<i>Metales ferrosos duros</i>	32TRE
VII	<i>Metales ferrosos muy duros</i>	31TRE
VIII	<i>Metales ferrosos extremadamente duros</i>	38TRE*
IX	<i>Carburos sinterizados. Materiales cerámicos Duros</i>	24TRE
X	<i>Minerales y materiales cerámicos</i>	25TRF

*Abrasivo:

CBN

Refrigerante



Figura 3.19 Bidón de refrigerante y bomba con conductos de recirculación



Figura 3.20 Refrigerante incidiendo sobre el disco.

Mantenimiento

Las corladoras metalográficas no necesitan especial atención en cuanto a cuidados de maquinaria se refiere. Es más importante mantener limpios, de partículas de material, los conductos y el desagüe, así como revisar de vez en cuando el sistema de refrigeración.

También es necesario revisar el sistema de sensores para evitar condiciones de operación que no estén permitidas.

El resto del mantenimiento se reduce a mantener limpia la máquina tanto exterior, mediante una limpieza con un trapo húmedo, como interior, mediante la limpieza de la mampara, de las ranuras en T, motor, etc.

Respecto a los fungibles y utillaje utilizados, es necesario cumplir una serie de requisitos:

- Guardar en un lugar seco los fungibles que se utilicen y guardarlos correctamente después de su uso.
- Después de cada corte deja la mampara protectora abierta.

3.3.2.2 Embutidora

Descripción

Dentro del marco de la metalografía actual es imprescindible el uso de la embutición de material en resina. Las ventajas que ofrece este procedimiento son reconocidas y sus utilidades múltiples. Algunas de estas ventajas consisten en una mejora de manejabilidad de muestras de diverso tamaño y otras van encaminadas a mejorar los resultados finales de preparación metalográfica. Tampoco debemos olvidar que este proceso permite garantizar una conservación perfecta de los bordes y ofrece protección de las capas constituyentes de la muestra.

A continuación, se ofrece con más detalle una explicación de las ventajas que conlleva un correcto proceso de embutición:

- *Factor de tamaño de muestra.* Es crucial en el proceso para facilitar la manipulación de muestras.

Se puede dar el caso en los que sea necesario el estudio de muestras de escaso tamaño. Para este tipo de muestras, que conlleva una dificultad añadida en cuanto a manipulación manual, es necesario el proceso de embutición para mejorar las posibilidades de manipulación de la muestra y mejorar así, la preparación final. De forma contraria, también puede surgir la necesidad de estudiar las propiedades de grandes secciones y volúmenes de material que escapen a las posibilidades físicas de tamaño que ofrece la máquina. Por ello, para muestras de un tamaño considerable se debe seleccionar, a elección del interesado y la finalidad del

estudio, una parte de todo el conjunto que llamaremos muestra (que cortaremos previamente).

- *Factor geométrico.* Es determinante tener en cuenta la forma, volumen y geometría de la muestra que se desea embutir, así como su colocación.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la distribución o forma particular de la muestra a embutir ya que puede ver modificada su geometría mediante la carga de compactación. Otro aspecto importante es la cantidad de resina utilizada, es decir, se debe buscar una colocación de muestra, lo más óptima posible, que suponga un ahorro tanto de tiempo, al compactar menos resina, y de dinero, al usar menos cantidad de la misma.

De la misma forma, otro aspecto importante es la colocación de la muestra sobre el émbolo. Si se quiere un estudio de la superficie de un material se colocará la muestra directamente sobre la cara del émbolo y será cubierta de resina, en cambio, si se requiere de un estudio más exhaustivo de la pieza (un posible corte) o mejorar la conservación de la misma, ésta será embutida entre capas de resina.

- *Factor de protección.* Quizás pueda parecer el factor que menos influye de forma directa sobre el proceso de embutición, pero no se le debe restar importancia. Al embutir una muestra no sólo conseguimos mejorar la conservación de la pieza, como mencionamos en el párrafo anterior, sino que también la dotamos de un factor de protección.

Otro factor interesante a tener en cuenta en estos procesos es el tiempo empleado en embutir las muestras. Una optimización de este factor viene dada como resultado de una mejora de los procesos de embutición de forma continua, donde intervienen diversos factores como el tipo de material, volumen de muestra, geometría, modelo de resina y tipo de montaje.

Es importante destacar, de cara a un correcto acabado final, que el proceso comienza con la preparación de la muestra que se desea embutir. Antes del montaje, las muestras deben ser limpiadas. Su superficie debe quedar libre de agentes contaminantes que puedan dificultar la adhesión de la resina, como la grasa o las partículas de suciedad.

Máquina seleccionada para experimentales

Este modelo, también de Struers, permite montajes en periodos cortos de tiempo seleccionando parámetros como el tiempo de calentamiento y enfriamiento y fuerza/presión.



Figura 3.21 Máquina LaboPress-3

Las principales propiedades de este modelo son:

- Ahorro de energía: se ha fusionado las bobinas de calefacción/refrigeración y de montaje del cilindro para conseguir una unidad más compacta y ligera. Esto permite una transferencia de calor más rápida y por lo tanto se reducen los tiempos de calentamiento y enfriamiento.
- Dos niveles de calefacción. Para resultados rápidos se usará 180°C y para muestras sensibles al calor se usará 150°C.
- Doble embutición. Mediante el uso de un carnero intermedio opcional, la capacidad de la prensa puede ser duplicada con dos montajes al mismo tiempo.
- Cierre superior. Se trata de un cierre de rosca con forma de bayoneta. Favorece aspectos ergonómicos sumados a la simplicidad del cierre para un ahorro de tiempo. La rosca es exterior triple para una contaminación de resina improbable.
- Bomba hidráulica. Se trata de una bomba de bajo consumo y mínimo nivel de ruido. La unidad electro-hidráulica tiene un control de motores avanzados para

que cuando se alcance la presión de servicio requerida éste se pare. Esto se traduce en un bajo consumo de energía.

Las características de dicho equipo hacen del mismo una elección segura para cubrir las necesidades básicas de laboratorio y está indicada para una limitada cantidad de muestras y alto requerimientos de preparación, lo que la hace la máquina idónea para un laboratorio de investigación. Además, como se comenta en las características es una máquina de gran flexibilidad en cuanto a adaptabilidad de módulos se refiere.

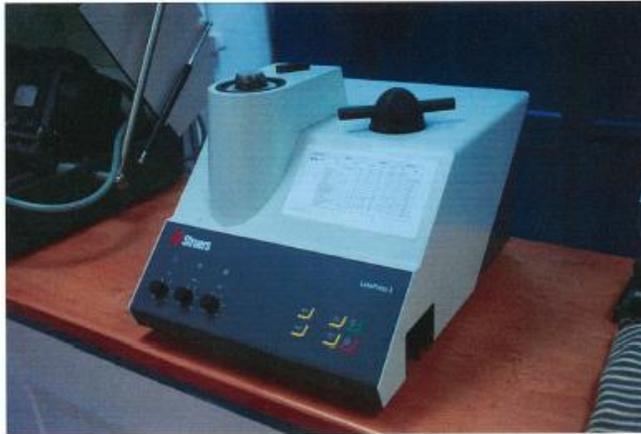


Figura 3.22 Máquina LaboPress-3 en el laboratorio.

Resinas

El centro de gravedad de los procesos de montaje, además de los ya mencionado, son los compuestos que se usan para el montaje de muestras, a saber, las resinas.

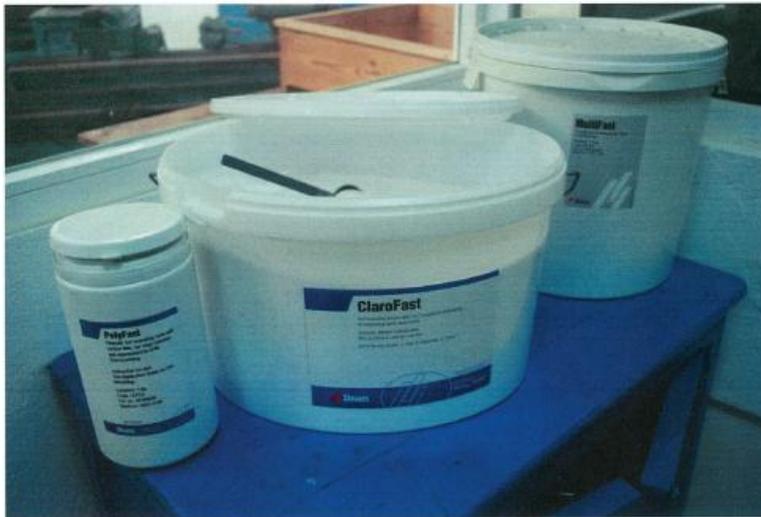


Figura 3.23 Distintos tipos de resina usados para montaje en caliente

Cada tipo de resina tiene unas propiedades determinadas que le proporciona diferentes cualidades, así como ventajas y defectos, al proceso. Además, cada una es usada para una finalidad específica. A continuación, se va a mostrar un cuadro explicativo a modo de introducción para conocer los aspectos más generales de las resinas usadas, para montaje en caliente, de la gama Struers.

Tabla 3.5 Tipos de resina.

Resina	Aplicación	Propiedades específicas	Material
ConduFast	Electropulido	Conductora de la electricidad, contracción muy baja	Resina acrílica con carga de polvo de hierro, termoplástica, gris
ClaroFast	Montajes transparentes en vidrio, muestras porosas, aislante eléctrico superficial para Condufast	Transparente, contracción media	Acrílico, termoplástico
PolyFast	Conservación de los bordes SEM EDS	Contracción muy baja, velocidad de eliminación de material media	Resina fenólica con carga de carbono, termoendurecible. Negra
IsoFast	Conservación de los bordes, Planitud	Contracción baja. velocidad de eliminación de materia baja	Dialiftalato con carga de fibra de vidrio, termoendurecible, verde
DuroFast	Conservación de los bordes. Planitud	Contracción muy baja, buena adherencia. velocidad de eliminación de material muy baja	Resina epoxi con carga mineral termoendurecible. negra

Multifast	Exámenes de rutina, resina de soporte	Contracción baja, velocidad de eliminación de material media	Resina fenólica con carga de serrín. termoendurecible. negra
MultiFast Green	Exámenes de rutina, marcaje en Color	Contracción baja. velocidad de eliminación de material media	Resina fenólica con carga de serrín, termoendurecible. verde
MultiFast Brown	Exámenes de rutina, marcaje en Color	Contracción baja. velocidad de eliminación de material media	Resina fenólica con carga de serrín, termoendurecible. marrón
Pre-Mount	Montaje en serie de muestras con formas poco complicadas	Fácil de manejar, contracción baja. velocidad de eliminación de material media	Resina fenólica con carga de serrín en forma de tabletas, termoendurecibles. Negra

Mantenimiento

El mantenimiento de las máquinas de embutición es muy sencillo. Son máquinas compactas y robustas. Cada cierto tiempo es conveniente limpiarla con un trapo húmedo. Es importante mantener la zona del émbolo limpia y seca, ya que es una zona donde se pueden producir obstrucciones debidas a la acumulación de resina compacta o sin compactar.

Otro factor es la regulación del grito de chorro de agua que permite refrigerar las muestras durante en enfriamiento.

Respecto a los fungibles utilizados, es necesario cumplir una serie de requisitos:

- Todas las resinas deben ser guardadas en lugares limpios y secos. Siempre deben estar tapadas en su tanque contenedor original y evitar almacenarlas en lugares húmedos.
- Es importante habilitar un armario para guardar los accesorios de la maquina como el útil de limpieza, el accesorio grabador o el stick antiadherente.

3.3.2.3 Pulidora

Descripción.

Para preparar las muestras metalográficas de cara a su examen final en el microscopio es necesaria una preparación mecánica final. Esta preparación consiste en someter a la pieza a un contacto directo con un abrasivo con partículas cada vez más finas, de forma que se pueda conseguir un resultado óptimo.

La finalidad es llegar a un acabado perfecto que sea comparable a la estructura verdadera del material. A modo de excepción, en algunas ocasiones no es necesario finalizar todo el proceso para obtener el estado de muestra que se requiere.

Exponiendo una descripción breve del proceso, decir que se trata de reducir el grado de deformaciones de las muestras a lo más mínimo posible. Este propósito se consigue mediante la combinación de utilizar la máquina de preparación de muestras mecánicas con el uso de discos o paños, especiales por su geometría y aplicación, combinados con lo que suele ser generalmente un abrasivo o un lubricante. Cada disco o paño y tipos de abrasivos y lubricantes se explicarán debidamente en su justo momento de una forma más extensa. Esta sinergia permite alcanzar los objetivos del proceso de preparación de muestras mecánicas.

El objetivo último del proceso es conseguir preparar las muestras de una forma sistemática y reproducible para garantizar un resultado óptimo al menos coste posible. Para conseguirlo, se deben tener en cuenta diferentes aspectos. Uno de ellos es la finalidad del proceso, es decir, la utilidad que va tener la muestra después de la preparación y lo que se requiere de ella. Otro aspecto, no menos importante y en el que se va a hacer más hincapié en el presente documento, es operar de forma correcta en el marco de la preparación mecánica. Es determinante, de cara al resultado final, la correcta elección de todos los fungibles que intervienen en el proceso, así como las partículas abrasivas.

Cabe destacar que la experiencia en procesos metalográficos ha demostrado que la reproducibilidad de los resultados y la calidad de las preparaciones dependen de la automatización de los procesos. Esto permite, como se señaló en el párrafo anterior, un ahorro de dinero y un consumo controlado de fungibles.

Si profundizamos en la preparación mecánica de las muestras que van a ser pulidas, el proceso se puede dividir en dos operaciones bien diferenciadas: el esmerilado y el pulido.

Sistemas de lubricación, abrasivos y fungibles

Un componente fundamental para la preparación de muestras mecánicas y que se explica en puntos posteriores son los productos fungibles que rodean el contexto de la preparación mecánica de muestras.



Figura 3.24 Diferentes tipos de fungibles para la preparación mecánica.

La correcta utilización de discos, paños, lubricantes y abrasivos, así como su combinación, son determinantes para la posterior fase en la metalografía: la observación en el microscopio.

Máquina seleccionada para experimentales.

La máquina seleccionada para realizar los experimentales se sitúa en el marco del modelo TegraSystem, más concretamente dentro de la gama TegraPol. Se trata de la máquina TegraPol-11.



Figura 3.25 Imagen de TegraPol-11.

El TegraSystem está diseñado como un sistema modular flexible que permite combinar las diferentes partes para satisfacer todo tipo de necesidades. Además, permite obtener beneficios como reproducibilidad, eficiencia y rapidez gracias a la red de integración.

Las máquinas TegraPol de esmerilado y pulido son robustas, fiables y de gran alcance, basada en tecnología probada y diseñadas para la preparación de todo tipo de muestras metalográficas.

Algunas características de la gama TegraPol son:

- Disponible en tres tamaños de discos diferentes para satisfacer toda la capacidad de requisitos.
- Disponible con dos tipos de velocidad diferentes: una para preparación de muestras estándar y otra para aplicaciones especiales.
- Pueden ser utilizadas para la preparación de muestras manuales o bien estar equipadas con motor de muestra y sistema de dosificación.
- Operaciones fáciles y sencillas.
- TegraPol detecta automáticamente las unidades detectadas sin necesidad de configuración.

- Suministra energía a todas las unidades conectadas.
- Robusto y potente diseño para asegurar años de tratamiento de muestras sin necesidad de arreglar posibles problemas.

Por lo tanto, Tegrapol-11 es una máquina que cubre todas las necesidades básicas de laboratorio. Usa discos de 200mm de diámetro, está indicada para una limitada cantidad de muestras y alto requerimientos de preparación, lo que la hace la máquina idónea para un laboratorio de investigación. Además, como se comenta en las características es una máquina de gran flexibilidad en cuanto a adaptabilidad de módulos se refiere.

3.3.2.3.1 Productos fungibles

Como todas las máquinas involucradas en el proceso metalográfico, la máquina relacionada con la preparación mecánica de muestras también cuenta con una innumerable gama de productos disponibles.

Para seguir trabajando en la misma dinámica que el resto de máquinas y productos, se procede a continuación a explicar la cantidad de material fungible en el contexto de la marca Struers.

Sistema MD

Este proceso reduce el proceso de esmerilado en apenas dos pasos limitando el tiempo total de preparación.

El disco MD es un disco soporte magnético. Con este simple soporte, que es posicionado en la máquina de esmerilado y pulido durante el proceso de preparación, es posible solventar problemas de rapidez, de cambio de disco en la máquina y problemas de almacenamiento ya que se evita tener un disco soporte para cada proceso. De esta forma, todos los discos y paños son, de la misma forma, magnéticos para poder acoplarse al disco MD.



Figura 3.26 Disco MD

Los sistemas MD incorporan discos de esmerilado plano, esmerilado fino y paños de pulido.

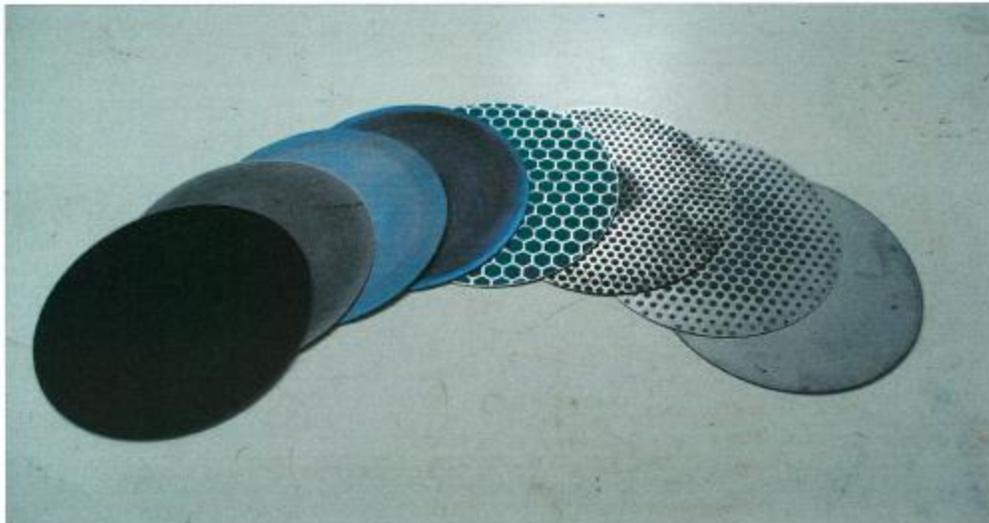


Figura 3.27 Discos y paños magnéticos MD

Discos de esmerilado plano

El primer paso del esmerilado consiste usualmente en un esmerilado plano. El esmerilado plano garantiza que las superficies de todas las muestras sean similares, independiente de su estado inicial y del tratamiento previo al que hayan podido ser sometidas.

Además cuando es necesario preparar varias muestras a la vez en un portamuestras, las superficies de todas ellas deben quedar en un mismo nivel para su ulterior preparación.

Para eliminar el material con rapidez, se utilizan partículas fijas de abrasivo, de un grano relativamente grueso. Según las propiedades del material, pueden utilizarse diferentes tipos de abrasivos:

- El *Sic* para esmerilado de materiales blandos y no ferrosos.



Figura 3.28 Papel SiC.

El papel de SiC se usa para esmerilado con agua de materiales.

Disponible en cuatro dimensiones, con un rango de tamaños de grano entre 80 y 4000, con reverso corriente (sin adhesivo) o reverso con adhesivo (PSA).

- Al_2O_3 piedras de esmerilado o papel para materiales ferrosos.

Los discos MD para esmerilado tienen características diferentes y cada uno de ellos se utiliza en determinadas ocasiones dependiendo de las propiedades del material. Un factor importante a tener en cuenta, entre otros, es la dureza. Los discos de esmerilado plano son los siguientes:

- *MD-Fuga*. Es un disco de metal con una capa adhesiva de un lado. La capa adhesiva está hecha para sostener el papel SIC, haciendo que durante la preparación este bien segura. Más de 50 piezas de papel pueden ser usadas en el mismo MD -Fuga.

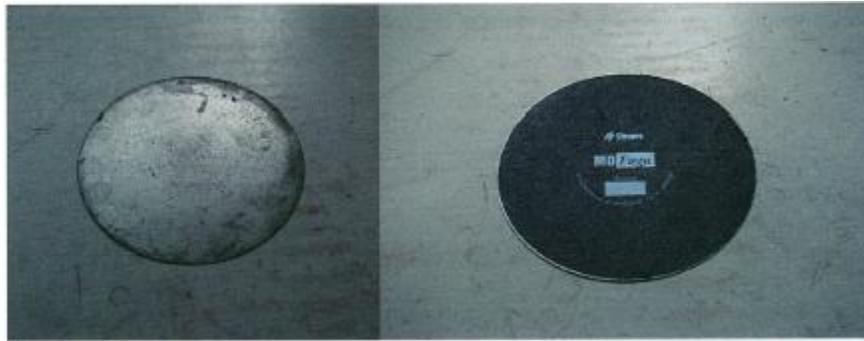


Figura 3.29 Disco MD-Fuga.

- *MD-Primo*. Es un disco para obtener planitud, que contiene SIC embutido en resina. Se utiliza para la primera etapa de preparación de materiales muy blandos y materiales no-férreos que están comprendidos en un rango de dureza de HV 40-150.

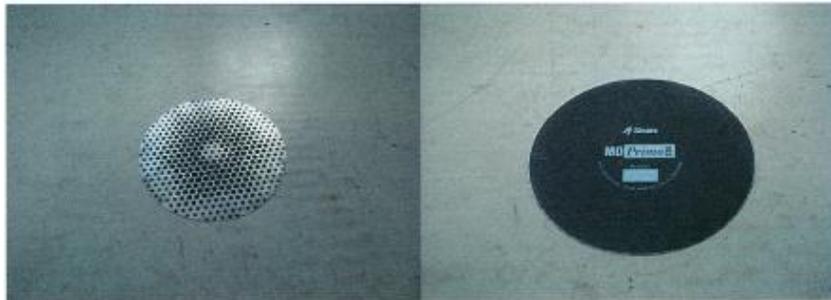


Figura 3.30 Disco MD-Primo.

- *MD-Piano*. Es un disco para obtener planitud. que contiene diamante embutido en resina. Se utiliza para la primera etapa de preparación de materiales con una dureza de HV>150. Los discos tienen como característica una larga duración de uso con una capacidad constante de arranque de material. Su tiempo de utilización equivale a unos 60-100 discos de papel abrasivo de SIC. Se pueden utilizar tanto en las preparaciones manuales como automáticas, teniendo el agua como lubricante.

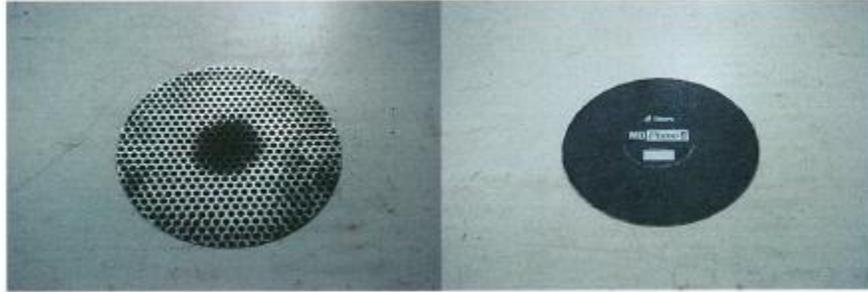


Figura 3.31 Disco MD-Piano.

- *MD-Forte*. Es un disco para obtener planitud que contiene diamante embutido en resina con níquel. La resina embutida con níquel es mucho más resistente que una resina normal lo que garantiza un mayor tiempo de uso comparado con el MD-Piano. Se puede utilizar para todos los materiales con dureza HV > 40.

Discos de esmerilado fino

El siguiente paso es el esmerilado fino. La función del esmerilado fino debe ser remover la deformación existente del corte o esmerilado plano y producir una superficie que esté lista para el pulido. Elegir el material correcto para esmerilado fino es sumamente importante para asegurar una rápida y económica preparación.

Tradicionalmente el esmerilado fino es llevado a cabo en diferentes pasos con el papel SIC. Este método es particularmente común con la preparación manual. Es el proceso de esmerilado fino más eficiente, sin embargo, conteniendo diamantes como abrasivos. En MD-Allegro, MD-Largo o varios paños de esmerilado fino, el abrasivo es aplicado durante el proceso. La selección de la resistencia del paño tendrá un efecto dramático en los factores tales como la velocidad del material de remoción, de planitud y retención de bordes. Además, el tamaño de grano abrasivo se puede adaptar exacto a los requisitos materiales.

Los discos usados para esmerilado fino, y mencionados en el párrafo anterior, son:

- *MD-Allegro*. Es un disco de material composite para esmerilado fino. MD-Allegro se utiliza para los materiales en un rango de dureza de HV > 150 en una sola etapa. Si se utilizan los discos es necesario añadir suspensión o spray de diamante como abrasivo y un determinado lubricante.

- *MD-Largo*. Es un disco de material composite para esmerilado fino. MD-Largo se utiliza para los materiales blandos en un rango de dureza de HV 40-150 en una sola etapa. MD-Largo se recomienda también para esmerilado fino de materiales de composite. Si se utilizan los discos es necesario añadir suspensión o spray de diamante como abrasivo y un determinado lubricante.

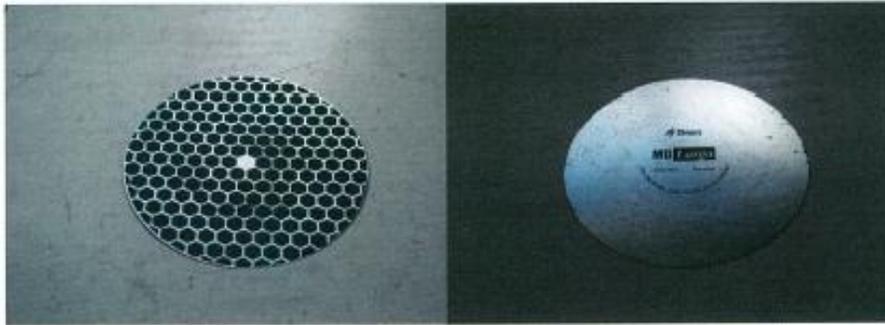


Figura 3.32 Disco MD-Largo.

- *MD-Piano 1200*. Es un disco para esmerilado fino que contiene diamante embutido en resina. Se puede utilizar para materiales con dureza HV > 150. MD-Piano 1200 se utiliza principalmente para esmerilado fino. Como lubricante se utiliza agua.

Paños de pulido y sistema MD

Para remover deformaciones de esmerilado fino y obtener una superficie altamente reflexiva, el espécimen debe ser pulido antes de ser examinados en el laboratorio.

El pulido se realiza en paños con diferentes resistencias y usando diferentes abrasivos.

Para alcanzar la remoción de material eficiente y para cortar constantemente todos los materiales y fases, el abrasivo utilizado es el más duro: diamante. Los diamantes están disponibles de tamaños de grano que se extienden de $1/4$ a $45 \mu\text{m}$.

Los paños de pulido de Struers son hechos de materiales cuidadosamente seleccionados. Las pruebas extensas han conducido al desarrollo de paños de pulido de gran calidad y durabilidad de la preparación. Cada paño consiste de un número de capas: la parte más importante es la actual de esmerilado fino/pulido de superficie. Una variedad de tejido, no-tejido, y paños es utilizada, dependiendo de sus características con respecto a la retención y a la textura abrasiva del grano. En cada caso la superficie del paño es seleccionada con objeto de alcanzar el mejor funcionamiento posible.

Los paños de pulido están disponibles en dos versiones: Paño-MD y DP/OP. Los paños MD están equipados con un respaldo magnético y son usados en discos-MD. Los Paños DP (pulido con diamante)/OP (pulido con óxido) están equipados con un adhesivo que es adherido en un disco de aluminio. Las superficies de trabajo de ambas versiones de paños de pulido son idénticas.

Los discos de pulido se clasifican como MD-Cloths. Existe la posibilidad de utilizar una gran variedad de materiales para todos los métodos de preparación en la etapa de pulido.

Los paños de pulido usados en preparación de muestras son:

- *MD/DP-Plan*, Se trata de un tejido llano cuya tela es poliéster. El poliéster es un tejido textil rígido que imprime un alto grado de planitud. El uso de ligamento de tafetán ofrece una estructura que proporciona un alto grado de contacto entre la muestra y el material. Se usa para la trituración de materiales blandos y como disco de pre-pulido de materiales duros.
- *MD/DP-Pan*. Se trata de un impregnado textil no tejido. Se usa como esmerilado fino y pulido grueso de materiales blandos.
- *MD/DP-Dur*, *MD/DP-Dac* y *MD/DP-Sat*. Estas telas están compuestas de textiles muy finos que garantizan un alto grado de planitud. Otra característica es que el tejido proporciona el más alto grado de contacto entre muestra y paño. Estas telas se usan para pasos intermedios de pulido. El Dur es 100% pura seda, mientras que el Dac está compuesto de un acetato muy fino. El Sat está compuesto también de acetato y está especialmente bien adaptado para el pulido manual.

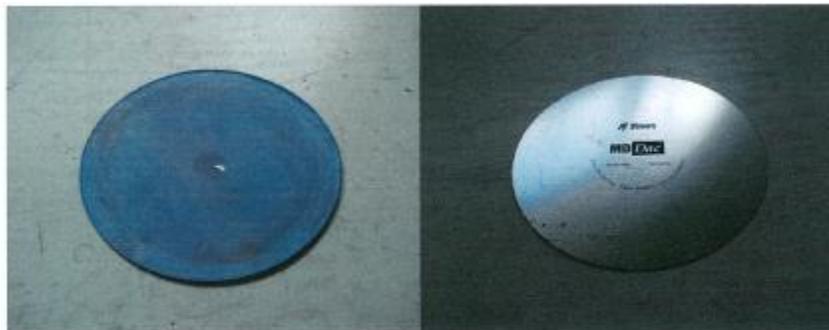


Figura 3.33 Disco MD-Dac.

- *MD/DP-Mol, OP-Nat y OP-Felt.* Los discos Mol están compuestos por lana al 100%. Su fino tejido hace que sea el paño indicado para un pulido agresivo con abrasivo de diamante con 3 μm . de tamaño de grano. Su tratamiento desarrollado de libras de lana hace que este disco posea una vida muy larga. Los paños Nat y Felt también están compuestos de lana al 100% y se adaptan bien al pulido con productos de alúmina.

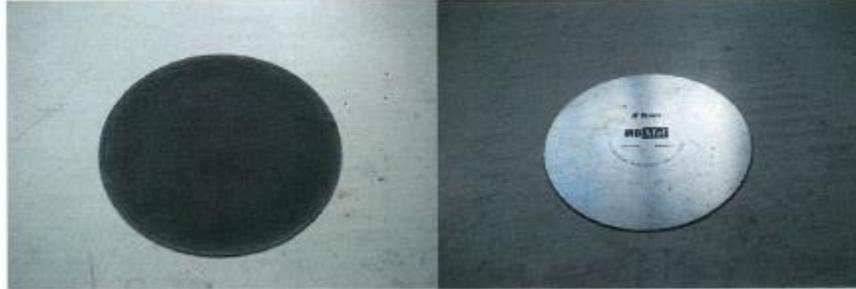


Figura 3.34 Disco MD-Mol

- *MD/DP-Plus, MD/DP-Floc y MD/OP-Nap.* La naturaleza de estos tejidos blandos y su capacidad para sostener grandes cantidades de suspensión y lubricante, hace de estos paños un elemento ideal para el pulido de diamante y el pulido de óxido. Su tela, a base de fibras, es adecuada para los diamantes y el óxido de pulido de todos los materiales.
- *MD/OP-Chem.* La tela del paño Chem es una espuma de neopreno con células abiertas que actúan como pequeños pozos para albergar grandes cantidades de líquido. A medida que aumenta el tiempo de pulido, estos pozos se comprimen y genera un bombeo que asegura un gran contacto entre el abrasivo y la muestra. Tiene un alto grado de resistencia química y es ideal para el pulido de óxido ya que son productos químicamente agresivos.

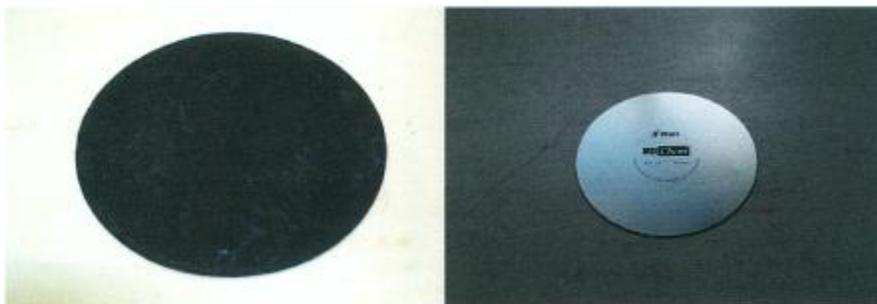


Figura 3.35 Disco MD-Chem

Productos Diamantados

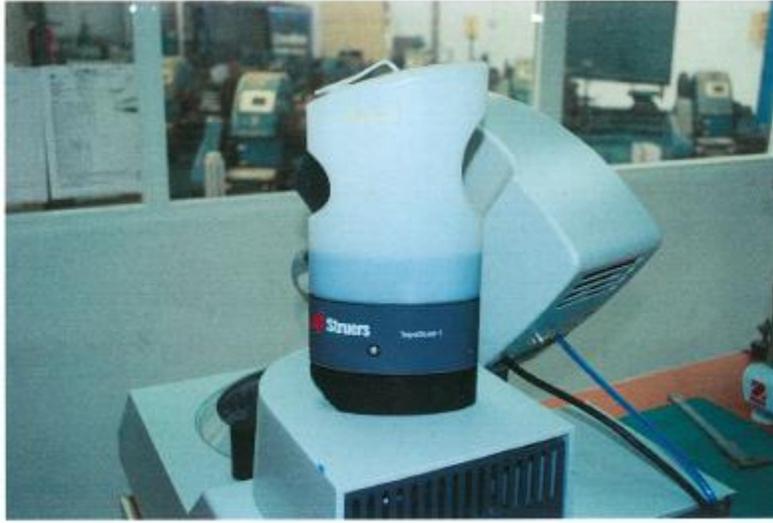


Figura 3.36 Dosificador automático de productos diamantados.

Los productos DP de diamante se ajustan con precisión a los requisitos metalográficos ya que impregnan todas las partes del proceso de preparación.

Como la preparación metalográfica requiere una exacta dosificación de abrasivo y lubricante en todo momento, para obtener resultados reproducibles, se puede utilizar el sistema automático de dosificación. El siguiente gráfico muestra las ventajas de utilizar este sistema.

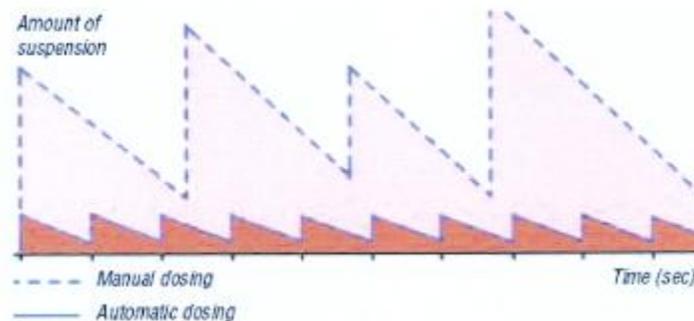


Figura 3.37 Ventajas del sistema automatizado.

Se aprecia de forma visible que el sistema de dosificación automático ofrece un ahorro, así como una reproducibilidad y repetitividad considerables que repercuten directamente en la optimización y ahorro de los productos.

Productos DiaPro

DiaPro es una línea de suspensión de diamantes, especialmente desarrollado para garantizar un alto rendimiento del proceso con el esmerilado y pulido de las superficies, que mejoran su eficiencia notablemente.



Figura 3.38 Productos diamantados DiaPro.

Los productos de la gama se ofrecen en la siguiente tabla:

Tabla 3.6 Productos DiaPro.

Producto	Función
DiaPro Allegro/Largo	Para esmerilado fino sobre discos MD-Allegro y MD-Largo
DiaPro Plan	Para esmerilado fino sobre discos MD-Plan y DP-Plan
DiaPro Largo	Para pulido sobre paño MD-Largo
DiaPro Mol	Para pulido sobre disco MD-Mol y DP-Mol
DiaPro Dur	Para pulido sobre disco MD-Dur y DP-Dur
DiaPro Dac	Para pulido sobre disco MD-Dac y DP-Dac
DiaPro Plus	Para pulido sobre disco MD-Plus y DP-Plus
DiaPro Nap B	Para pulido sobre materiales duros (>150HV) sobre MD-Nap y DP-Nap
DiaPro Nap R	Para pulido sobre materiales blandos (<150HV) disco MD-Nap y DP-Nap

3.4 Objetivo

En los últimos años, el uso de las aleaciones de Titanio, en especial la aleación de composición Ti6Al4V, ha ido en aumento, como puede ser en aplicaciones biomédicas, en la industria automovilística, en la industria aeronáutica y espacial, y en la construcción naval entre otras; y todo indica que este crecimiento continuará en el futuro, sobre todo debido a su necesidad en intervenciones quirúrgicas y aplicaciones aeroespaciales. Todos los estudios realizados hasta la fecha muestran que la biocompatibilidad del titanio es excelente; esta propiedad unida a su elevada resistencia mecánica, a su bajo módulo de elasticidad y a su resistencia a la corrosión, lo convierten en un metal excelente para su uso en prótesis articulares, implantes dentales y en otras aplicaciones en medicina.

Este crecimiento es debido a que el Titanio reemplaza a otros materiales como pueden ser los aceros inoxidable o el aluminio, ya que es altamente resistente y tratable con calor (en especial para aplicaciones aeroespaciales), para utilizarse con temperaturas de hasta 400°C que ofrece una excelente resistencia, dureza y ductilidad junto con una buena soldabilidad y fabricabilidad.

A continuación mostramos, como curiosidad, una figura en la que se pueden observar las partes de un avión que están hechas de titanio y en qué porcentaje se encuentran con relación al resto de materiales que lo forman. Como se puede observar se utiliza para construir forjados estructurales de los aviones, discos de ventilación, álabes y palas de turbinas, ya que estas soportan altísimas temperaturas.

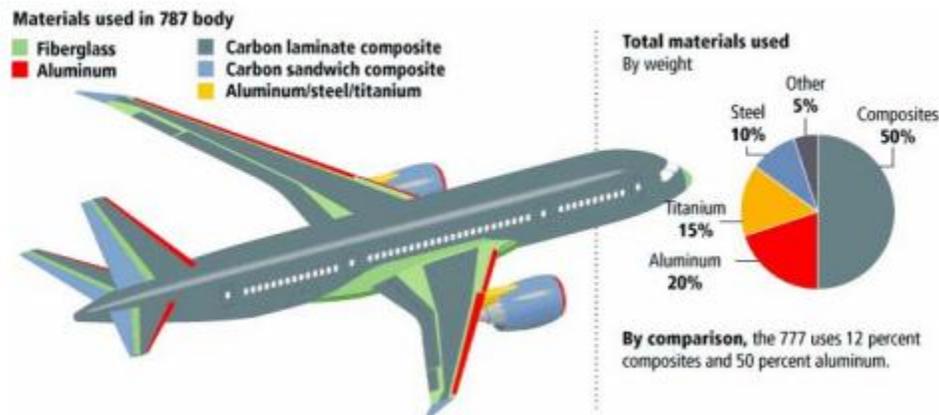


Figura 3.39 Aleaciones de Titanio utilizadas en el Boeing 787.

Aunque el titanio posee grandes ventajas, también posee grandes inconvenientes a la hora de mecanizarlos, y sobre todo si hablamos del mecanizado ortogonal a alta velocidad. Al ser un material que posee una mala conductividad térmica y por tanto difícil

de refrigerar, puede deteriorar el filo de corte de las herramientas a consecuencia de las altas temperaturas que se alcanzan en la zona de corte.

También se sabe que las aleaciones de titanio se consideran como materiales de difícil maquinabilidad, ya que su mecanizado implica fuerzas de corte ligeramente superiores a las necesarias en el mecanizado de aceros. Pese a sus problemas, posee una característica muy importante, que es la tendencia a generar viruta segmentada, como se aprecia en la Figura 3.40. Las bandas de deformación aparecen en las virutas incluso a velocidades de corte muy bajas y están relacionadas con la baja difusividad que presenta este material.

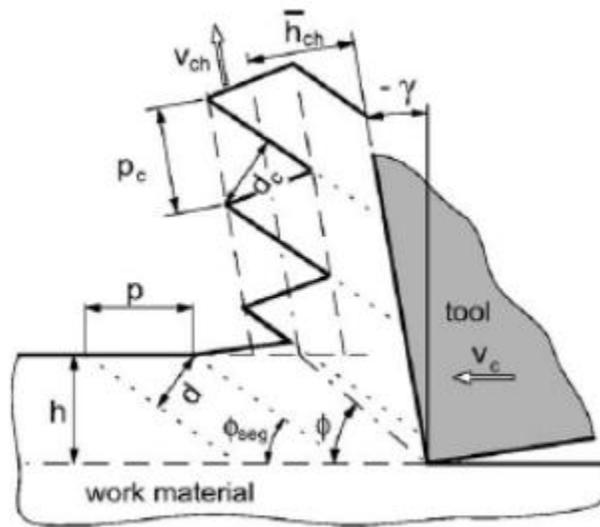


Figura 3.40 Formación de viruta segmentada.

Por lo anteriormente expuesto, se entiende que el Titanio es un elemento importante para el crecimiento de la investigación de los procesos de fabricación ya que cada día más se ha convertido en un material necesario en la industria y clave para el crecimiento de la tecnología en varias aplicaciones, es por esto que el presente proyecto presenta una propuesta que complementa líneas de investigación como lo es el análisis de muestras de titanio mecanizado, el cual relaciona sus parámetros de mecanizado con la microestructura de las muestras, observada en el microscopio metalográfico y sus características.

Gracias a la competencia que existe en la industria, se entiende que es completamente necesario y clave contar con una metodología que se encuentre dentro de un sistema de gestión de la I+D+i para poder aportar una competencia de mas nivel en el campo y contar con un método más eficiente, organizado y efectivo.

3.4.1 Demanda de Titanio

Como se mencionó con anterioridad, el titanio posee buenas propiedades mecánicas, que unidas a su resistencia y su peso ligero lo convierten en un material sustituto del aluminio. Actualmente, existe la necesidad de encontrar materiales biocompatibles y propiedades adecuadas para un buen comportamiento a largo plazo, por lo tanto hoy en día la aplicación de este material en todas su facetas está cada vez extendiéndose en distintas industrias y no solo aeronáutico sino también en el otros sectores, de acuerdo a su presentación ya sea como dióxido de titanio ó metal.



Figura 3.41 Consumo mundial de Titanio en base a su presentación

3.4.2 Metalurgia y microestructuras

El titanio sobrelleva un cambio alotrópico de una estructura hexagonal de baja temperatura (α) a una cúbica centrada en el cuerpo (β), a la temperatura de 882°C. Esta transformación permite a las aleaciones con microestructura α , β , o mixta α/β y a la posibilidad de usar tratamientos térmicos y termo-mecánicos, ampliar a gama de fases, como una estructura de dos fases que puede cambiar a martensita.

Por lo tanto una amplia gama de propiedades se pueden obtener de un número relativamente pequeño de composiciones de aleaciones.

En su sentido más amplio metalografía es la rama de la ciencia que estudia la estructura de los metales y aleaciones y las relaciona con las propiedades físicas, mecánicas y químicas. Más específicamente la metalografía trata de la constitución y estructura de los metales y aleaciones tal como se revela a simple vista o con ayuda de lupa, microscopios

ópticos, electrónicos, difracción de rayos X y otras técnicas posibles. En vista de lo anterior se comprende que la metalografía es tanto un arte como una ciencia, pues la interpretación de las estructuras requiere el dominio del arte que yace en las técnicas usadas para preparar una muestra: extracción, corte, montaje, desbaste, pulido y ataque, y fotografía.

En este contexto la metalografía actual cubre dos aspectos fundamentales: el arte de preparar las muestras para el examen usando los distintos tipos de herramientas y equipos y la interpretación de las estructuras observadas para relacionarlas con las propiedades físicas, mecánicas y químicas y en nuestro caso particular con procesos de fabricación. En estas nociones iniciales solo se considerará el primer aspecto, es decir; las técnicas de preparación y observación. Como se ha anotado en general el análisis metalográfico requiere la preparación de la muestra, para lo cual los pasos que se siguen generalmente son los siguientes:

1. Selección, extracción y corte.
2. Desbaste.
3. Montaje.
4. Esmerilado.
5. Pulimiento grueso.
6. Pulimiento final.
7. Ataque.
8. Observación al microscopio.
9. Micrografía.

Los cuales siguen la misma estructura de los que presenta el presente proyecto.

CAPITULO 4. Metodología

4.1 Metodología General

La metodología general del presente trabajo incluye una serie de protocolos para los procesos utilizados los cuales se presentan a continuación a modo de secuencia para luego introducir y especificar los detalles de cada protocolo.



Figura 4.1 Protocolos incluidos en la metodología general

4.1.1 Protocolo de Ensayo

Preliminarmente presentamos el protocolo general para la realización de un ensayo de mecanizado el cual es necesario e indispensable para obtener la viruta del material a analizar.

El siguiente es el diagrama que presenta la secuencia principal a seguir mientras se realiza un ensayo de mecanizado, como parte del protocolo es importante cumplir con los pasos que incluyen cualquier detalle de almacenamiento de información y detallar parámetros los cuales son importantes cuando se archivan y documentan los procesos en la investigación requerida.



Figura 4.2 Secuencia de Operaciones Básicas para la caracterización de la viruta.

4.1.1.1 Selección de material y de las herramientas

El material generalmente no se suministra en condiciones para comenzar a utilizar al recibir, sino que requiere una preparación previa. Así si el material proviene de forja o laminación, se suministrará en planchones de un espesor determinados que deberán ser cortados y posteriormente cilindrados para la obtención de las preformas necesarias para los ensayos, que en este caso serán cilindros de un diámetro determinado. Si provienen de fundición, se suministrarán en largas barras cilíndricas de una longitud determinada.

El elemento básico sobre el que se va a soportar el proceso de corte es la herramienta. El diseño de una herramienta para un proceso de corte concreto requiere, por una parte, una adecuada selección del material de la misma, con propiedades fisicoquímicas generalmente muy superiores a la del material a mecanizar. Por otro lado, su geometría debe no sólo ser útil al proceso concreto sino que debe contemplar otros aspectos como, por ejemplo, la óptima fluencia de la viruta. En consecuencia la herramienta óptima para un proceso de corte determinado deberá alcanzar una situación de compromiso entre estos dos factores.

Para la realización de estos ensayos se han seleccionados dos tipos de herramientas. Las primeras se tratan de herramientas neutras de Carburo de Wolframio con un 10% de Cobalto (Metal Duro) con 55° de punta. Las segundas son las mismas, pero con un recubrimiento de Nitruro de Titanio (TiN). Estas herramientas han sido seleccionadas por dos factores, debido a la sencillez geométrica de las mismas que permitirá aproximar el proceso a uno ideal de corte ortogonal y por el extendido uso de los materiales que las componen.

Las herramientas que se van a utilizar en los ensayos se presentan en estuches de diez y constan de las siguientes características y geometría.

Estas herramientas, suministradas por SECO& responden a la siguiente codificación:

Plaquetas torneear sin recubrimiento estándar -> DCMT11T308-F2, HX

Plaquetas torneear recubrimiento estándar -> DCMT11T308-F2, TP1000

, donde TP1000 hace referencia a la calidad de la herramienta.

Cada herramienta tiene dos filos. Por comodidad al marcado por el fabricante se le llama TP y al otro, es decir, al opuesto: OO.

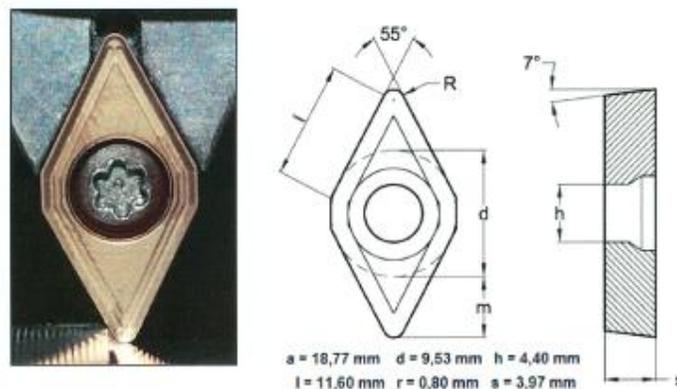


Figura 4.3 Imagen y geometría de la herramienta de corte.

4.1.1.2 Preparación previa del material

Será necesario un desbaste y adecuación del material a la preforma básica, un cilindro de unos 300 mm de longitud y un diámetro de unos 80 mm. Hay que destacar para el agarre de la probeta se practica un avellanado en una de las caras del cilindro, para el alojamiento del contrapunto, mientras que en la otra se practica un rebaje a unos 60 mm de diámetro y 30 mm de longitud que será la zona cogida de las garras.

Tras el mecanizado en torno convencional y una pasada de limpieza en el torno CNC, los tochos quedan listos para ser ensayados.



Figura 4.4 Tochos listos para ensayo.

4.1.1.3 Identificación del material y de las herramientas

Una vez realizada la preparación, las probetas son identificadas y almacenadas para evitar la contaminación y extravío.



Figura 4.5 (probetas identificadas y almacenadas)

Tal y como ocurría con el material, al recepcionar las probetas, se marcan, identifican y almacenan para evitar errores. En la carátula de cada caja de herramientas, se encuentra

recogida además la información relativa a cada ensayo a efectuar por cada filo de cada herramienta de cada caja. Estando todos los ensayos por tanto prefijados.



Figura 4.6 (herramienta identificada y almacenada)

4.1.1.4 Preparación de la máquina

En lo concerniente al proceso, como ya se ha dicho, se ha seleccionado un proceso de torneado horizontal en seco. Los ensayos se deberán realizar, por tanto en un centro de torneado. En este caso será un Centro de Torneado EMCOTurn 242 de 2 V ejes con control numérico EMCOTronic TM02.



Figura 4.7 Centro de mecanizado EMCOTurn 242 con control numérico EMCOTronic TM02

Debe recordarse que, a pesar de que esta máquina permite realizar una lubricación programada, los ensayos se realizarán en seco, como ya se ha comentado con anterioridad.

Antes de comenzar los ensayos, se prepara la máquina de una forma adecuada. Se realiza una limpieza de la misma así como una comprobación de su correcto funcionamiento para posteriormente proceder a su puesta a punto. Para ello se conecta el cuadro eléctrico, se

hace tomar a la máquina su punto de referencia ó 0 máquina, se inicia el ciclo y se encienden motores auxiliares.



Figura 4.8 Preparación previa de la máquina.

Posteriormente se realiza una colocación de los elementos que intervienen en el ensayo: material y herramienta, quedando esto registrado tomando una macrografía digital previa a la realización del ensayo.



Figura 4.9 Colocación de material y herramienta.

4.1.1.5 Preparación de la cámara de grabación

Se instala la cámara en el útil de sujeción frente a la mampara de protección del torno.



Figura 4.10 Preparación de la cámara.

4.1.1.6 Mecanizado

Posteriormente se procede al posicionamiento de la herramienta en la posición de comienzo del ensayo y se introducen los parámetros calculados previamente para iniciar el ensayo. El manejo de la máquina se realiza manualmente ya que el cilindrado horizontal es un proceso suficientemente sencillo como para realizarlo de esta forma y así se ahorra el tiempo de programación de máquina.

Una vez hecho esto, se activa filmación digital así como la toma de datos, si la hubiere y se procede a la realización del ensayo. Para cada fin de ensayo, también se toma una foto de la herramienta después de haber mecanizado.

4.1.1.7 Cambio de plaquita y recogida de virutas

Una vez realizada la foto final, se realiza una selección de viruta, fotografiado y almacenado, con el fin de estudiar todos los posibles cambios que pudieran producirse en la misma en función de los parámetros que intervienen en el proceso de corte.

Antes de proceder al desmontaje de la herramienta, se realiza un mareaje del cilindro de forma transversal que delimitarán las distintas zonas.

Para el trazado de estas marcas, se empleará un soporte magnético con marcador, que es lijado en la tórrela del Centro de Torneado. La posición invariante del soporte en todos los ensayos, se consigue mediante una serie de topes situados estratégicamente en la torreta.

Finalmente se cambia de herramienta o filo, según corresponda y se procede con el siguiente ensayo.

4.1.1.8 Fotografado y almacenaje de viruta

Por otra parte, la selección de viruta se almacena en sobres debidamente etiquetados con su pertinente codificación consistente en el número de herramienta y el filo utilizado, tipo de aleación, recubrimiento y si el ensayo es corto.



Figura 4.11 Almacenamiento de viruta.

4.1.1.9 Limpieza de la máquina

El material se retira y se almacena para la posterior evaluación de la calidad superficial. Es conveniente dejar la máquina limpia de acumulaciones de viruta y puesta a punto para su próximo uso.

La viruta que no se utiliza se almacena toda en contenedores



Figura 4.12 Almacenado de restos de viruta.

Al terminar el proceso de mecanizado, comienza el proceso de manipulación de la muestra, el cual abarca desde la selección de la misma hasta su evaluación, siguiendo el diagrama de flujo que se presenta a continuación.



Figura 4.13 Diagrama de Flujo Manipulación de muestra

4.1.2 Selección de la muestra

Cuando hablamos de seleccionar la muestra, necesitamos tener todas las características de las muestras antes almacenadas para poder así, seleccionar la que necesitamos y pasar al siguiente paso que es el del desarrollo de la probeta.



Figura 4.14 Selección de muestra

4.1.3 Desarrollo de la probeta

4.1.3.1 Protocolo de Embutición/Encapsulado

Para el montaje de muestras, la mayoría de las veces son demasiado pequeñas para sostenerse por sí solas durante el proceso de pulido, por lo tanto es necesario utilizar resina epóxica que permite solidificar la muestra, no obstante, dependiendo del tipo de estudio se selecciona la resina a trabajar.

El proceso para elaborar una pastilla es muy mecánico. Como consecuencia de esto y con el objetivo de obtener una tendencia clara de cómo realizar el proceso de creación de la pastilla, se va establecer una serie de pasos determinantes de los dos procesos utilizados para embutir y encapsulado respectivamente.

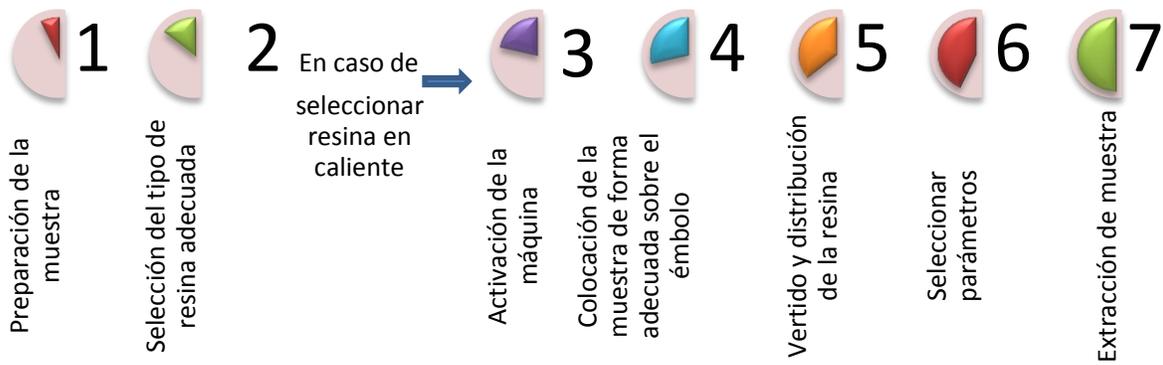


Figura 4.15 Pasos para el proceso de embutido. (Resina en caliente)



Figura 4.16 Pasos para el proceso de encapsulado. (Resina en Frío)

4.1.3.1.1 Preparación de la muestra

Simplemente encontrar el trozo de viruta que pueda ser utilizado como característico, de la muestra que se quiere embutir.

Cortar con el instrumento adecuado teniendo cuidado de no afectar el trozo de viruta, y que sea un trozo de tamaño correcto para poder colocarlo en la máquina.



Figura 4.17 Trozo de viruta.

4.1.3.1.2 Selección del tipo de resina adecuado en función de la muestra y la finalidad del estudio.

Existe una variedad de marcas comerciales que ofrecen resinas de alta calidad para elaboración de muestras metalográficas. Entre estas se encuentran dos tipos de resina principales de acuerdo a sus características de uso, las cuales son, resina en frío o en caliente.

Resina en caliente

La cual se usa con la máquina embutidora y comprende todo el proceso de embutido de la pastilla.



Figura 4.18 Variedad de tipos de resina en caliente

ClaroFast. Acrílico termoplástico cuya apariencia es transparente. Se utiliza para montajes transparentes en vidrio, muestras porosas, aislantes eléctricos superficiales.

ConduFast. Resina acrílica con carga de polvo de hierro, con apariencia en gris. Conductora de la electricidad, contracción muy baja.

PolyFast. Resina fenólica con carga de carbono, termoendurecible, con apariencia en negra. También conductora de la electricidad baja emisora en la cámara de vacío para la aplicación de examen al microscopio electrónico de barrido.

MultiFast. Resina fenólica con carga de serrín, termoendurecible, apariencia negra. Contracción baja, velocidad de eliminación de material media. Exámenes de rutina, resina de soporte.

Es determinante de cara a la embutición el tipo de resina debido a que repercute de forma directa sobre los tiempos de calentamiento y enfriamiento, temperatura del proceso y cantidad necesaria. De la misma forma es importante seleccionarla dependiendo de la finalidad del estudio. No se debe olvidar que algunas resinas se contraen más que otras por los efectos térmicos del proceso.

Se recomienda para las muestras de Ti usar la resina Multifast ya que al momento de hacer la caracterización de la muestra en el microscopio, se logra una visión mucho más limpia gracias al color oscuro de ésta, mientras que con la resina Clarofast al ser transparente en el microscopio se dejan ver manchas que afectan la visión y la caracterización de la muestra.



Figura 4.19 Resina Multifast

Resina en frío

La cual comprende de otro proceso de encapsulado el cual se muestra mas adelante y solo lo utilizaremos como proceso opcional de esta metodología.



Figura 4.20 Resina en frío e implementos de empastillado

RESINA INPLEX PARA INCLUSIONES EN FRÍO

PRESENTACIÓN DE LOS COMPONENTES:

- Botella conteniendo 1 Kg. de *RESINA*
- Botella conteniendo el líquido *ENDURECEDOR*
- Botella conteniendo el líquido *ACELERANTE*
- Botella conteniendo *ACETONA* (solución de lavado)
- Recipiente graduado de 50 ml.
- 2 cuentagotas con pulsador
- Varilla de cristal (agitador)
- 5 depósitos diámetro 30 mm

La resina INPLEX se puede utilizar sin precauciones particulares en cuanto que *no* es tóxica al contacto externo. Se aconseja manipularla en un local aireado para evitar el olor típico de los materiales plásticos. Su duración se garantiza al menos durante 6 meses, pero

puede llegar a durar más tiempo si se conserva bien cerrada en un lugar oscuro y fresco, ya que la luz y el calor aceleran el proceso de polimerización. El acelerante y el catalizador son disolventes y por tanto inflamables, por lo que se aconseja evitar el contacto con la piel. Si esto sucede, lavarse con agua y jabón.

***En el caso de seleccionar resina en caliente seguimos al siguiente paso, y el proceso de resina en frío se presenta más adelante en el numeral 9.**

4.1.3.1.3 Activación de la máquina.

Activar el ON de encendido de máquina para empezar a operar con la misma. Posteriormente se sube el émbolo para proceder a la embutición de la muestra.



Figura 4.21 Botón encendido de la máquina

4.1.3.1.4 Colocación de la muestra de forma adecuada sobre el émbolo.

Es crucial, como se explicó en los procesos generales, la colocación de la muestra dependiendo de la forma. También se debe tener en cuenta los cortes que se le pueden realizar a la pastilla final debido a posibles estudios posteriores.

Se recomienda colocar más de un trozo de viruta para aumentar las posibilidades de que por lo menos uno salga eficiente para observar en el microscopio.

Una vez colocada la o las muestras se procede a bajar el émbolo (no completamente) para verter la resina.



Figura 4.22 Colocación de la viruta en el émbolo.

4.1.3.1.5 Vertido y distribución de la resina

Con ayuda de la cuchara de medida y un embudo repartimos la resina de forma homogénea por toda la superficie hasta cubrir la muestra.

Puede ocurrir que por comodidad, conservación de muestras y/o requerimientos de estudio, sea importante verter primero algo de resina, luego colocar la muestra y finalmente, verter de nuevo resina. De esta forma se consigue una embutición donde la muestra ocupa un lugar intermedio en la pastilla.



Figura 4.23 Vertido de la resina

Continuando con el proceso, una vez vertida la resina, colocamos el tapón de cierre.

4.1.3.1.6 Seleccionar parámetros de tiempo, temperatura y fuerza/presión.

Dependiendo de la resina y el tamaño de la muestra modificamos los parámetros de la máquina para un óptimo resultado final. Debemos operar con los parámetros siguientes: Tiempo de calentamiento y tiempo de enfriamiento, temperatura y fuerza.



Figura 4.24 Panel de Control de la máquina

Antes de comenzar a realizar las pruebas necesarias para el desarrollo de una pastilla ideal para el tratamiento de muestras, resulta propicio observar el modo en que la máquina realiza las pastillas.

Para la resina Clarofast, se presenta en la tabla siguiente los parámetros del fabricante, establecidos en el año 2007

Tabla 4.1 Parámetros del fabricante para resina Clarofast

Cantidad	15-30 [ml]
Temperatura	180[°C]
Tiempo de calentamiento	5 - 7 [min]
Tiempo de enfriamiento	2- 4 [min]
Fuerza aplicada	30 [KN]

Para la resina Multifast, los parámetros del fabricante se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4.2 Parámetros del fabricante para resina Multifast

Cantidad	45 [ml]
Temperatura	180 [°C]
Tiempo de calentamiento	5 - 7 [min]
Tiempo de enfriamiento	2- 4 [min]
Fuerza aplicada	30 [KN]

Se recomienda usar los parámetros siguientes los cuales han sido establecidos después de varias pruebas y resultaron exitosos.

Tabla 4.3 Parámetros propuestos para la metodología con resina Multifast

Cantidad	30-35 [ml]
Temperatura	180 [°C]
Tiempo de calentamiento	7 [min]
Tiempo de enfriamiento	4 [min]
Fuerza aplicada	30 KN]

4.1.3.1.7 Extracción de muestra

Una vez finalizados los tiempos de máquina, desenroscar el tapón de cierre y subir el émbolo.

4.1.3.1.8 Limpieza de rebaba.

Con el útil de limpieza eliminamos la resina sobrante de la pastilla final y de los restos de resina en las partes de la máquina.

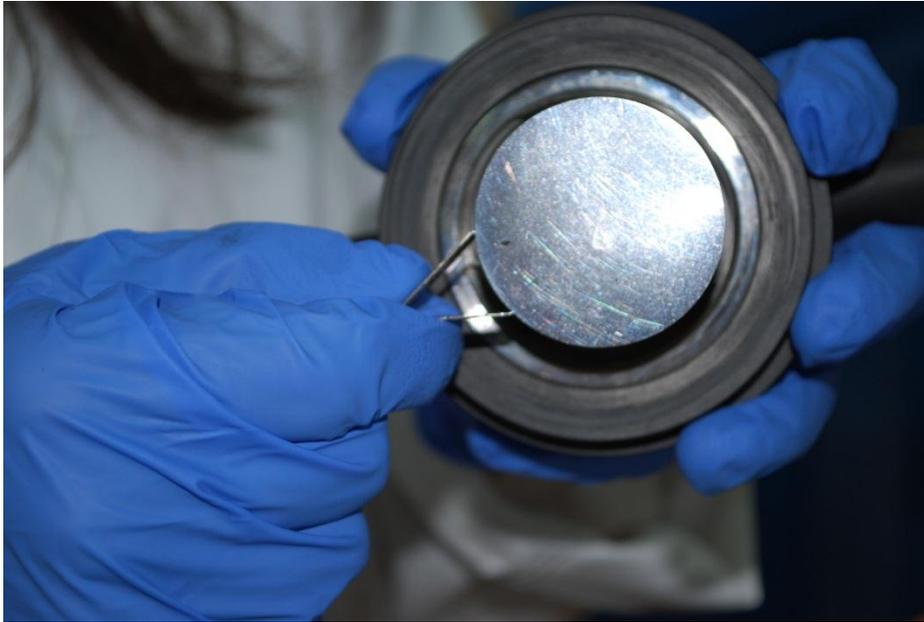


Figura 4.25 Limpieza de restos de resina.

***En caso de seleccionar resina en frío a continuación se presentan los pasos a seguir para el encapsulado en frío.**

4.1.3.1.9 Instrucciones para encapsulado en frío

La resina INPLEX es transparente y de tres componentes, y se utiliza particularmente para encapsular pequeñas muestras metalográficas, que con el endurecedor adquiere una considerable consistencia mecánica. Para efectuar el encapsulamiento de las muestras, proceder *así*:

- a. Verter en el recipiente graduado una cantidad de resina según el número de muestras que se quieran empastillar (tener presente que los depósitos de diam. 30 mm contienen 10 ml)



Figura 4.26 Vertido de resina fría en recipiente graduado.

- b. Añadir con el cuentagotas, primero 2+3 gotas de acelerante (para 50 ml de resina) y 1+2 gotas de acelerante (para otros 50 ml de resina) mezclando bien con el agitador, luego 8+12 gotas de endurecedor (por cada 10 ml de resina) mezclando bien la solución. Prestar atención de *no* incluir burbujas de aire en la mezcla, por tanto operar lentamente, uniformemente y rascando con el agitador por todas las partes del recipiente graduado.



a)

b)

Figura 4.27 a) Acelerante añadido a la resina con cuentagotas b) Acelerante y Endurecedor

- c. Colocar la muestra dentro del depósito con la superficie a examinar vuelta hacia abajo.



Figura 4.28 Colocación de la muestra.

- d. Colocar suavemente la mezcla en el depósito, sobre la muestra, hasta *alcanzar* el nivel deseado, cubriendo completamente la muestra.



Figura 4.29 Colocación de la mezcla sobre la muestra

- e. Tiempo de solidificación: a temperatura comprendida entre 16 y 22° C se puede obtener una perfecta solidificación en 20'+40'. El proceso de solidificación es más rápido aumentando el número de gotas bien de indurente o de catalizador en la mezcla y aumentando la temperatura y la aireación. Si se dispone de una estufa pueden obtenerse mejores resultados en menor tiempo, *aun* disminuyendo el número de gotas bien de endurecedor o del catalizador, fijando el termostato a 25°-30°C con la ventilación. Si la muestra presentase aristas vivas es oportuno, para evitar la formación de grietas en la resina a lo largo de la arista, operar de forma que la solidificación *sea* más lenta (menor cantidad de acelerante y de catalizador, y temperatura de trabajo no demasiado elevada)



Figura 4.30 En proceso de solidificación.

- f. Terminada la solidificación se puede extraer la muestra encapsulada del depósito, golpeando sobre el fondo del mismo o golpeándolo ligeramente sobre la mesa.



Figura 4.31 Extracción de la muestra encapsulada.

4.1.3.2 Protocolo de Preparación Mecánica

Para terminar la preparación de la muestra, sometemos a la muestra a una preparación mecánica para obtener una superficie especular y poder analizarla al microscopio.

Protocolo general

A continuación se presenta el procedimiento completo para realizar la preparación mecánica de una muestra que se quiere observar posteriormente por microscopio.



Figura 4.32 Pasos para el proceso de desbaste y acabado de muestra.

4.1.3.2.1 Selección de la metodología.

Antes de comenzar a utilizar la máquina debemos seleccionar correctamente la metodología a seguir dependiendo de la muestra y el material que compone la misma. Entre otras cosas, es conveniente tener visible los fungibles necesarios durante el proceso, de esta forma, ahorraremos tiempo y energía que de lo contrario se perderían innecesariamente en la búsqueda de materiales mientras la máquina está encendida.

A partir de los materiales de muestras, se pueden seleccionar determinados modos de preparación de las mismas combinando los discos, paños y fungibles.

Normalmente, a partir de la dureza del material y su dureza Vickers se puede comenzar a confeccionar un modelo o método de preparación, pero el empirismo científico y la experimentación permite extraer unos modelos con pasos seguros que permiten una buena reproducibilidad y repetitividad de muestras partiendo únicamente de las propiedades del material embutido.

Para Titanio y aleaciones de Ti:

Tabla 4.4 Esmerilado

Step	PG	FG 1
Surface	SiC-Paper #320	MD-Largo
Abrasive Type		DiaPro Allegro/Largo
Lubricant Type	Water	
Speed [RPM]	300	150
Force [N]	150	180
Holder direction	>>	>>
Time [min]	1	4

Tabla 4.5 Pulido

 Step	 OP
 Surface	MD-Chem
 Abrasive Type	OP-S, 0.04 μm
 Lubricant Type	
 Speed [RPM]	150
 Force [N]	210
 Holder direction	><
 Time [min]	5

*Se aconseja utilizar otra fase previa al paño de pulido MD-Chem, siendo esta la del paño MD-Mol, la cual se presenta a continuación y ayuda a que la pastilla quede nítida para analizar.

Tabla 4.6 Paso extra de Pulido con Paño MD-Mol

 Step	 P 1
 Surface	MD-Mol
 Abrasive Type	DiaPro Mol
 Lubricant Type	
 Speed [RPM]	150
 Force [N]	150
 Holder direction	>>
 Time [min]	3

4.1.3.2.2 Preparación y activación de máquina.

Una vez seleccionados y clasificados los fungibles, según su utilización dentro del proceso, es importante habilitar la entrada de aire comprimido. Por lo tanto, el siguiente paso es activar el compresor.



Figura 4.33 Compresor

El siguiente paso, es la activación de la máquina. El interruptor se encuentra por la parte posterior de la máquina.



Figura 4.34 Parte posterior de la máquina

4.1.3.2.3 Preparación de parámetros de la máquina.

Siguiendo el procedimiento de la metodología de preparación elegida, se procede a seleccionar los parámetros de máquina en el panel de control. Los parámetros seleccionados, expuestos en el software son:

- Velocidad.
- Fuerza.
- Tiempo de preparación.
- Lubricación o tipo de abrasivo.



Figura 4.35 Preparación de parámetros de la máquina

4.1.3.2.4 Colocación de discos de esmerilado.

Antes de comenzar la fase de esmerilado colocamos el disco SiC o MD correspondiente sobre la superficie magnética. Posteriormente, se baja el cabezal de muestras unitarias y colocamos las muestras para la fase de esmerilado.



Figura 4.36 Manipulación del cabezal para las muestras.

A continuación, posicionamos la caña del grifo de lubricante de forma que el chorro de agua incida aproximadamente sobre el centro del disco.



Figura 4.37 Colocación de la caña del grifo de lubricante

Finalmente, para terminar el proceso de esmerilado, levantamos el cabezal y extraemos las muestras. Limpiamos la superficie y procedemos con la siguiente fase, de pulido.

4.1.3.2.5 Colocación de paños de pulido.

El proceso de pulido es similar al esmerilado. Primero debemos seleccionar los nuevos parámetros en el panel de control seleccionando esta vez la dosis de abrasivo en gotas. Posteriormente colocamos el paño de pulido y bajamos nuevamente el cabezal para colocar nuevamente las muestras.

Una vez colocadas las muestras, comenzamos la fase de pulido (Figura 4.133). De forma automática, las gotas de abrasivo irán cayendo sobre el paño para iniciar su función.



Figura 4.38 Proceso de Pulido

Finalmente, cuando termine el tiempo de pulido y de la misma forma que en la fase de esmerilado, levantamos el cabezal y procedemos a retirar las muestras.

4.1.3.2.6 Dosificación.

Aunque este punto rompe con la cronología normal de los acontecimientos, merece una pequeña mención particular por sí solo.

Normalmente, cuando se vaya a lubricar se va a utilizar el agua como componente, pero a la hora de utilizar los abrasivos hay que tener más cuidado.

Los lubricantes deben ser echados directamente de su botella contenedora en los envases dosificadores. Estos envases se colocan en la máquina directamente, a través de un punto de conexión, y son detectados automáticamente por la misma.



Figura 4.39 Dosificación

Una vez que el dosificador es conveniente configurar el número de gotas en el regulador del mismo contenedor dosificador. Este número de gotas señala el máximo seleccionado por parte del usuario respecto al tiempo. Por otro lado, desde el panel de control podemos acotar, dentro de este máximo seleccionado, el número de gotas que se soliciten respecto al tiempo. Las gotas salen de un pequeño conducto situado en la parte inferior del dosificador cayendo directamente al paño para comenzar su función abrasiva.

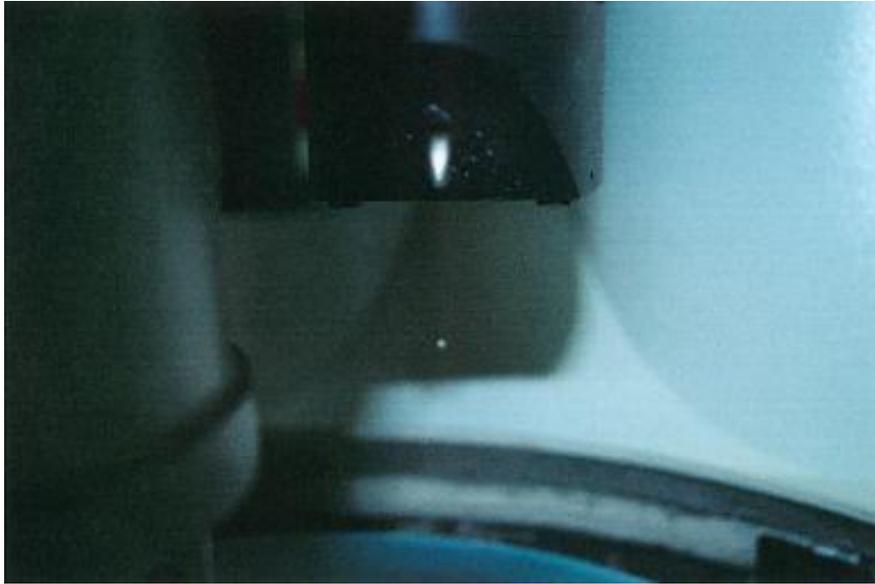


Figura 4.40 Detalle de gota de abrasivo.

4.1.4 Protocolo de Revelado/Ataque Químico

El ataque químico a la probeta se realiza con la finalidad de revelar su microestructura.

Se prepara un reactor previamente establecido por el proveedor de consumibles en base al material a trabajar. En este punto es necesario realizarlo en diversos pasos:



Figura 4.41 Almacenaje de Químicos

Se establecen parámetros y reactivos químicos a utilizar

- 100ml aprox. de H₂O,
- Ácido fluorhídrico (HF) 1 -3 ml.
- Ácido nítrico (HNO₃) 2-6 ml;

, para su preparación se requiere una bureta de vidrio, 2 vasos precipitados de plástico (uno para colocar el reactivo y el otro para agua destilada).

El ataque químico se realiza en un tiempo de 15 segundos de exposición con el ácido, para su manejo se emplea pinzas de apoyo.

Una vez terminado el tiempo estipulado en su ataque se recomienda un lavado con agua destilada y su respectivo secado.



Figura 4.42 Almacenado y uso de los químicos

Es importante recordar que al terminar la preparación de la muestra y llegar a tener la probeta completa y lista, el proceso de almacenamiento es indispensable, cada pastilla tendrá que ser almacenada en su bolsa individual con sus parámetros indicados tanto en la pastilla como en la bolsa, para poder documentar cual es la muestra que esta empastillada.

4.1.5 Protocolo de Caracterización

Al terminar todo el proceso de manipulación de la muestra, llega el momento de la caracterización de la viruta para lo cual hacemos uso del microscopio metalográfico con el que cuenta el laboratorio.



Figura 4.43 Microscopio Metalográfico

El mencionado microscopio cuenta con 5 objetivos, siendo estos de magnificación, 5X, 10X, 20X, 50X y 100X.

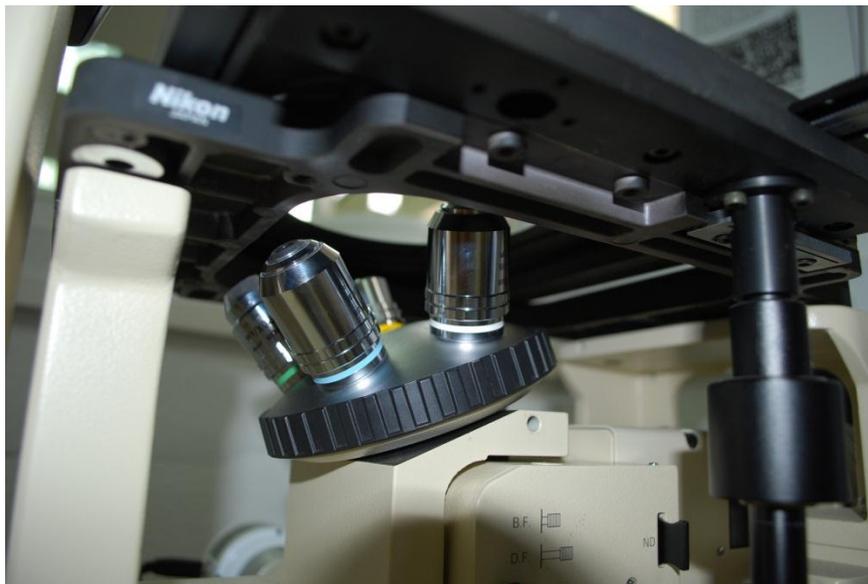


Figura 4.44 Objetivos

A partir de esto, colocamos la muestra en el área de observación del microscopio y se procede al enfoque de la parte que queremos observar de la pastilla, para facilitar el movimiento de la muestra.

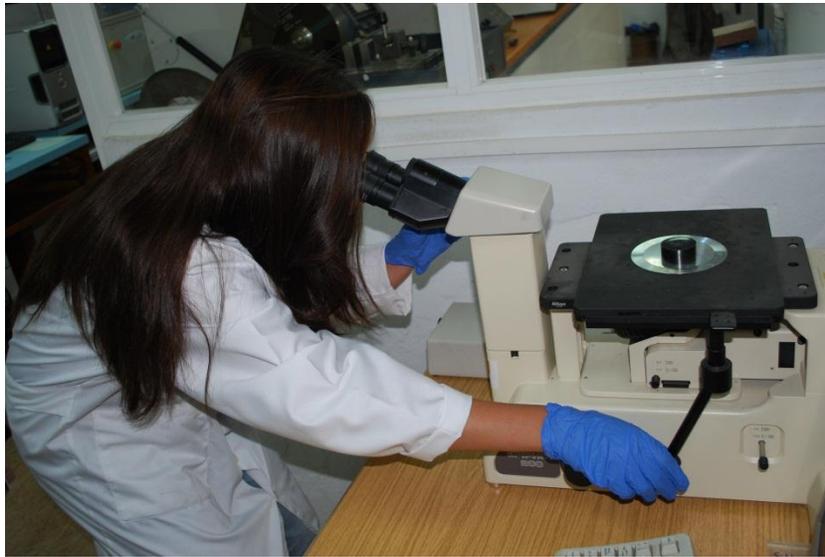


Figura 4.45 Enfoque de la muestra en el microscopio.

Ya enfocada la muestra se procede a capturar una serie de imágenes, las cuales serán medidas más adelante, es por esto que se tienen que escoger imágenes que contengan la parte mejor visible de la muestra.

Dependiendo que muestra sea, la serie de imágenes será tomada con distinta magnificación de acuerdo a lo que se logra observar.



Figura 4.46 Muestra observada en el ordenador.

Lo que se logra con este proceso es crear un conjunto de imágenes como las que se presentan a continuación para poder proceder a la medición de cada muestra.

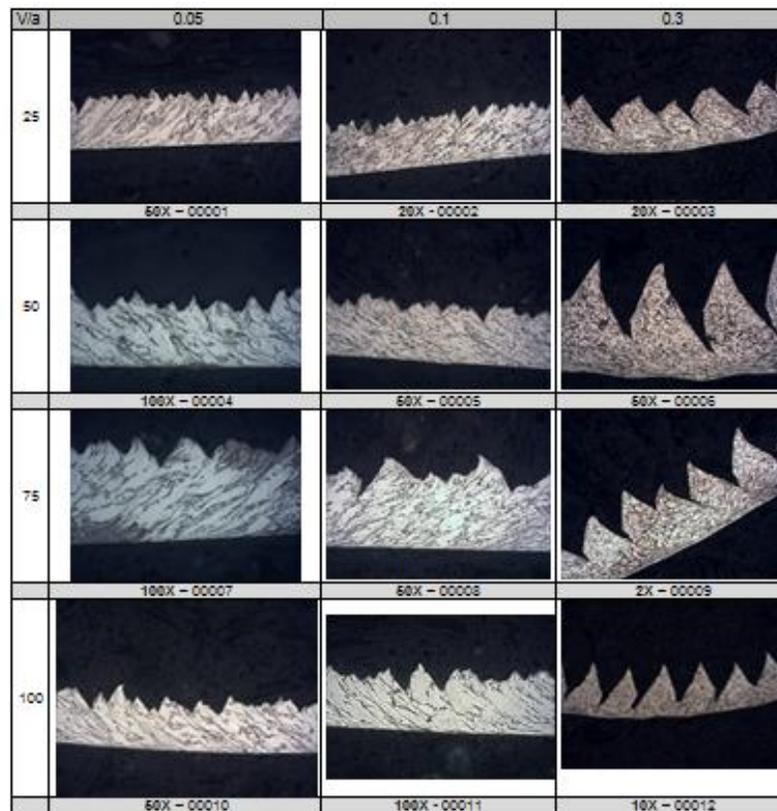


Figura 4.47. Ejemplo de imágenes.

4.1.6 Protocolo de Medición

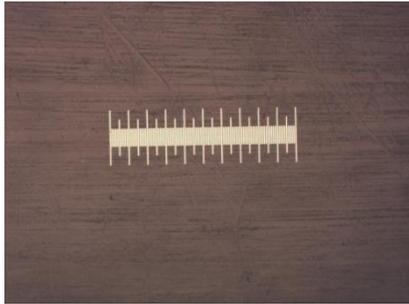
Se procede a efectuar las mediciones con el Software Perfect Image.



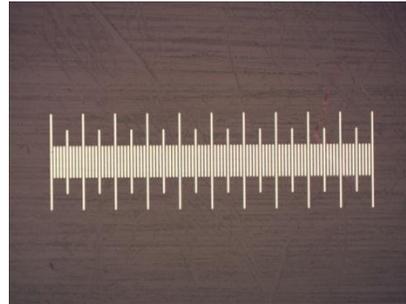
Figura 4.48 Portada Software Perfect Image

Para ello, en primer lugar es necesario calibrar el equipo para poder realizar las mediciones teniendo en cuenta la magnificación de la micrografía.

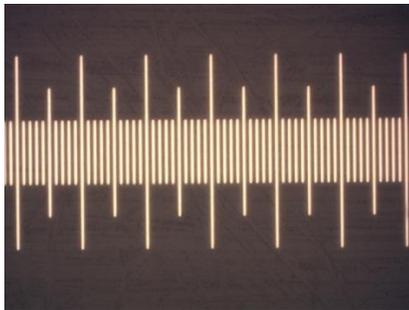
Para calibrar el software se utiliza un patrón en forma de retículo micrométrico de longitud 1 milímetro. Este patrón se sitúa en el campo de visión del microscopio con su respectiva cámara y se captura una imagen digitalizable a la magnitud requerida. Debido a que para este proceso se utilizan las 5 magnificaciones posibles (5X, 10X, 20X, 50x y 100X), se aclara que es el mismo procedimiento para las 5.



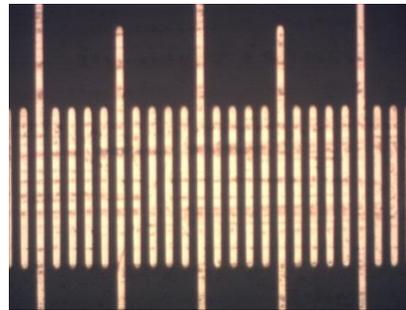
a)



b)



c)



d)



e)

Figura 4.49 a) Imagen de la regla magnificación 5X. b) Magnificación 10X c) Magnificación 20X. d) Magnificación 50X y e) Magnificación 100X

El patrón se muestra en la Figura 4.50.



Figura 4.50. Patrón de medida

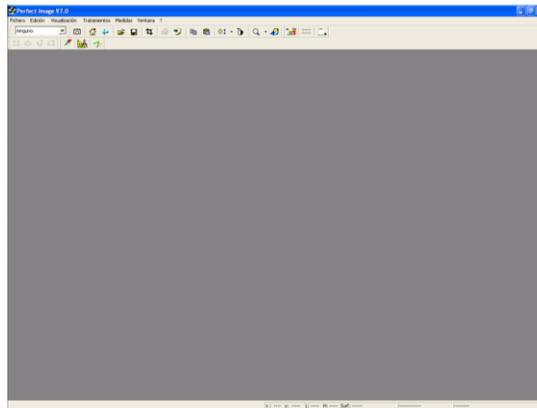


Figura 4.51 Pantalla Inicial de Entrada

4.1.6.1 Proceso de Calibración

1. Cargar imagen de la regla a la magnificación que se desea calibrar

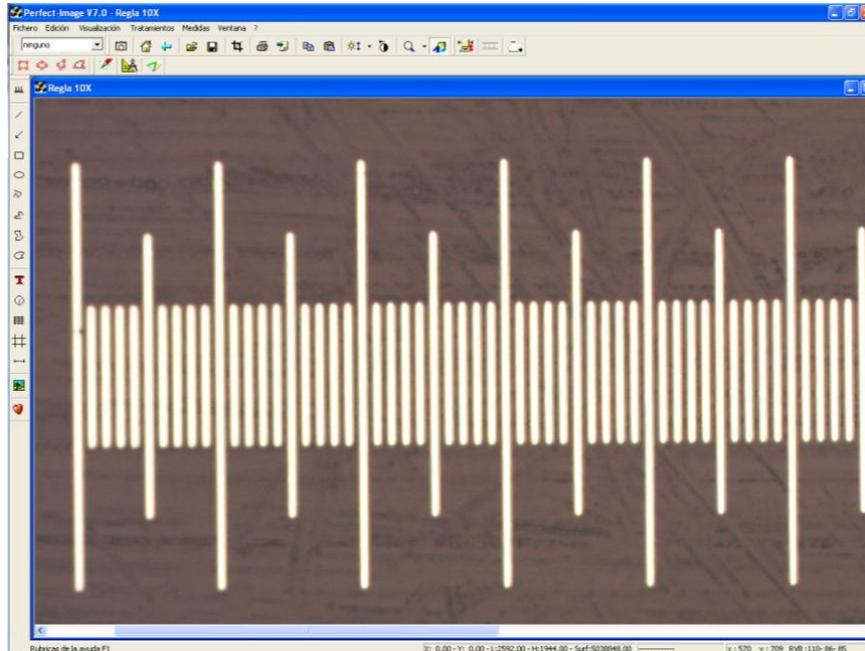


Figura 4.52 Imagen de la regla cargada al programa

2. Dibujar una línea. Esta será el patrón virtual a utilizar, por ello, es necesario obtener la mayor precisión posible en este proceso

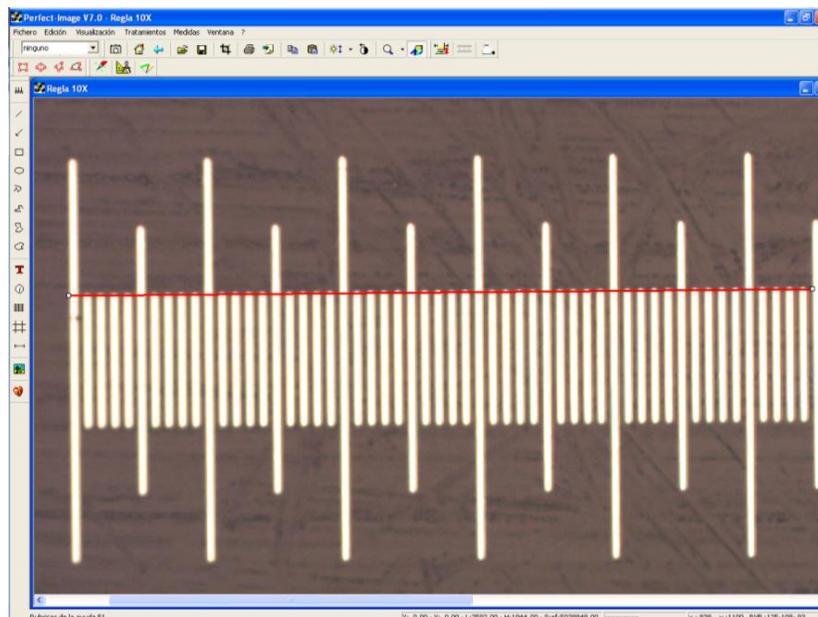


Figura 4.53 Dibujo de línea como patrón.

Podemos ayudarnos de la utilidad de zoom para asegurar el ajuste

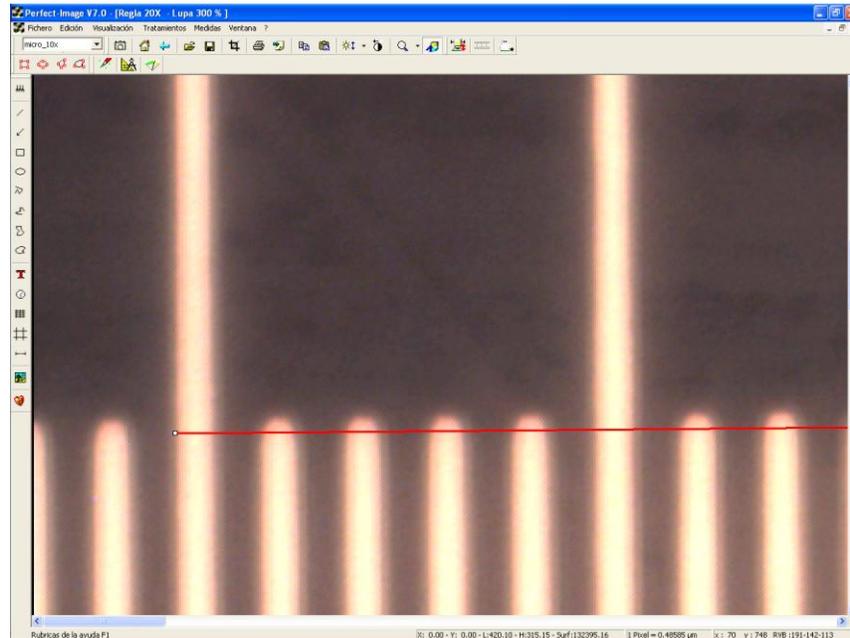


Figura 4.54 Zoom para mejorar la exactitud de la línea.

3. Medidas/Crear Patrón. Este proceso convierte esta línea en un vector que se utilizará en los procesos de medida

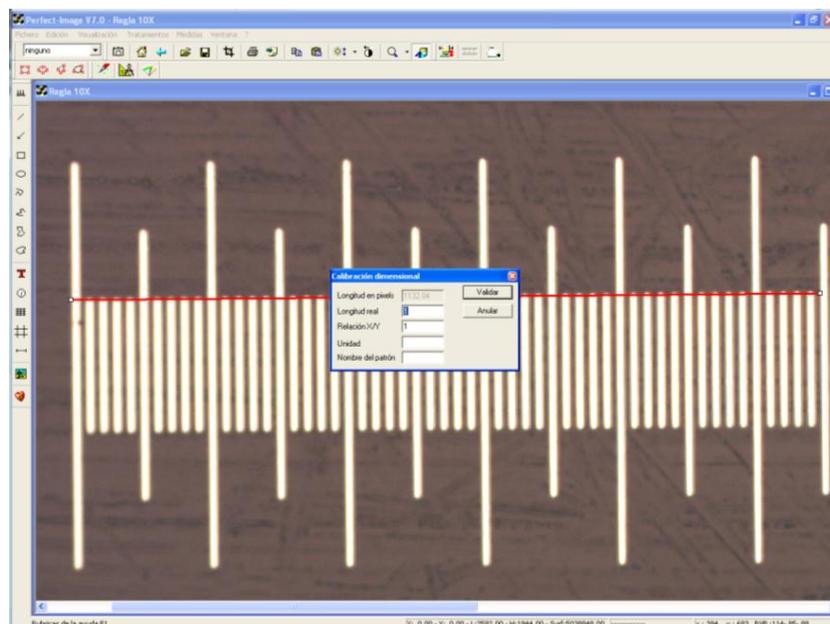


Figura 4.55 Creando Patrón

4. Introducir los parámetros del patrón. Longitud Real, Relación x/y, Unidades y nombre. Cada división de la escala es 0,01 mm.

- Recomendado utilizar micrómetros como unidad para obtener mejor precisión en las medidas.
- Fijarse que el programa lee el número de píxeles de longitud de la línea.
- El programa relaciona el número de píxeles con una longitud en micrómetros es por esto que una imagen con una mayor calidad, más píxeles, proporcionará una medida de más precisión.

5. El proceso se repite con todas las magnificaciones

4.1.6.2 Proceso de Medida

Una vez cargada la imagen se utiliza la utilidad “Medidas Manuales”. Debe estar seleccionado el patrón a utilizar.

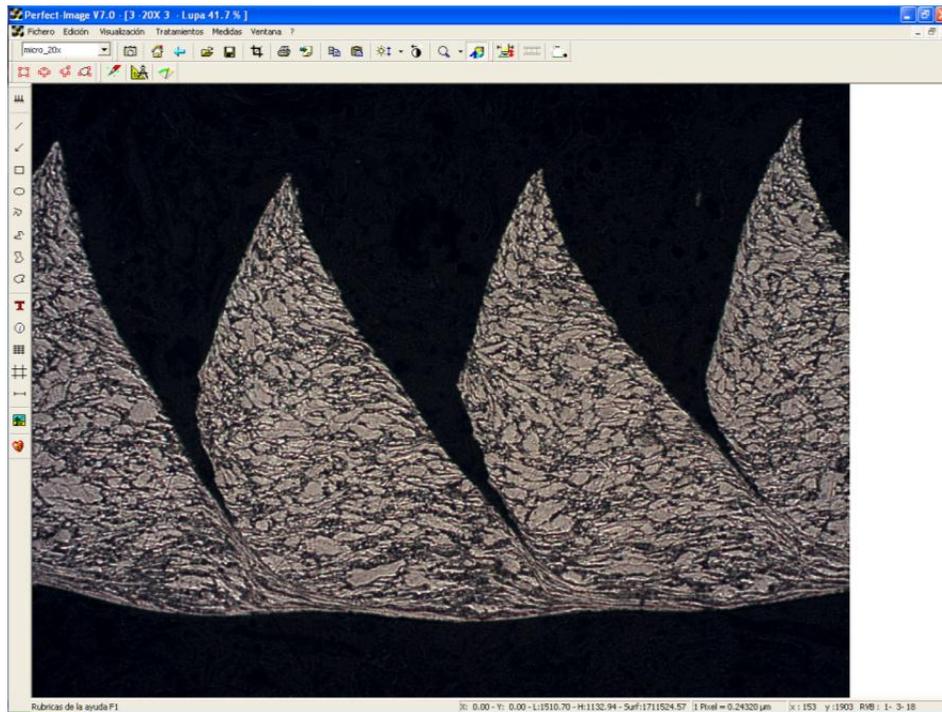


Figura 4.56 Cargar Imagen a medir.

Al comenzar el proceso el software devuelve el factor de conversión.

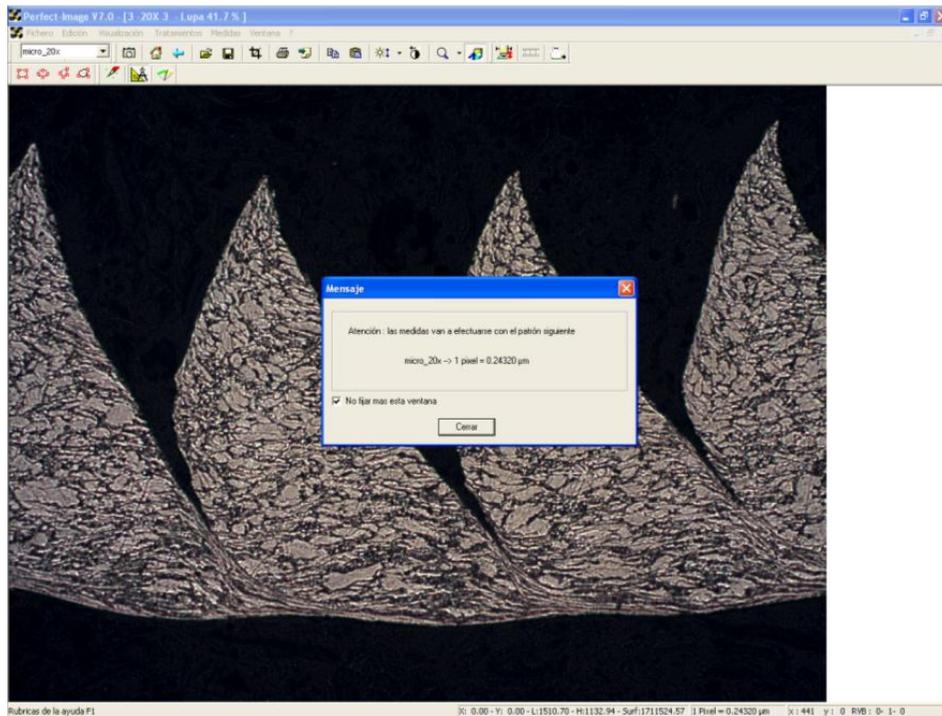


Figura 4.57 Factor de conversión

Los factores de conversión utilizados son:

100x - 1 pixel = 0,04854 micrómetros

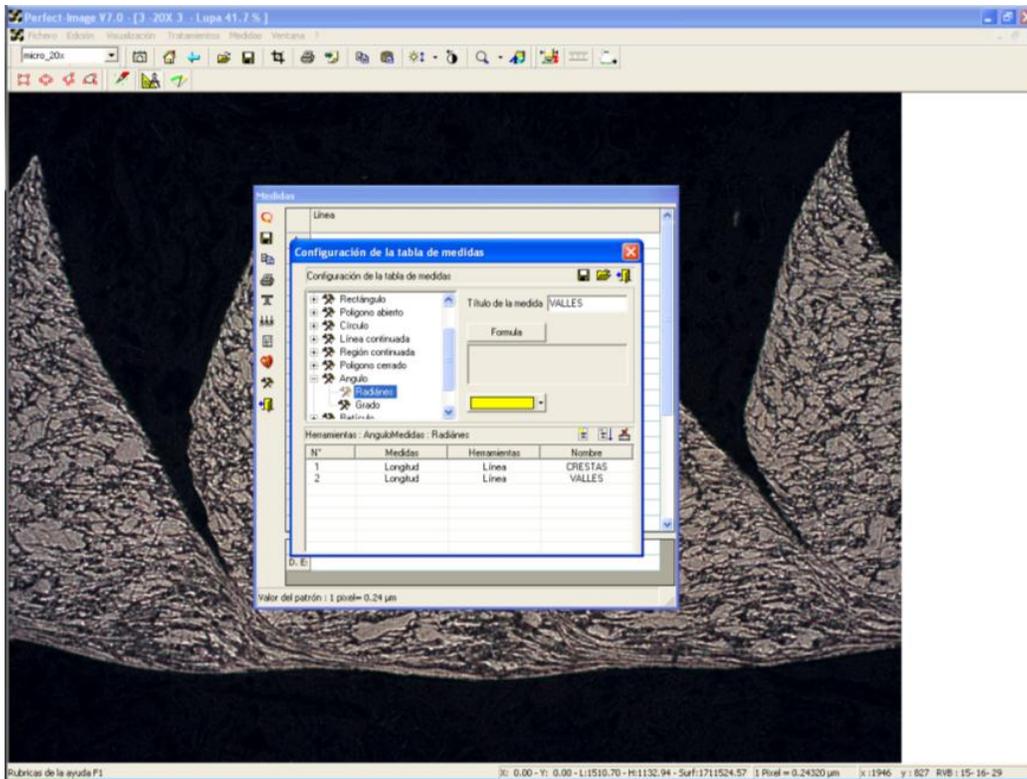
50x - 1 pixel = 0,1 micrómetros

20x - 1 pixel = 0,24 micrómetros

10x - 1 pixel = 0,49 micrómetros

5x - 1 pixel = 0,97 micrómetros

Lo siguiente será crear una "Tabla de Medida" donde se definirán las medidas a realizar.



4.58 Creación de Tabla de Medida

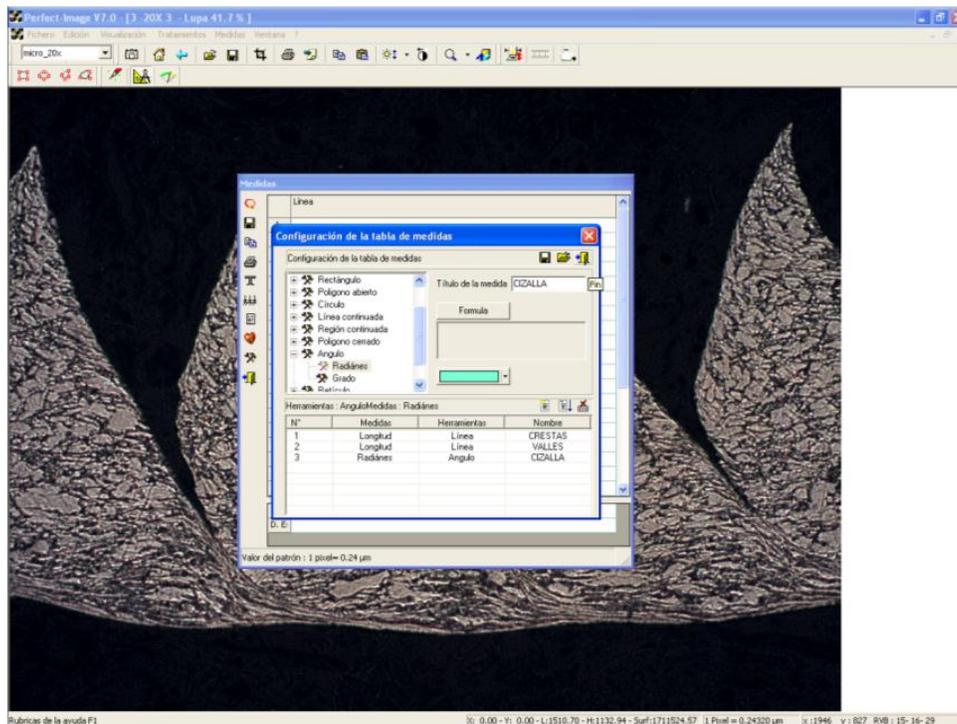


Figura 4.59 Continuación creación de Tabla de Medida

- Se podrán utilizar fórmulas y guardar la tabla para posteriores usos.

- Una vez creada y fijada se pueden comenzar las medidas.

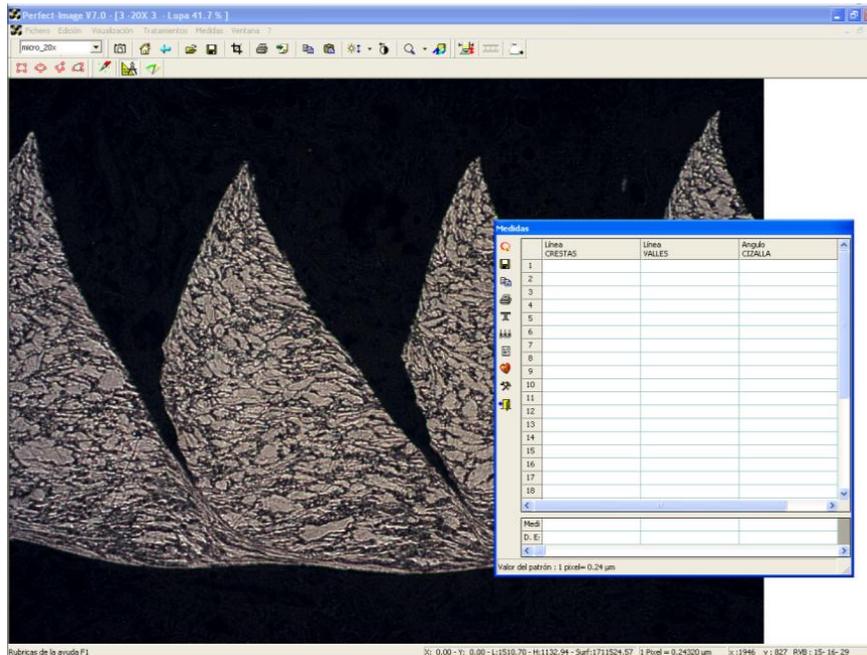


Figura 4.60 Tabla lista para empezar mediciones

Para ello, seleccionar la medida que se desea realizar y realizar la medida en función del procedimiento para cada tipo.

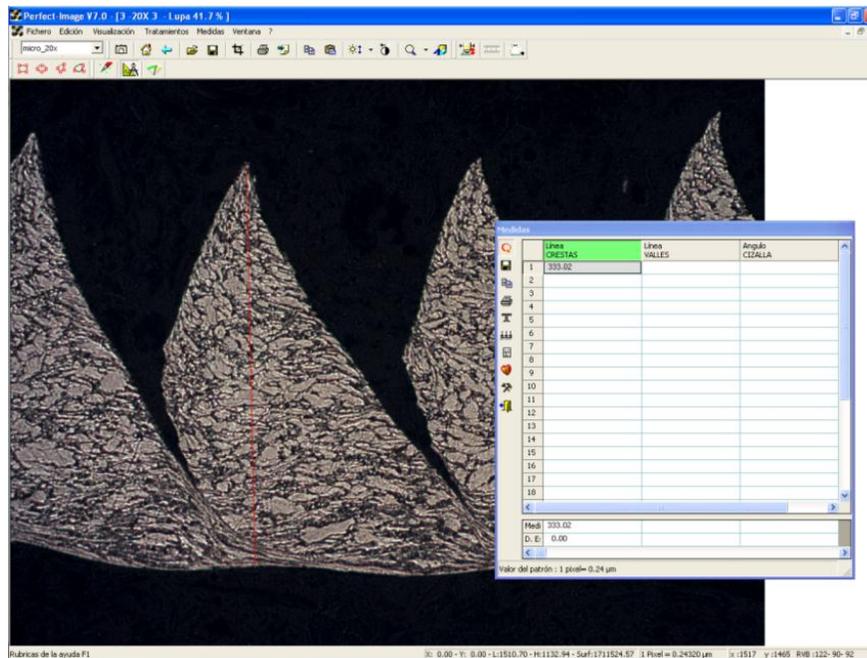


Figura 4.61 Ejemplo de Medida de Altura de Cresta

Una vez realizada se podrá afinar, para ello, de nuevo, se puede utilizar la utilidad de zoom para ajustar los extremos de la medida a los píxeles deseados

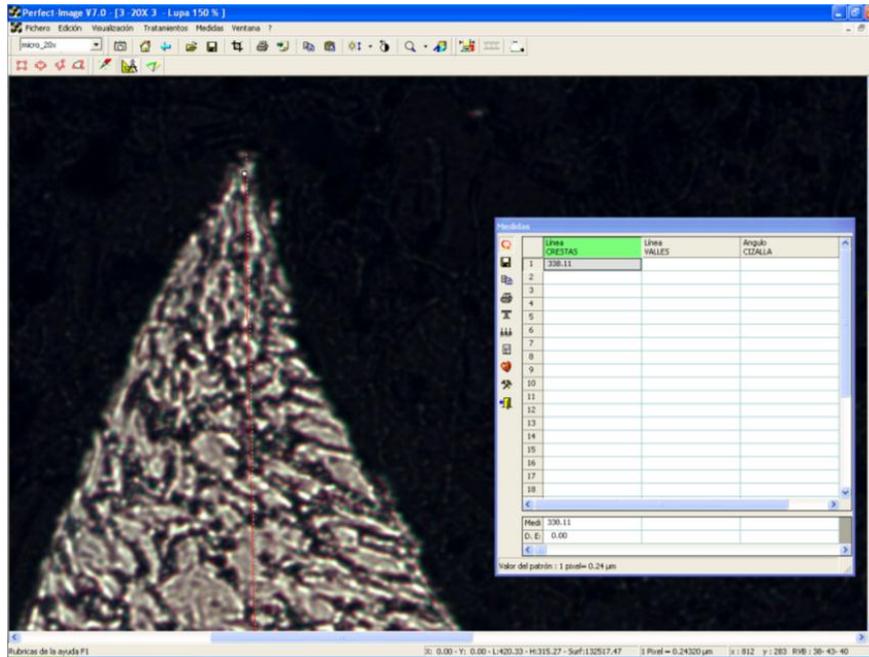


Figura 4.62 Zoom para mejorar la precisión de la medida.

Para asegurar la perpendicularidad se pueden utilizar entidades de diseño auxiliares como por ejemplo líneas.

Una vez finalizada la medida se pueden fijar los parámetros de visualización, de esta forma si se desea, las medidas se pueden incrustar en la imagen para posteriormente grabar la imagen con la medida. Sino, toda la tabla de medidas se puede exportar a Excel.

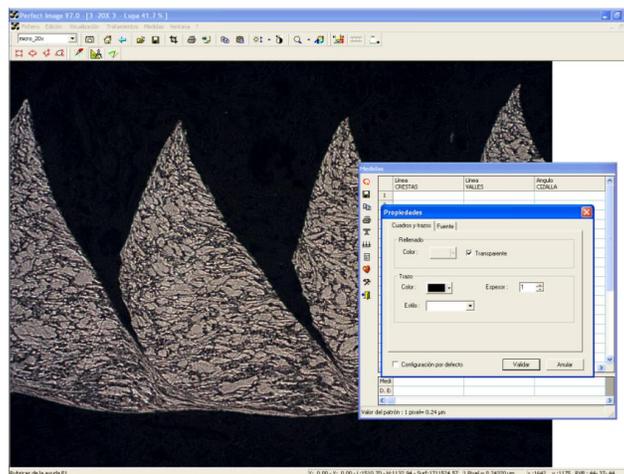


Figura 4.63 Fin de las mediciones.

CAPITULO 5. Validación de la Metodología

5.1 Ejemplo de Aplicación

5.1.1 Ensayo

Aplicando el protocolo de Ensayo:

Se seleccionó como material a trabajar, la aleación de Ti, Ti6Al4V, de la cual se habla anteriormente en el capítulo 3. Se realizó el mecanizado, haciendo la grabación necesaria y tomando las imágenes para documentar.

A continuación se presentan varias tomas del proceso de mecanizado con enfoque en la herramienta y el material.

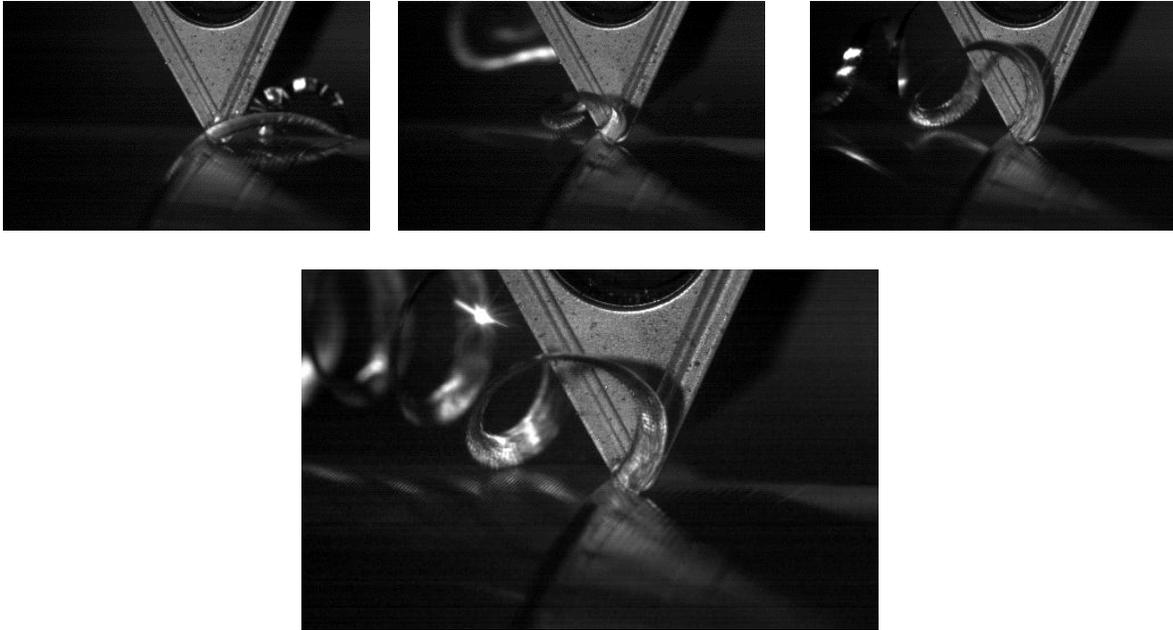


Figura 5.1 Imágenes tomadas del mecanizado en proceso

A continuación se presentan los parámetros utilizados en los ensayos de torneado para la validación de la metodología planteada en el Capítulo 4.

De los cuales, para uso de nuestro proyecto, utilizaremos lo que es la profundidad, el avance, la velocidad de corte y el tiempo de mecanizado.

En la tabla siguiente se hace referencia a ensayos con profundidad 0.5mm, 1mm y 2mm.

Tabla 5.1 Parámetros Ensayo de Torneado p= 1mm.

Hta	Filo	Rec	Vc (m/min)	a (mm/rev)	p (mm)	Di (mm)	Df (mm)	Li (mm)	S (rpm)	F (mm/min)	t. MEC. (seg)
1	A	SR	25	0.05	1	79.780	77.78	55.00	99.746	4.987	661.68
1	B	SR	25	0.1	1	79.780	77.78	55.00	99.746	9.975	330.84
2	A	SR	25	0.3	1	77.798	75.80	55.00	102.288	30.686	107.54
2	B	SR	50	0.05	1	77.798	75.80	55.00	204.575	10.229	322.62
3	A	SR	50	0.1	1	75.780	73.78	55.00	210.022	21.002	157.13
3	B	SR	50	0.3	1	75.780	73.78	55.00	210.022	63.007	52.38
4	A	SR	75	0.05	1	73.780	71.78	55.00	323.573	16.179	203.97
4	B	SR	75	0.1	1	73.780	71.78	55.00	323.573	32.357	101.99
5	A	SR	75	0.3	1	71.780	69.78	55.00	332.589	99.777	33.07
5	B	SR	100	0.05	1	71.780	69.78	55.00	443.452	22.173	148.83
6	A	SR	100	0.1	1	69.780	67.78	55.00	456.162	45.616	72.34
6	B	SR	100	0.3	1	69.780	67.78	55.00	456.162	136.849	24.11

Tabla 5.2 Parámetros de Ensayo de Torneado $p=0.5\text{mm}$.

Hta	Filo	Rec	Vc (m/min)	a (mm/rev)	p (mm)	Di (mm)	Df (mm)	Li (mm)	S (rpm)	F (mm/min)	t. MEC. (seg)
1	A	SR	100	0.05	0.5	105.00	104.00	50.00	303.152	15.158	197.92
1	B	SR	100	0.1	0.5	105.00	104.00	50.00	303.152	30.315	98.96
2	A	SR	100	0.3	0.5	105.00	104.00	50.00	303.152	90.946	32.99
2	B	SR	75	0.05	0.5	103.00	102.00	50.00	231.779	11.589	258.87
3	A	SR	75	0.1	0.5	103.00	102.00	50.00	231.779	23.178	129.43
3	B	SR	75	0.3	0.5	103.00	102.00	50.00	231.779	69.534	43.14
4	A	SR	50	0.05	0.5	104.00	103.00	50.00	153.034	7.652	392.07
4	B	SR	50	0.1	0.5	104.00	103.00	50.00	153.034	15.303	196.04
5	A	SR	50	0.3	0.5	104.00	103.00	50.00	153.034	45.910	65.35
5	B	SR	25	0.05	0.5	102.00	101.00	50.00	78.017	3.901	769.06
6	A	SR	25	0.1	0.5	102.00	101.00	50.00	78.017	7.802	384.53
6	B	SR	25	0.3	0.5	102.00	101.00	50.00	78.017	23.405	128.18

Tabla 5.3 Parámetros de ensayo de Torneado $p=2\text{mm}$.

Hta	Filo	Rec	Vc (m/min)	a (mm/rev)	p (mm)	Di (mm)	Df (mm)	Li (mm)	S (rpm)	F (mm/min)	t. MEC. (seg)
1	A	SR	100	0.05	2	103.00	99.00	50.00	309.039	15.452	194.15
1	B	SR	100	0.1	2	103.00	99.00	50.00	309.039	30.904	97.08
2	A	SR	100	0.3	2	103.00	99.00	50.00	309.039	92.712	32.36
2	B	SR	75	0.05	2	101.00	97.00	50.00	236.369	11.818	253.84
3	A	SR	75	0.1	2	101.00	97.00	50.00	236.369	23.637	126.92
3	B	SR	50	0.05	2	101.00	97.00	50.00	157.579	7.879	380.76
4	A	SR	50	0.1	2	103.00	99.00	50.00	154.519	15.452	194.15

A partir del mecanizado realizado se recogió la viruta de cada tramo que se quiere analizar, de esta manera se presenta en una tabla comparativa velocidad-avance (v/a).

VIRUTA AL INICIO DEL MECANIZADO

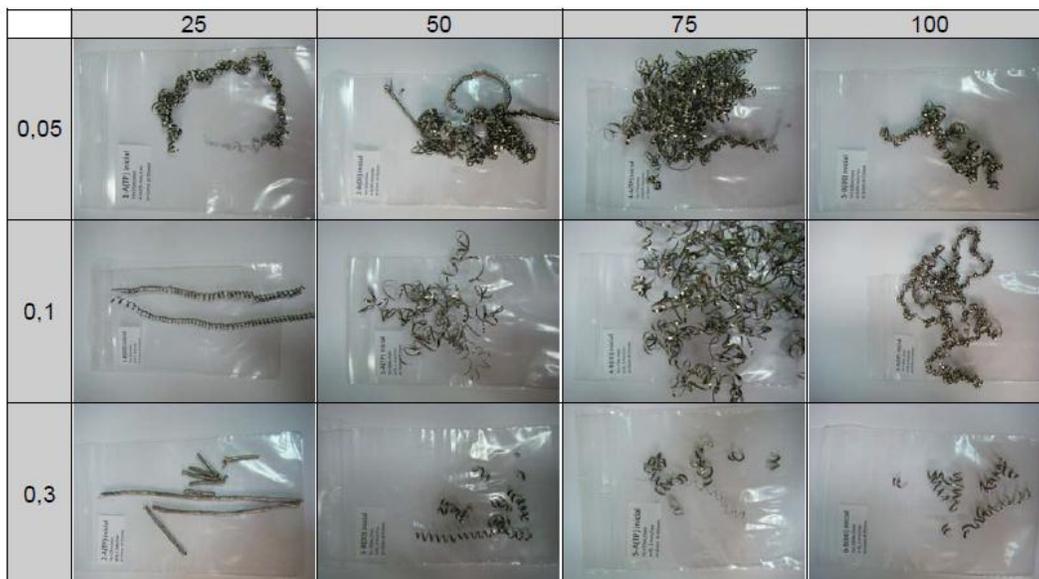


Figura 5.2 Comparativa de Viruta al inicio del mecanizado

VIRUTA A MITAD DEL MECANIZADO

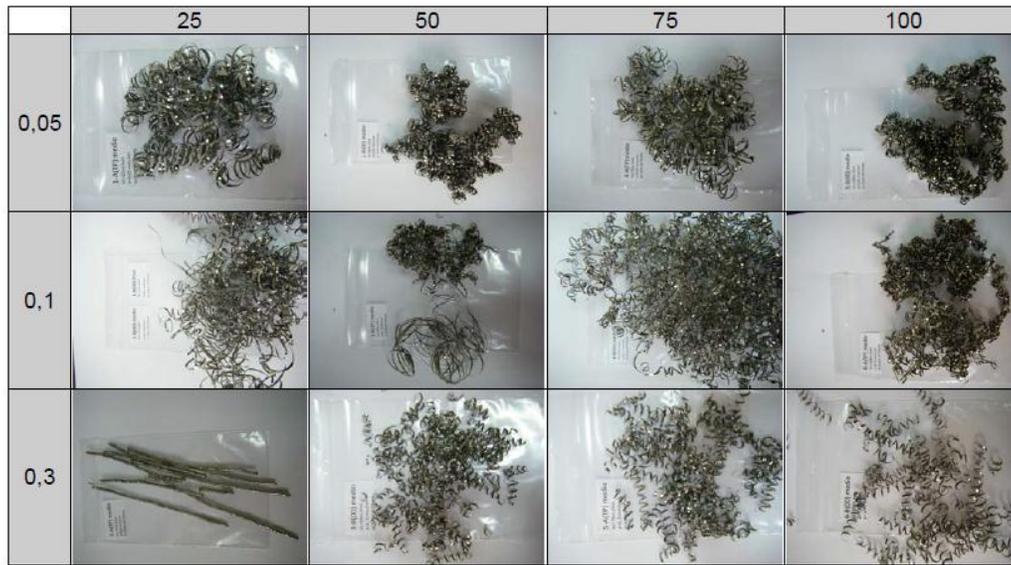


Figura 5.3 Comparativa de viruta a mitad del mecanizado

VIRUTA AL FINAL DEL MECANIZADO

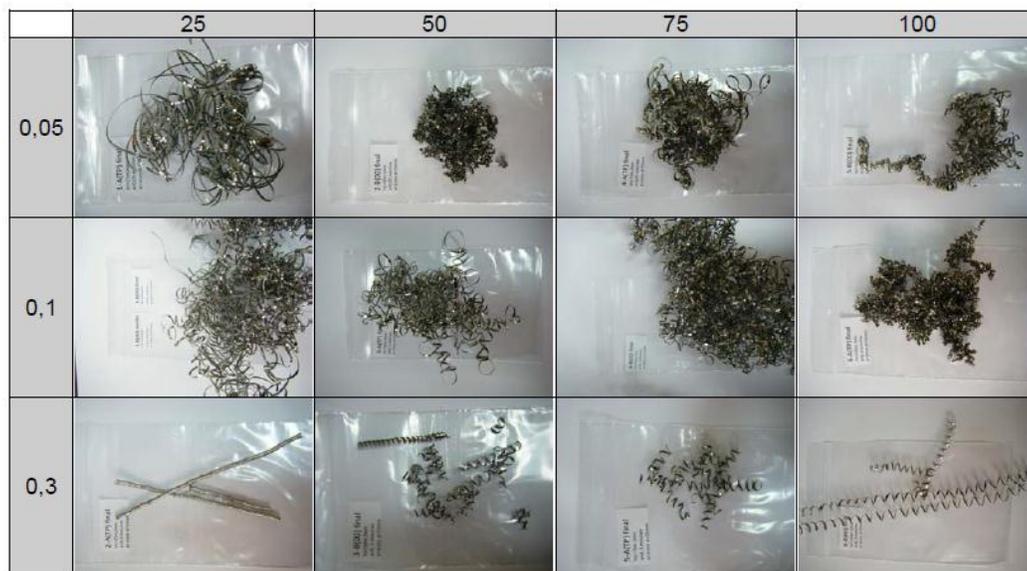


Figura 5.4 Comparativa de viruta al final del mecanizado.

En el Anexo 1. Se encuentra detallada toda la comparativa de la viruta v/a de todos los ensayos.

5.1.2 Embutición/Encapsulado

Se seleccionó un trozo de viruta para cada conjunto de parámetros que se quieren analizar.

Se hizo la prueba con los dos tipos principales de resina, tanto en frío como en caliente, siendo lo más común por su eficiencia y resultados trabajar con resina en caliente es la que se va a presentar primero y como principal.

Se seleccionó la resina *Multifast* ya que se observa que por su color, el resultado al observar las muestras en el microscopio metalográfico es una vista más clara.

Al realizar el proceso de embutido se comprueba que los parámetros para la máquina que se propusieron en el capítulo anterior con varias pruebas, fueron exitosos, teniendo como resultado una pastilla útil para ser analizada.

Esto se comprueba observando que todas las pastillas tienen el tamaño y la textura necesaria para que las muestras puedan ser observadas y evaluadas.

Luego de terminar el proceso de embutido de las muestras, se procede a almacenarlas individualmente con sus parámetros indicados claramente.



Figura 5.5 Muestras empastilladas con resina en caliente.



Figura 5.6 Muestras empastilladas con resina en frío

5.1.3 Preparación Mecánica

Para comenzar este proceso, seleccionamos la metodología propuesta para Aleaciones de titanio con la característica añadida en el capítulo anterior de añadir un paso más al pulido y a continuación podemos observar la comparación entre una muestra sin el paso MD-Mol y otra con el proceso completo.

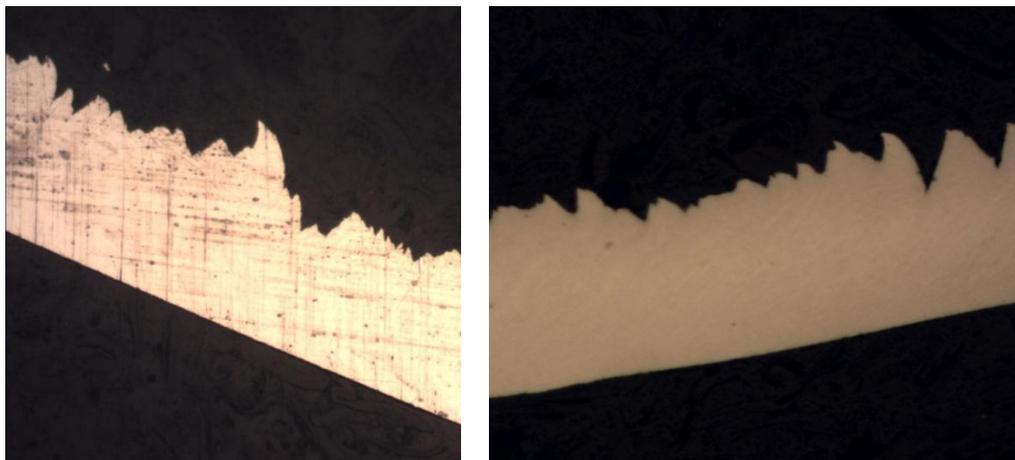
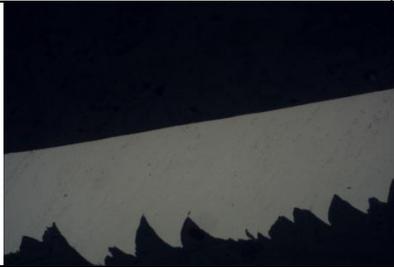


Figura 5.7 Comparación Pulido sin el paso con paño MD-Mol y con el paso de paño MD-Mol

Comprobando de esta manera que se observa con una calidad superior la muestra que fue sometida al proceso incluyendo la fase intermedia de pulido del paño MD-Mol antes del MD-Chem.

El resultado de aplicar el protocolo de preparación mecánica de las muestras fue la observación de muestras sin rayaduras y listas para revelar con químicos y analizar de nuevo en el microscopio, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.4 Muestras después de su preparación mecánica, listas para revelar.

V/a	0.05	0.1	0.3
25			
	100X – 00001	20X – 00002	20X – 00003
50			
	50X – 00004	50X – 00005	20X – 00006
75			
	50X – 00007	20X – 00008	100X – 00009
100			
	100X – 00010	100X – 00011	50X – 00012

5.1.4 Ataque químico (Revelado de las muestras)

Utilizando el protocolo de ataque químico de las muestras, logramos revelar la estructura metalográfica de las muestras, es importante hacer notar que los 15 segundos que permaneció la muestra sometida al químico fueron suficientes para revelar una clara estructura de la muestra como se observa en la siguiente figura.

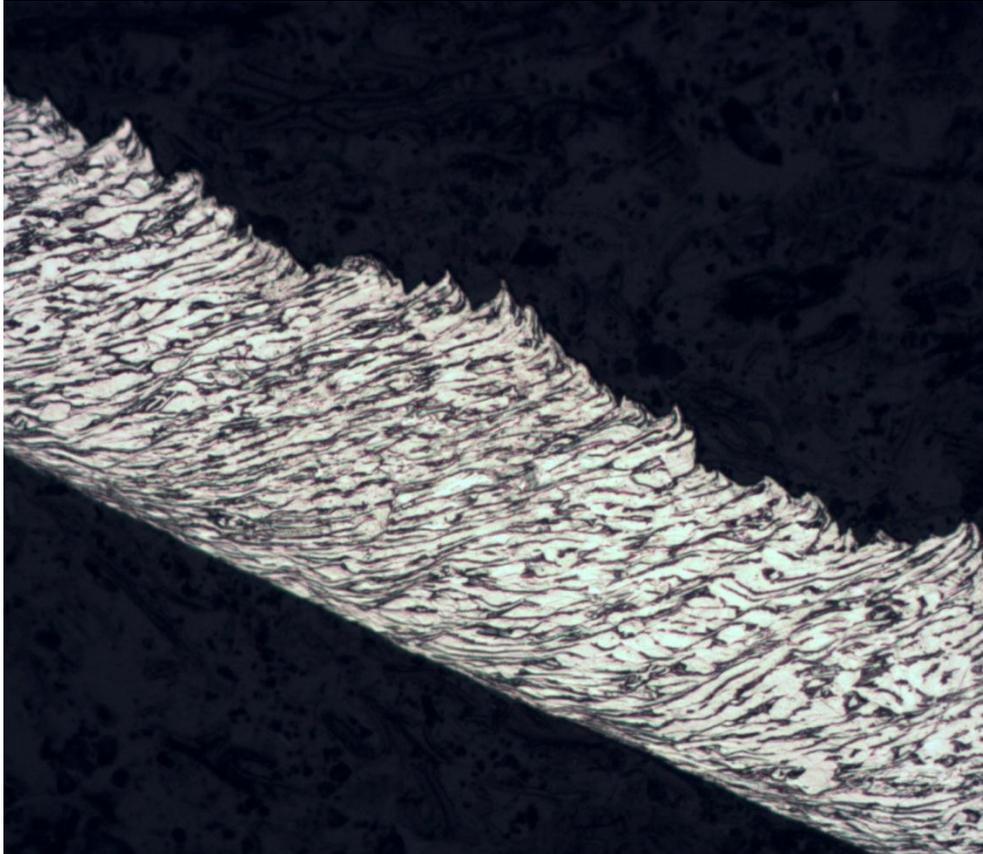


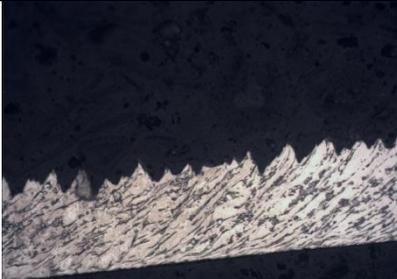
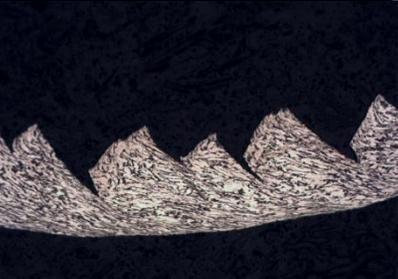
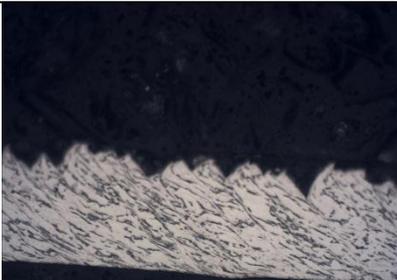
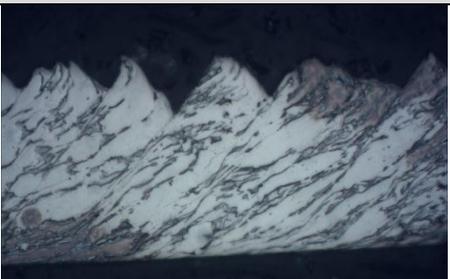
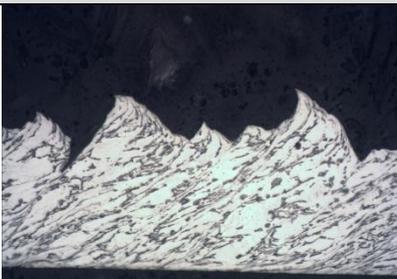
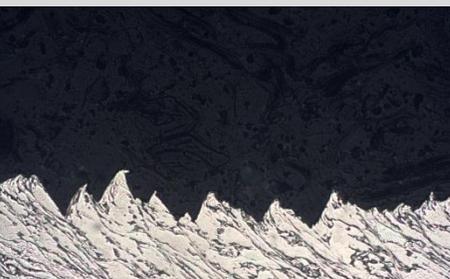
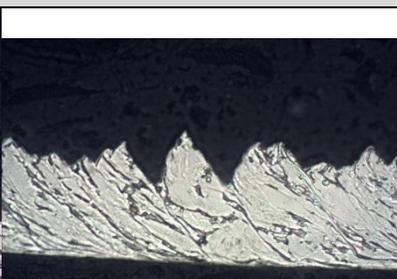
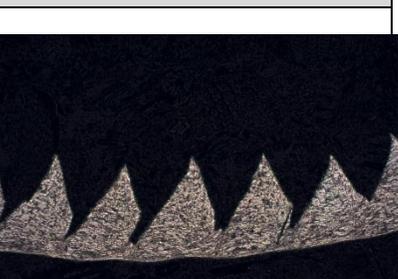
Figura 5.8 Muestra después de 15 de ataque químico.

5.1.5 Caracterización

Como se menciona en el capítulo anterior para la caracterización de las muestras, primero se realiza una serie de fotos que permitan observar y encontrar cual es la magnificación adecuada para cada muestra en la cual sea posible realizar las medidas necesarias, de esta manera se realizan 3 medidas y una de ellas será la elegida para usar en la medición.

En el Anexo 1. Se podrán encontrar las comparativas de las muestras v/a ya reveladas de todos las muestras, a continuación se presenta un ejemplo.

Tabla 5.5 Ejemplo de comparativa de muestras reveladas.

V/a	0.05	0.1	0.3
25			
	50X – 00001	20X – 00002	20X – 00003
50			
	100X – 00004	50X – 00005	50X – 00006
75			
	100X – 00007	50X – 00008	2X – 00009
100			
	50X – 00010	100X – 00011	10X – 00012

5.1.6 Mediciones y Resultados

Teniendo toda la información y fotos necesarias, pasamos a las mediciones, de la manera explicada y especificada en el capítulo anterior.

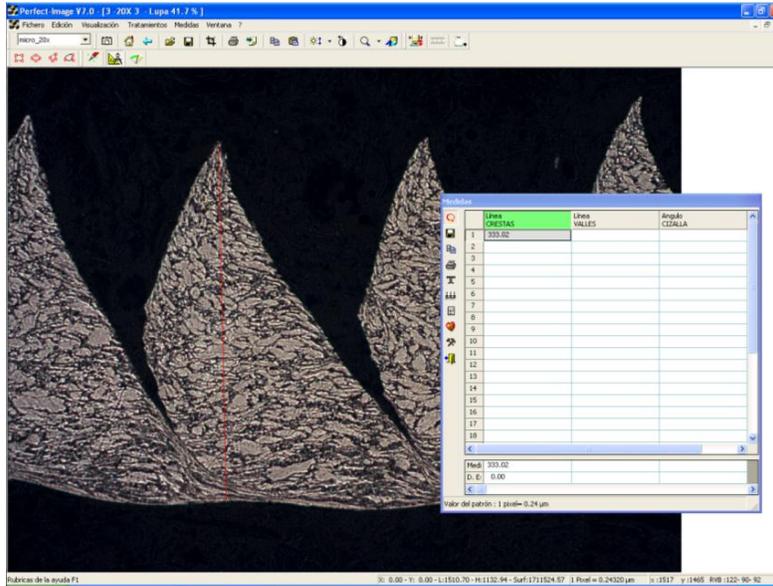


Figura 5.9 Proceso de medición de la muestra.

A continuación se presenta a manera de ejemplo los gráficos obtenidos con las medidas de las muestras con parámetro de profundidad: 0,5mm

En el Anexo 1. Se presentan los gráficos para el resto de muestras.

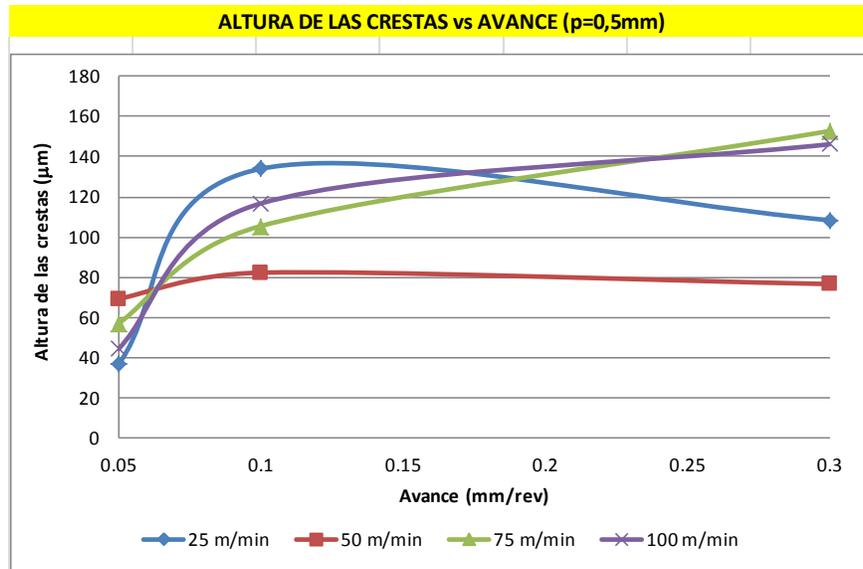


Figura 5.10 Altura de Crestas vs Avance

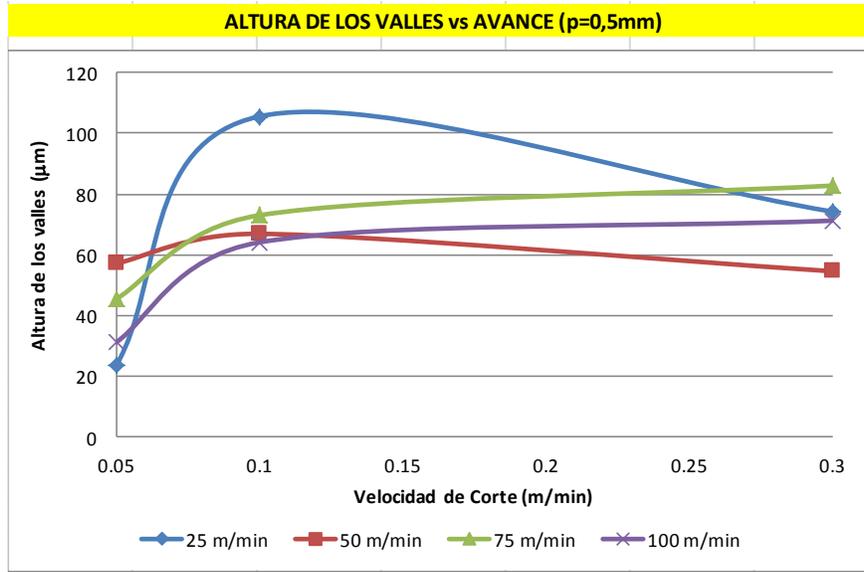


Figura 5.11 Altura de Valles vs. Avance

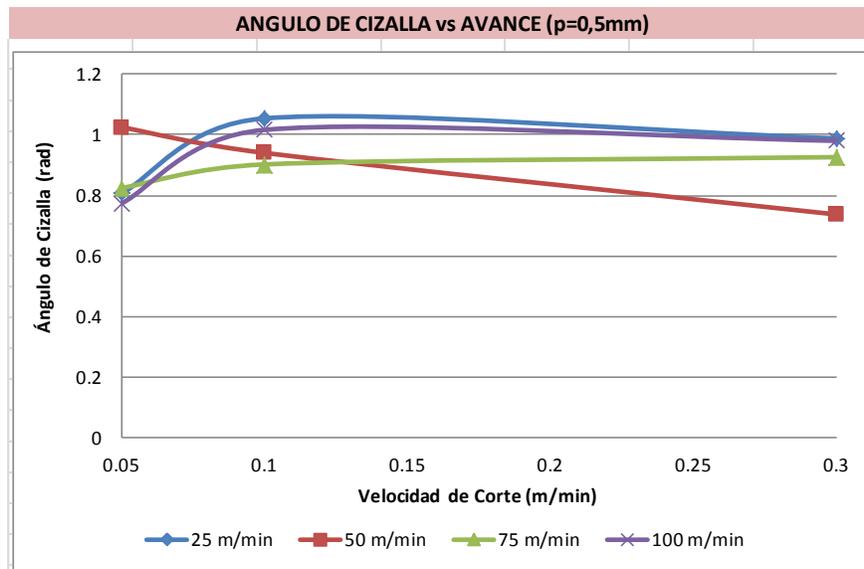


Figura 5.12 Ángulo de Cizalla vs. Avance

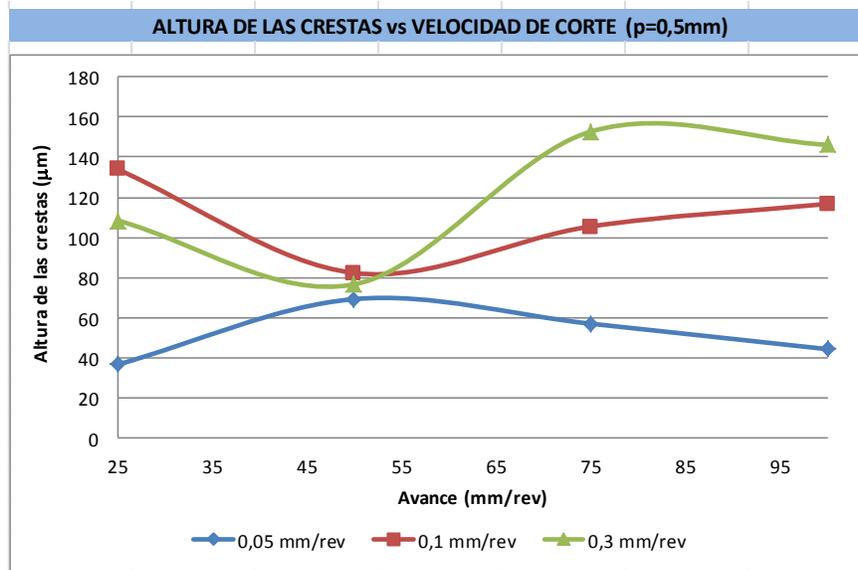


Figura 5.13 Altura de Crestas vs. Velocidad de Corte

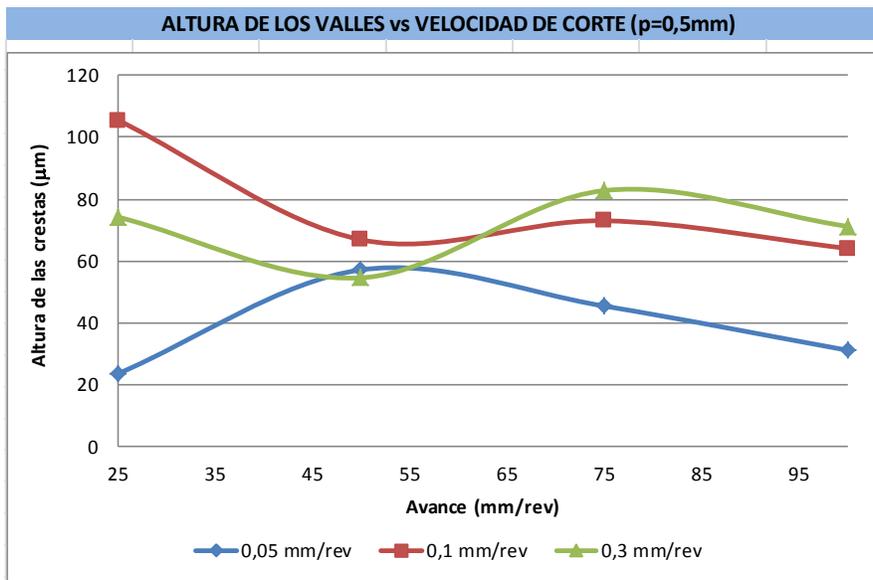


Figura 5.14 Altura de Valles vs. Velocidad de Corte

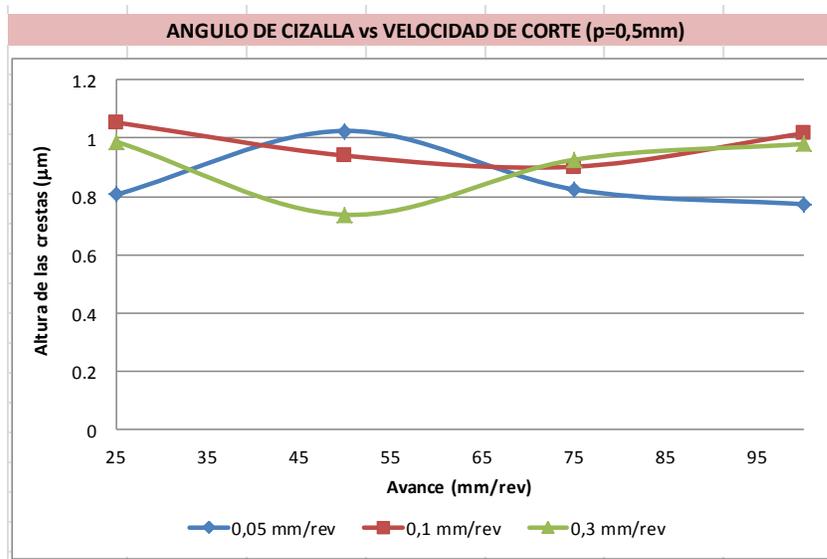


Figura 5.15 Ángulo de Cizalla vs. Velocidad de Corte

CAPITULO 6. Conclusiones

Al completar el proyecto, podemos concluir que se ha establecido con éxito un plan para incorporar una metodología para el análisis y evaluación de muestras metalográficas de Titanio dentro de un sistema de gestión de la I+D+i.

Se ha validado la metodología antes mencionada con un ejemplo de aplicación práctico que comprende desde el ensayo de mecanizado del Titanio, pasando por el desarrollo de la probeta, su desbaste y acabado, revelado por medio de químicos, hasta la caracterización y medición de las muestras.

Los resultados obtenidos del ejemplo de aplicación mostraron que la metodología es válida y cuenta con los protocolos útiles y necesarios para el análisis de las muestras, ya que se logró plantear una serie de gráficas comparando los parámetros de mecanizado con las medidas de altura de valles, altura de crestas y ángulo de cizalla, para todas las muestras.

La metodología propuesta contiene todas las especificaciones necesarias para adecuarse al sistema de gestión de I+D+i con el que se cuenta en la empresa.

Al incorporar la metodología propuesta contamos con ventajas en el factor tiempo, optimizando los procesos con la guía de los protocolos descritos, así también ventajas en el factor puramente de investigación ya que el aspecto de documentación forma parte

importante y optimiza el análisis de datos y la eficiencia para obtener resultados correctos.

Siendo el presente proyecto naturalmente de incorporación y adaptación puede servir como guía para seguir incorporando nuevas metodologías que se vayan desarrollando con el tiempo y respondiendo a necesidades de la misma forma que nació la idea del presente proyecto.

CAPITULO 7. Bibliografía

- Norma UNE 166002:2002, *Gestión de la I+D+I: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i*. AENOR, Madrid 2006
- Norma UNE 166000, *Gestión de I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i*. AENOR, Madrid, 2006.
- Struers, *Metalog Guide, Dinamarca, 2004*.
- Sánchez López, Miguel; Díaz Vázquez, Enrique; Contreras Samper, Juan Pablo. *Nociones de Metrología Dimensional*
- M. Sánchez Carrilero, M. Marcos Bárcena, *Relaciones paramétricas en el mecanizado*, 1994, Universidad de Cádiz.
- Investigador principal, director, Luis Gámir ; investigadores, Javier Casares, Pedro Durá, Víctor J. Martín ; prólogo de Juan Velarde, *Innovación y productividad : productividad e I+D+i: teoría y aplicación en España*, Madrid, 2007

- José Ramón Sasián, Moisés Batista, Jorge Salguero, Mariano Marcos. *Diseño e implantación de un sistema de gestión de la I+D+i en una empresa de mecanizado.*
- Y. Sánchez Hernández, Trabajo de Investigación de fin de Master, *Metodología para el análisis de virutas Ti6Al4V en función de los parámetros tecnológicos de corte*, 2011
- Fabricante Struers. <http://www.struers.com/> Revisada Agosto de 2012.
- Ministerio de Ciencia e Innovación.
- <http://www.micinn.es/portal/site/MICINN> Revisada Agosto 2012
- Andalucía Investiga.
- <http://www.andaluciainvestiga.com/espanol/investigacionAnd/investigacionAnd.asp>. Revisada Agosto 2012.
- Fabricante Metkon. <http://www.metkon.com/> Revisada Agosto de 2012.
- Metalografía, <http://www.metallography.com/> Revisada Agosto de 2012.
- <http://www.revistatope.com> Revisada en Agosto 2012
- <http://rtiintl.com/titanium.html> Revisada en Agosto 2012
- <http://titanium.org> Revisada en Agosto 2012
- <http://www.incos.de/es/servicios/metalografia/> Revisada en Agosto 2012

ÍNDICE

ANEXOS

2.1 Validación	_____	1
2.1.1 Comparativa de viruta v/a	_____	1
2.1.1.1 Ensayos con p=1mm	_____	1
2.1.1.2 Ensayos con p=2mm	_____	3
2.1.1.3 Ensayos con p=0,5mm	_____	5
2.1.2 Comparativa de muestras reveladas	_____	7
2.1.2.1 Muestras p=1mm	_____	7
2.1.2.2 Muestras p=0,5mm	_____	8
2.1.2.3 Muestras p=2mm	_____	9
2.1.3 Gráficos de Resultados	_____	10

2. Anexos

2.1 Validación

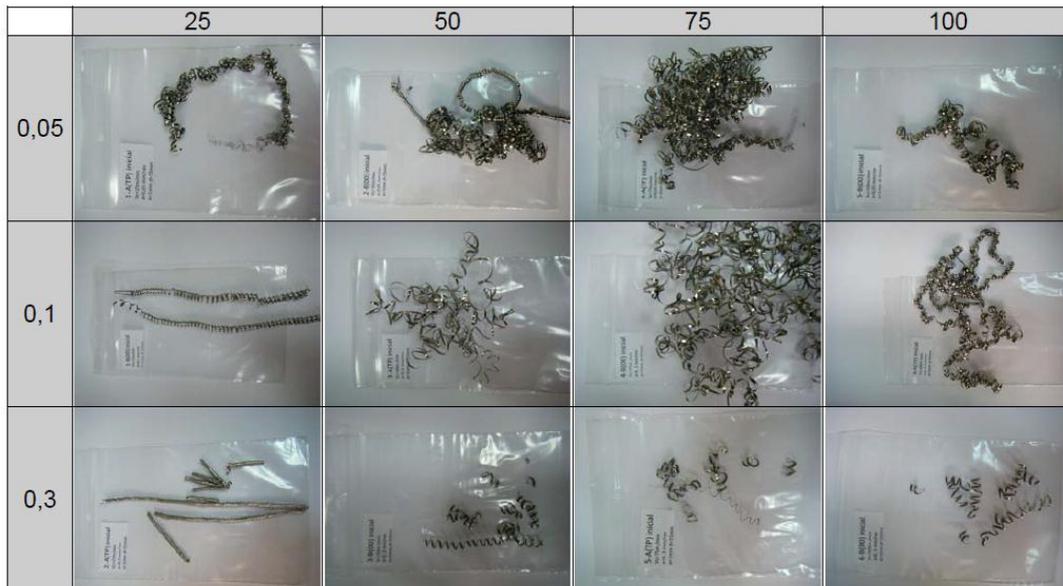
2.1.1 Comparativa de viruta v/a

2.1.1.1 Ensayos con p= 1mm

ENSAYOS Ti6Al4V SR

DATOS DE MECANIZADO											
Hta	Filo	Rec	Vc (m/min)	a (mm/rev)	p (mm)	Di (mm)	Li (mm)	S (rpm)	F (mm/min)	DISTAN. (mm)	t. MEC. (seg)
1	A	SR	25	0,05	1	79,60	110,00	99,972	4,999	55,00	660,19
1	B	SR	25	0,1	1	79,60	110,00	99,972	9,997	55,00	330,09
2	A	SR	25	0,3	1	77,60	110,00	102,548	30,764	55,00	107,27
2	B	SR	50	0,05	1	77,60	110,00	205,097	10,255	55,00	321,80
3	A	SR	50	0,1	1	75,60	110,00	210,522	21,052	55,00	156,75
3	B	SR	50	0,3	1	75,60	110,00	210,522	63,157	55,00	52,25
4	A	SR	75	0,05	1	73,60	110,00	324,365	16,218	55,00	203,47
4	B	SR	75	0,1	1	73,60	110,00	324,365	32,436	55,00	101,74
5	A	SR	75	0,3	1	71,60	110,00	333,425	100,028	55,00	32,99
5	B	SR	100	0,05	1	71,60	110,00	444,567	22,228	55,00	148,46
6	A	SR	100	0,1	1	69,60	110,00	457,342	45,734	55,00	72,16
6	B	SR	100	0,3	1	69,60	110,00	457,342	137,203	55,00	24,05

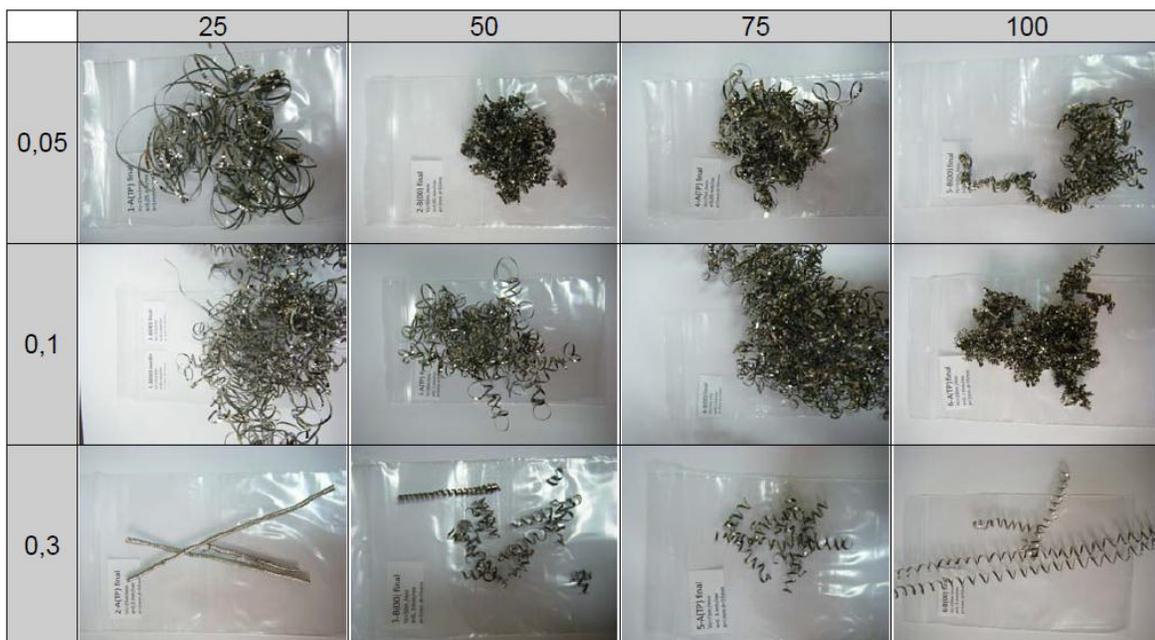
VIRUTA AL INICIO DEL MECANIZADO



VIRUTA A MITAD DEL MECANIZADO



VIRUTA AL FINAL DEL MECANIZADO



2.1.1.2 Ensayos con p= 2mm

ENSAYOS Ti6Al4V SR

DATOS DE MECANIZADO

Hta	Filo	Rec	Vc (m/min)	a (mm/rev)	p (mm)	Di (mm)	Df (mm)	Li (mm)	S (rpm)	F (mm/min)	t. MEC. (seg)	Fecha	Obs
1	A	SR	100	0.05	2	103.00	99.00	50.00	309.039	15.452	194.15	22-feb-12	
1	B	SR	100	0.1	2	103.00	99.00	50.00	309.039	30.904	97.08	22-feb-12	
2	A	SR	100	0.3	2	103.00	99.00	50.00	309.039	92.712	32.36	22-feb-12	ERROR
2	B	SR	75	0.05	2	101.00	97.00	50.00	236.369	11.818	253.84	22-feb-12	
3	A	SR	75	0.1	2	101.00	97.00	50.00	236.369	23.637	126.92	22-feb-12	
3	B	SR	50	0.05	2	101.00	97.00	50.00	157.579	7.879	380.76	22-feb-12	
4	A	SR	50	0.1	2	103.00	99.00	50.00	154.519	15.452	194.15	22-feb-12	
5	A	SR	25	0.05	2	98.17	94.17	50.00	81.061	4.053	740.18	11-jul-12	
5	B	SR	25	0.1	2	98.17	94.17	50.00	81.061	8.106	370.09	11-jul-12	

VIRUTA AL INICIO DEL MECANIZADO



VIRUTA A MITAD DEL MECANIZADO



VIRUTA AL FINAL DEL MECANIZADO

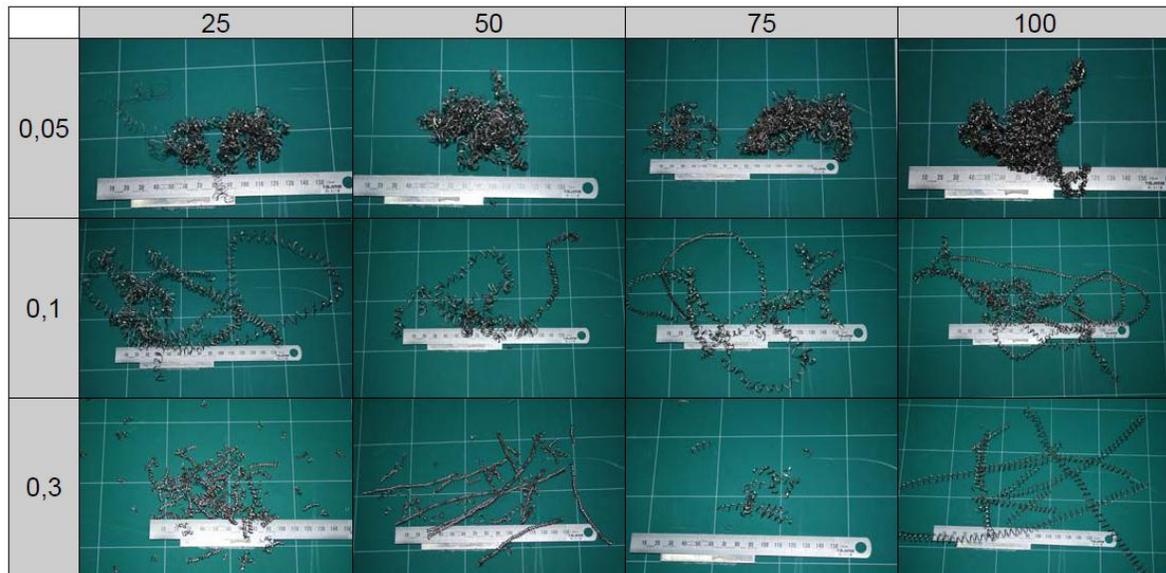


2.1.1.3 Ensayos con p=0,5mm

ENSAYOS Ti6Al4V SR

DATOS DE MECANIZADO											
Hta	Filo	Rec	Vc	a	p	Di	Li	S	F	DISTAN.	t. MEC.
			(m/min)	(mm/rev)	(mm)	(mm)	(mm)	(rpm)	(mm/min)	(mm)	(seg)
1	A	SR	100	0.05	0.5	105.00	104.00	50.00	303.152	15.158	197.92
1	B	SR	100	0.1	0.5	105.00	104.00	50.00	303.152	30.315	98.96
2	A	SR	100	0.3	0.5	105.00	104.00	50.00	303.152	90.946	32.99
2	B	SR	75	0.05	0.5	103.00	102.00	50.00	231.779	11.589	258.87
3	A	SR	75	0.1	0.5	103.00	102.00	50.00	231.779	23.178	129.43
3	B	SR	75	0.3	0.5	103.00	102.00	50.00	231.779	69.534	43.14
4	A	SR	50	0.05	0.5	104.00	103.00	50.00	153.034	7.652	392.07
4	B	SR	50	0.1	0.5	104.00	103.00	50.00	153.034	15.303	196.04
5	A	SR	50	0.3	0.5	104.00	103.00	50.00	153.034	45.910	65.35
5	B	SR	25	0.05	0.5	102.00	101.00	50.00	78.017	3.901	769.06
6	A	SR	25	0.1	0.5	102.00	101.00	50.00	78.017	7.802	384.53
6	B	SR	25	0.3	0.5	102.00	101.00	50.00	78.017	23.405	128.18

VIRUTA AL INICIO DEL MECANIZADO



VIRUTA A MITAD DEL MECANIZADO

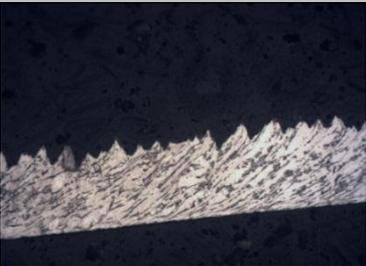
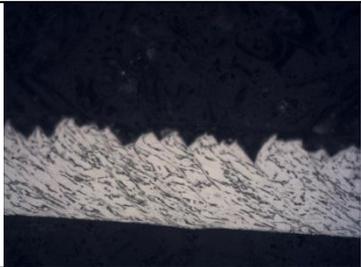
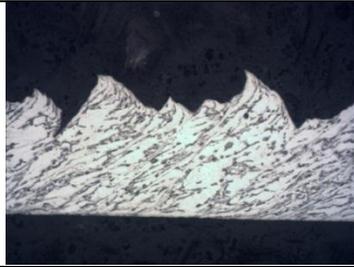
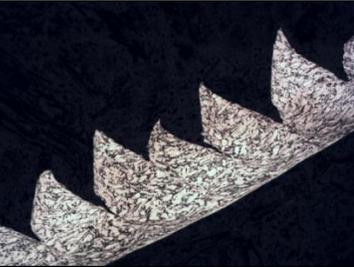
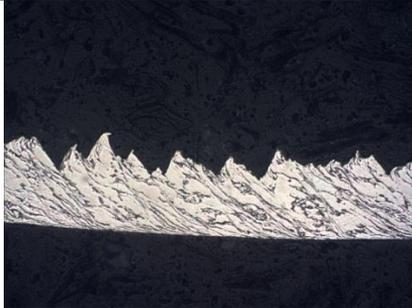
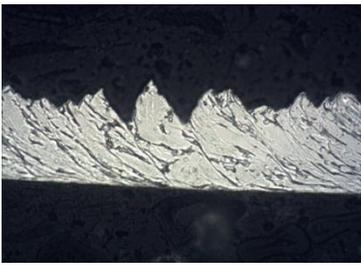
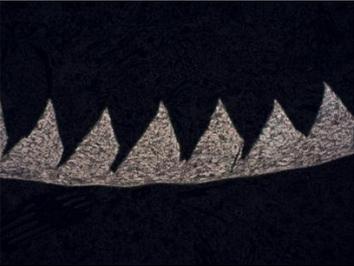


VIRUTA AL FINAL DEL MECANIZADO

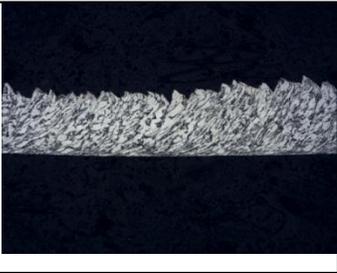
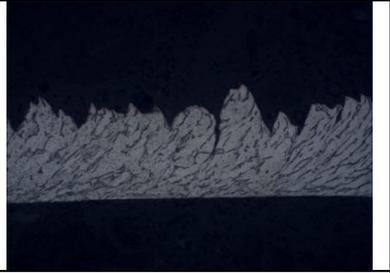
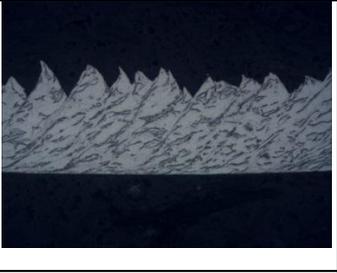
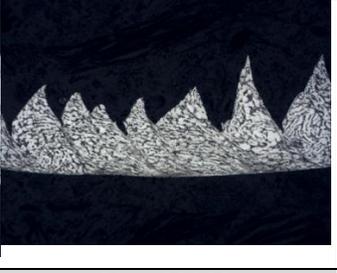
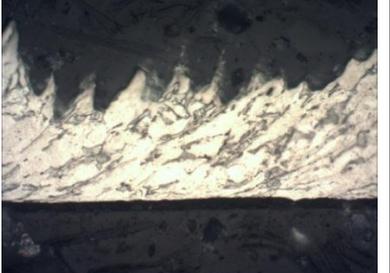
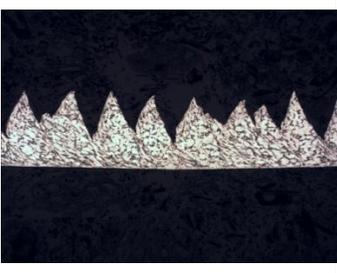


2.1.2 Comparativa de muestras reveladas

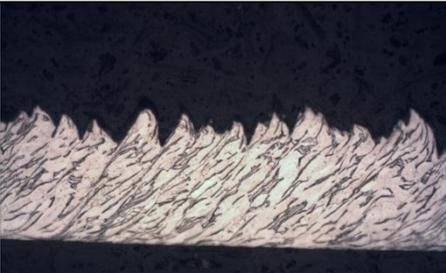
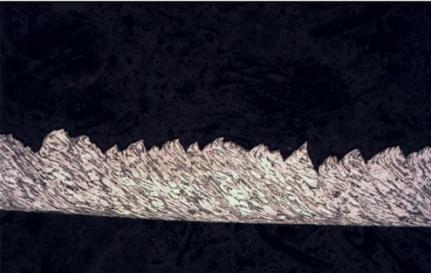
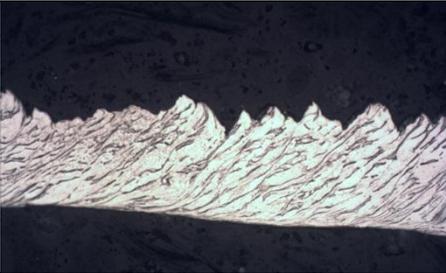
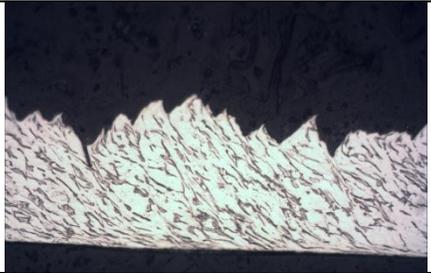
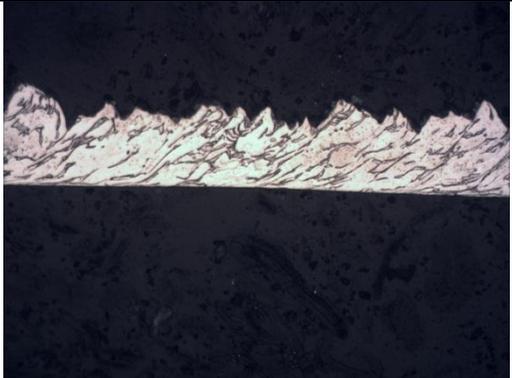
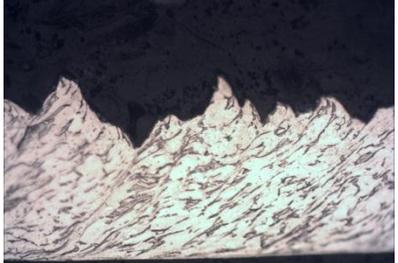
2.1.2.1 Muestras $p=1\text{mm}$

V/a	0.05	0.1	0.3
25			
	50X – 00001	20X – 00002	20X – 00003
50			
	100X – 00004	50X – 00005	50X – 00006
75			
	100X – 00007	50X – 00008	2X – 00009
100			
	50X – 00010	100X – 00011	10X – 00012

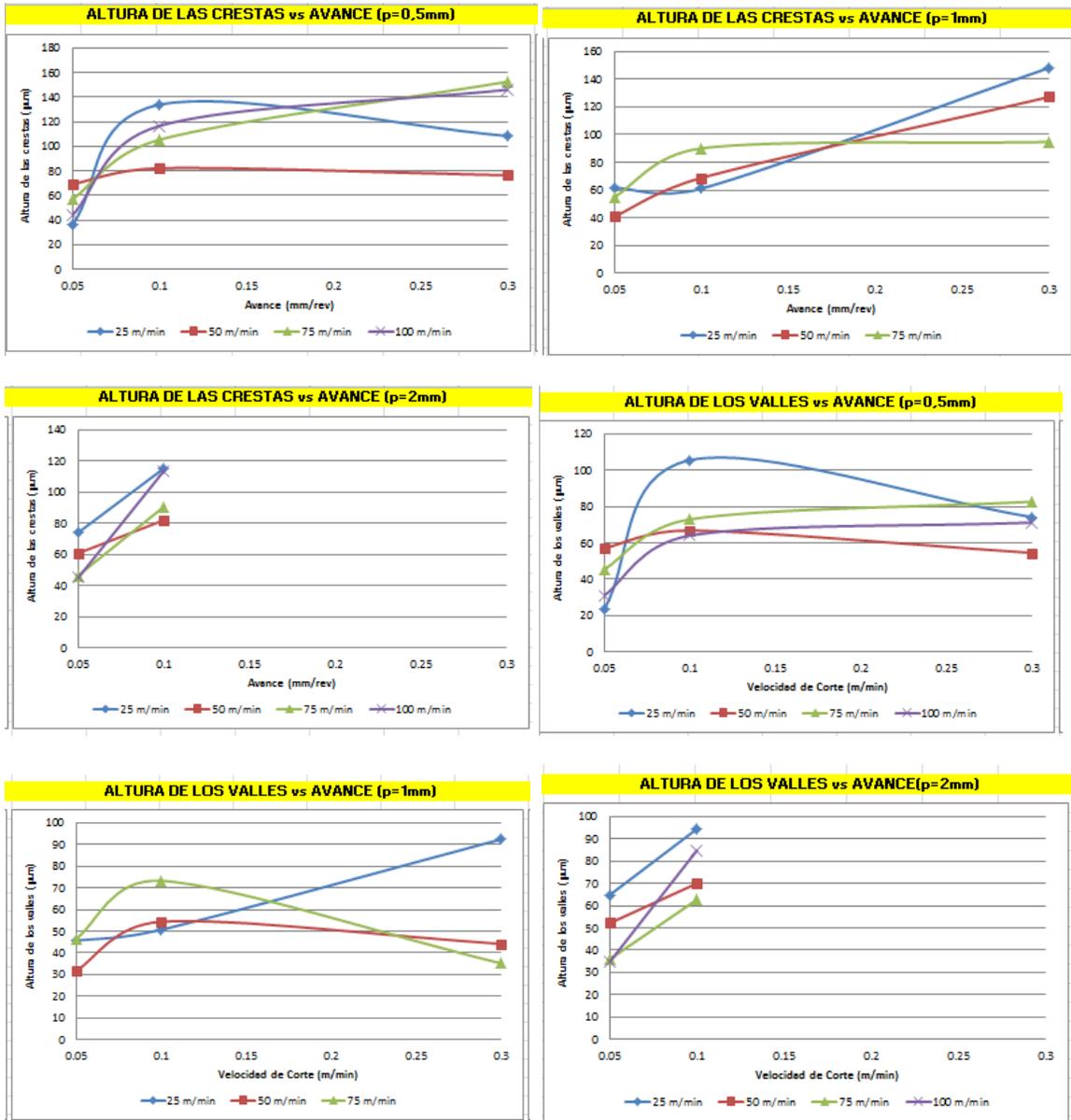
2.1.2.2 Muestras p=0,5mm

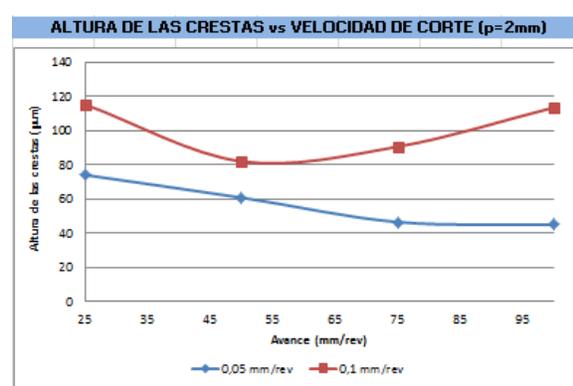
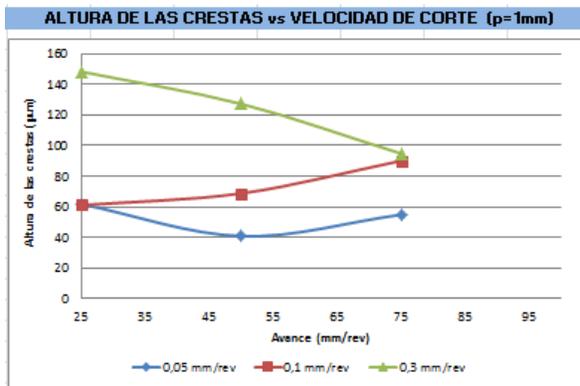
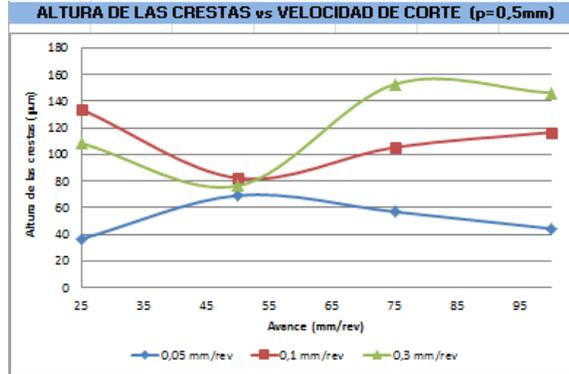
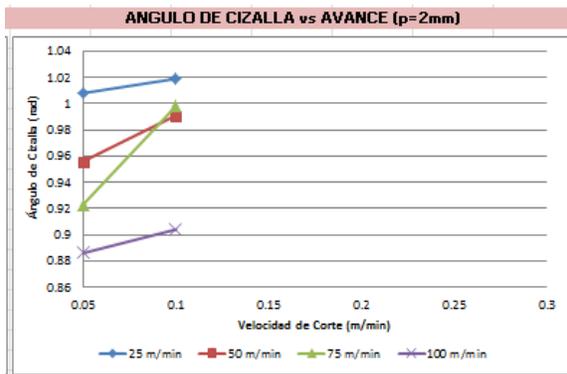
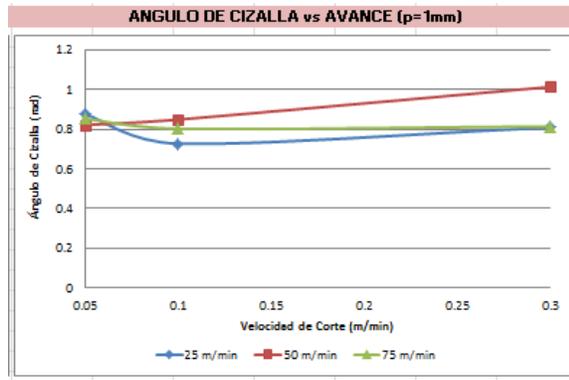
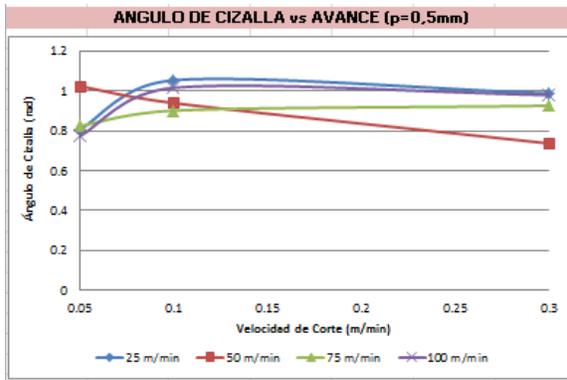
V/a	0.05	0.1	0.3
25			
	100X – 00001	20X - 00002	50X – 00003
50			
	50X – 00004	50X – 00005	50X – 00006
75			
	50X – 00007	50X – 00008	2X – 00009
100			
	100X – 00010	50X - 00011	20X – 00012

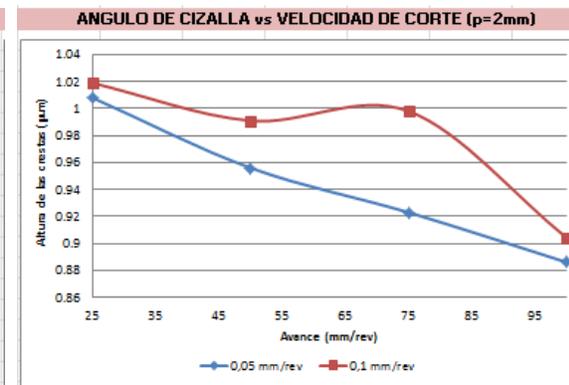
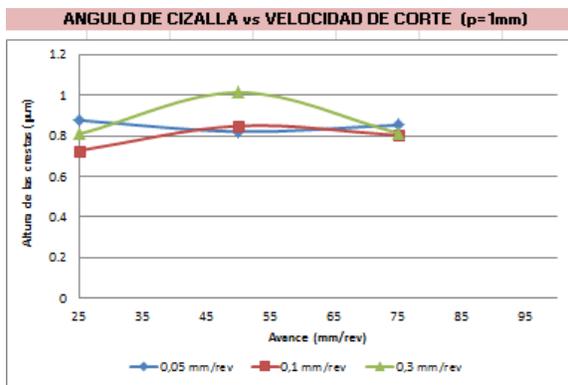
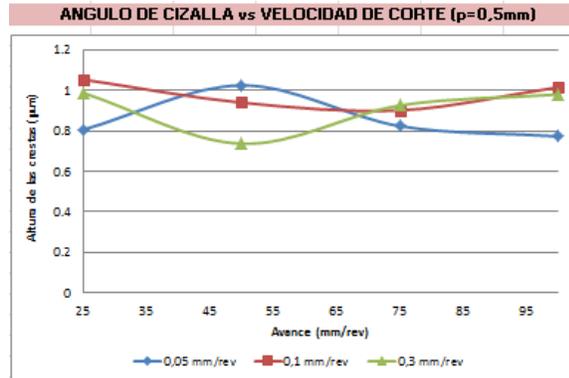
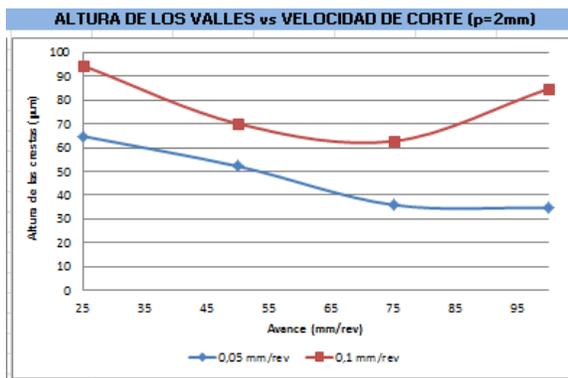
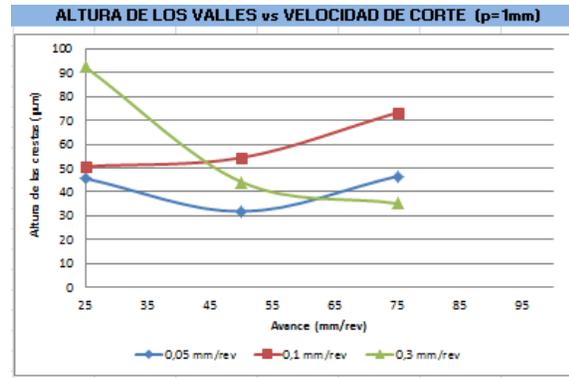
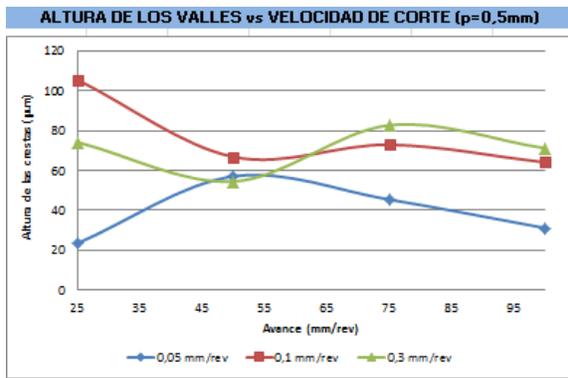
2.1.2.3 Muestras p=2mm

V/a	0.05	0.1
25		
	50X - 00001	20X - 00002
50		
	50X - 00003	50X - 00004
75		
	50X - 00005	50X - 00006
100		
	100X - 00007	50X - 00008

2.1.3 Gráficos de Resultados







ÍNDICE

PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 Condiciones Generales	_____	1
3.2 Condiciones Particulares	_____	1
3.3 Requisitos funcionales	_____	1
3.3.1 Requisitos Técnico-Tecnológicos	_____	1
3.3.1.1 Software	_____	1
3.3.1.2 Hardware	_____	2
3.3.2 Fungibles	_____	2
3.3.3 Requisitos Humanos	_____	3
3.3.4 Formación	_____	3
3.4 Consideraciones y Resultados	_____	4
3.4.1 Obligaciones del Proyectista	_____	4
3.4.2 Obligaciones de la unidad de I+D+i de SikaMet, S.A	_____	4
3.4.3 Resultados y productos esperados	_____	5
3.5 Condiciones de Trabajo	_____	5
3.5.1 Equipo de Trabajo	_____	5
3.5.2 Supervisión de los trabajos	_____	5

3.5.3 Plazo de Ejecución	_____	6
3.6 Condiciones Económicas	_____	6
3.6.1 Forma de Pago	_____	6
3.6.2 Cumplimiento de plazos y penalidades por demora	_____	7
3.6.3 Garantía	_____	7
3.7 Confidencialidad de la Información	_____	7

3. Pliego de Condiciones

3.1 Condiciones generales

Para la implantación de este proyecto será necesaria la completa participación de todo el personal del Laboratorio de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. Las partes que intervienen en el mismo de cara a la realización del proyecto son el Laboratorio de Ingeniería de los Procesos de Fabricación y el contratista, que en este caso coincide con el proyectista.

La Unidad de Gestión del Laboratorio de Ingeniería de Procesos de Fabricación se encargará de coordinar la dirección del proyecto. Además, aportará los recursos necesarios para la ejecución del mismo. También se encargará de facilitar la documentación referente a los requisitos técnicos y de gestión del sistema.

3.2 Condiciones particulares

El proyectista debe implantar las mejoras oportunas consumiendo el mínimo de recursos posibles.

También, debe preparar los protocolos de tratamiento de muestras metalográficas y demostrar su validez siguiendo la metodología desarrollada en el Capítulo 4 de la Memoria del proyecto.

Así mismo, debe asumir, en la situación del Estado Final del proyecto, los requisitos técnicos y de gestión, según la normativa vigente.

Y finalmente, el proyectista ha de cumplir con la programación definida para ejecución del proyecto.

3.3 Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales mínimos que debe cumplir el sistema a incorporar y que se muestran en los siguientes puntos son los requisitos técnico-tecnológicos, fungibles y los requisitos humanos, así como su formación.

3.3.1 Requisitos técnico-tecnológicos

Para desarrollar los proyectos se deberá poseer o adquirir, los siguientes elementos técnicos y tecnológicos:

3.3.1.1 Software

Para la realización del proyecto se atenderá a las especificaciones del presente Pliego de Condiciones por lo que se deberá contar con licencias de software necesarias para llevar a cabo el mismo. Siendo necesarias licencias en el paquete:

- Perfect Image en distribución "Labkit" que incluye la base de datos LEM, módulo de campo Extended Depth y módulo opcional METAVIEW.

El paquete Lab Kit:

Software de base de datos LEM: le permite tener una potente herramienta de organización, archivo y búsqueda de imágenes con palabras claves.

Módulo de campo Extended Depth.

Módulo opcional METAVIEW, puede hacer la reconstrucción de una imagen con alta resolución.

3.3.1.2 Hardware

El soporte hardware para la realización del proyecto deberá estar compuesto por dos equipos informáticos personales: uno para la visión metalográfica y estereoscópica de muestras a través del ordenador y el segundo para tratar los resultados y analizarlos. Las características técnicas de los mismos, será según fabricante los de mejores características estándar. Según las especificaciones actuales deberá ser como mínimo:

- Placa Madre: De primera Marca acorde al Micro procesador, con tarjetas de sonido y red integradas.
- Microprocesador: Pentium Dual Core.
- Velocidad de Proceso: 2 GHz.
- Memoria RAM: 4 Gbs.
- Disco Duro: 500Gbs.
- Tarjeta Gráfica: Dos tarjetas ASUS HD 3450 512 Mbs.
- Refrigeración: Sistema de Refrigeración silencioso de alta capacidad.
- Alimentación: Fuente Silenciosa de 600 W. Monitor: Panorámico 19",
- Ratón: Láser 1000 dpi.
- Unidades: Multilector (lector DVD y de tarjetas).
- Almacenamiento: Grabadora de DVD Dual.
- Garantía: 2 años.

Estos equipos deberán contar con conexión a Internet de banda ancha ininterrumpida. Se estudiará la adquisición de un ordenador personal portátil extra, para uso de apoyo.

3.3.2 Fungibles

Para realizar correctamente las prácticas en óptimas condiciones es necesario adquirir existencias de los fungibles señalados a continuación:

- Bolsas plástico para almacenaje de muestras.
- Resina ClaroFast Envase 7,5kg
- Resina MultiFast. Envase 7.5kg
- Resina PolyFast. Envase 1kg.
- MD- Fuga.
- MD - Primo 220

- MD - Piano 220
- MD - Allegro MD - Largo
- MD - Mol
- MD - Dac
- MD - Chem
- DiaPro Allegro/Largo. Envase 500ml.
- Diapro Mol. Envase 500ml. Diapro Dac.
- Envase 500ml. Suspensión OP-S. Envase 11.
- Disco de corte para materiales no ferrosos 36TRE
- Conjunto para el examen microscópico de Titanio y sus aleaciones: Ácido Fluorhídrico, Ácido Nítrico, accesorios e instrucciones (Kroll)

3.3.3 Requisitos humanos

Con el fin de que los plazos de creación e implantación del sistema se cumplan, y el proyecto cuente con los recursos humanos más adecuados se deberá permitir:

- La ampliación de contrato de los trabajadores de taller habituales.
- La contratación de tres técnicos de I+D+i: uno para metrología, otro para mecanizado y otro para la entrada de proyectos.
- La contratación de dos becarios colaboradores en la investigación: uno para metrología y otro para mecanizado.

3.3.4 Formación

La necesidad de hacer polivalentes a los técnicos inmersos en el proceso productivo, con el objetivo de que cada uno conozca la operativa y metodología del proceso productivo en su totalidad, hace necesaria la formación de los mismos, mediante cursos de formación y/o jornadas formativas específicas.

Para ello, se ha realizado un proceso formativo de los técnicos en las cuatro ramas principales de actividad del proceso productivo:

- Torneado CNC y convencional.
- Fresado de CNC.
- Centro de Mecanizado de 5 ejes.
- Evaluación de Calidad Superficial.
- Evaluación con Microscopía Estereoscópica.
- Evaluación con Microscopía Metalográfica.

Además de la propia formación interna, se seguirán realizando los cursos y jornadas organizados por la Unidad de I+D+i, de forma periódica, así como la asistencia a Congresos y Conferencias a nivel nacional.

Se recomienda la formación del personal en los siguientes campos:

- Tratamientos de Muestras Metalográficas.
- Mecanizado convencional

- **CATIA** V5 (módulos Sckecher. Part Design. Assembly. Drafting, Advanced Machinning).
- Prevención de Riesgos Laborales.
- Simulación por Elementos Finitos en Advant Edge FEM 5.2.
- Perfect Image.
- Gestión de I+D+i.
- Gestión de taller.
- Ofimática.
- Idiomas.

3.4 Consideraciones y resultados

A continuación, se exponen los resultados y objetivos que se pretenden alcanzar con la viabilidad del proyecto.

3.4.1 Obligaciones del Proyectista

Según lo expuesto con anterioridad, las obligaciones del proyectista son:

- Proponer prioridades y planificar las actividades de creación y estudio.
- Aportar un protocolo de trabajo realizable.
- Apoyar al personal humano asignado al proyecto.
- Impartir la formación necesaria al personal del Área relacionada con la utilización del proyecto.
- Desarrollar y utilizar mecanismos de información e implicación de toda la organización.
- Conseguir los objetivos del proyecto en el plazo previsto.

La incorporación de la metodología y los protocolos creados deben integrarse sin dificultades en el Laboratorio de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. De producirse alguna de estas, será el proyectista en encargado de subsanar estas.

3.4.2 Obligaciones de la Unidad de I+D+i de SikaMet, S.A

Por otro lado, se presentan las obligaciones del Laboratorio de Ingeniería de Procesos de Fabricación, las cuales engloban:

- La designación de un responsable que facilite toda la documentación al laboratorio de I+D+i, información y medios precisos para la prestación del servicio objeto del contrato.
- Mantener una actitud motivadora en el proceso de estudio, creación e implantación.
- Colaborar en la elaboración de protocolos y metodologías de trabajo.
- Definir criterios para el seguimiento de las actividades.
- Aportar los recursos necesarios para llevar a cabo las tareas definidas.
- Facilitar la asignación de recursos humanos apoyo del sistema.

- Participar activamente en las reuniones informativas así como en las jornadas formativas.
- Velar por el cumplimiento de las responsabilidades establecidas.

3.4.3 Resultados y productos esperados

Como resultado del proyecto contratado, se entregará una metodología de tratamiento de muestras metalográficas en el Laboratorio de Procesos de Fabricación Completa, donde se llevan a cabo todas las labores.

A la conclusión del tiempo estipulado para la creación, el sistema quedará finalizado, quedando pendiente los plazos de incorporación que deberá imponer el Área junto con la empresa.

3.5 Condiciones de trabajo

La realización de los trabajos se atenderá a las especificaciones del presente Pliego de Condiciones y a la Memoria.

El proyectista realizará la totalidad de los trabajos definidos como obligaciones suyas en las cláusulas del presente Pliego de Condiciones en cumplimiento del Contrato que se establezca salvo las que hayan constituido la adquisición de equipos y software, en los cuales se habrá utilizado los disponibles en las Instalaciones del Área y por lo tanto de la empresa.

3.5.1 Equipo de trabajo

El ingeniero que desarrolla el proyecto de aplicación y que redacta el presente documento está obligado a efectuar los trabajos en virtud de la proposición presentada. Llevará a cabo las siguientes funciones:

- Organizar la ejecución de los trabajos y, poner en práctica las órdenes de la Dirección compuesta por el responsable del Área y la Unidad de Gestión de I+D+i y el cuerpo directivo de la empresa.
- Proponer a la Dirección las modificaciones, en el contenido y en la realización de los trabajos, necesarias para el desarrollo de los mismos.
- Realizar la supervisión y seguimiento según lo planificado.
- Participar en la implantación final y en las que el desarrollo de los trabajos lo requiera.

3.5.2 Supervisión de los trabajos

La supervisión, inspección y vigilancia de los trabajos corresponderá al ingeniero que realiza el proyecto y estará en todo momento respaldado por los responsables de la Unidad de Gestión de I+D+i. Se establecerán supervisiones generales periódicas con ocasión de cada una de las entregas parciales de los trabajos o cuando por alguna de las partes se considere conveniente.

A la vista de los informes de seguimiento, se establecerán las órdenes para la continuación de los trabajos y eventualmente, para rectificar o completar, en un plazo determinado, los documentos correspondientes.

A la recepción de los documentos correspondientes a la entrega final de los trabajos, el Director del proyecto procederá a su examen preliminar y a la redacción del Informe de Recepción.

3.5.3 Plazo de ejecución

La realización del proyecto se ejecutará de acuerdo con un calendario del Programa de Trabajo. La fecha de iniciación de los trabajos y, consiguientemente, la fecha a partir de la cual se contarán los plazos parciales y totales de los trabajos, será la del día siguiente de la fecha de formalización del contrato. El calendario se referirá asimismo a ese origen de tiempos, y se formulará en términos mensuales, acotados en algunos casos por semanas.

Para la formación del personal contratado, la ejecución del sistema de incorporación y conseguir la destreza necesaria en el tratamiento de muestras metalográficas, se seguirá el calendario abajo señalado:

INCORPORACIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3
FASE 1: Elaboración de un Plan Detallado.	■		
FASE 2: Cursos Formación.		■	
FASE 3: Creación y Validación de Metodología Aplicada al Tratamiento de muestras metalográficas.			■

Cada trabajo tiene su tiempo debido a que de la mayor parte de todo se encargará a misma persona, el proyectista.

3.6 Condiciones Económicas

3.6.1 Forma de pago

Para llevar a cabo el abono de los importes relativos a los productos de cada una de las fases anteriores será requisito imprescindible disponer de la certificación de conformidad de los mismos con las condiciones del pliego emitida por el Director del Proyecto y de la dirección de la empresa.

El importe del presupuesto correspondiente a los honorarios del proyectista, se realizará como sigue:

- 20% de los honorarios al adjudicar el proyecto.
- 50% de los honorarios al finalizar la fase de creación.
- 30% de los honorarios al finalizar la implantación.

3.6.2. Cumplimiento de plazos y penalidades por demora

Si el contratista, por causas imputables al mismo, incurriera en retrasos o demoras en el cumplimiento del plazo establecido para la ejecución del contrato, la empresa SikaMet, S.A podrá optar un unilateralmente por la resolución del contrato o imponerle multas equivalentes al uno por ciento (1 %) del valor del programa por cada día de atraso o retardo en el cumplimiento de sus obligaciones, previo requerimiento al contratista, sin que el valor total de ellas pueda llegar a exceder el diez por ciento (10%) del valor del contrato. El proyectista autoriza desde ya para que en caso de que le imponga multas, el valor de las mismas se descuente de los saldos a su favor. Lo anterior salvo en el caso en que el proyectista demuestre que su tardanza o demora obedeció a hechos constitutivos de caso fortuito o fuerza mayor debidamente comprobados. El pago de las penalidades no excluye la indemnización a que SikaMet, S.A pudiera tener derecho por daños y perjuicios.

3.6.3 Garantía

El Proyectista deberá garantizar por dos años los productos derivados de la presente contratación, a contar desde la fecha de finalización de la incorporación de los mismos, obligándose a realizar durante dicho período los cambios necesarios para solventar las deficiencias detectadas imputables a su actividad, si así lo solicita la Dirección del SikaMet, S.A

3.7 Confidencialidad de la información

La empresa adjudicataria se compromete a mantener absoluta confidencialidad y reserva sobre los datos contenidos en los sistemas de información a los que tenga acceso en virtud del cumplimiento de este contrato, respetando especialmente la legislación vigente respecto al tratamiento automatizado de los datos de carácter personal (*ley orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal*), los cuales no podrá copiar o utilizar con fin distinto al que figura en este pliego, ni tampoco ceder a oíros ni siquiera a electos de conservación.

Cádiz, 15 de Septiembre 2012

Fdo. Pamela C. Sikahall Urizar

ÍNDICE

PRESUPUESTO

4.1 Consideraciones Previas	_____	1
4.1.1 Presupuesto de contrata	_____	1
4.1.1.1 Desarrollo de la incorporación de la metodología de análisis y evaluación de muestras en función del programa de trabajo.	_____	1
4.1.1.2 Fungibles	_____	2
4.1.1.3 Equipos	_____	2
4.1.1.4 Software	_____	3
4.2 Precios unitarios	_____	3
4.3 Presupuesto	_____	6
4.3.1 Desarrollo de la Aplicación	_____	6
4.3.2 Fungibles	_____	7
4.3.3 Equipo Informático	_____	8
4.3.4 Software	_____	10
4.4 Presupuesto Total	_____	10

4. PRESUPUESTO

4.1 Consideraciones previas

Para la realización del presente presupuesto se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

4.1.1 Presupuesto de contrata

En este caso, los servicios prestados se pueden dividir en dos grandes grupos, cada uno de los cuales se cobrarán según lo establecido en el presente presupuesto y según las condiciones recogidas en el Pliego de Condiciones:

4.1.1.1 Desarrollo de la incorporación de la metodología de análisis y evaluación de muestras en función del programa de trabajo.

En el desarrollo de la metodología de un sistema de tratamiento de muestras metalográficas se pretende conseguir la implantación de una serie de objetivos:

Distribución de la información relativa al sistema I+D+i desarrollado.
Realización curso de adaptación donde se informará del uso del sistema al personal.
Realización de cursos de formación al personal sobre protocolos de utilización de máquinas.

Habilitación de los soportes que la dirección considere oportuno.

El presente presupuesto de contrata se realizará por parte y práctica y conforme al baremo de tiempo estipulado en el Pliego de Condiciones. En el presupuesto de una práctica comprende todos los procedimientos, investigación, creación de guiones, planes de actuación y documentación que contiene.

Con estas consideraciones el presupuesto resulta ser:
Creación y Ejecución de Metodología Aplicada al Tratamiento de Muestras Metalográficas de Titanio:

Tiempo total de ejecución: 3 meses, con un total de 20 días hábiles.

Horas diarias de trabajo: 6 horas.

Precio hora estipulado por el proyectista: 18 €

$$20 \text{ d/mes} \times 6 \text{ h/d} \times 18 \text{ €/h} = 2160 \text{ €/mes}$$

4.1.1.2 Fungibles

Se considera necesaria la adquisición de los siguientes tipos de fungibles:

- Bolsas de plástico para almacenaje de muestras.
- Resina ClaroFast. Envase 7,5kg
- Resina MultiFast. Envase 7.5kg
- Resina PolyFast. Envase 1kg.
- MD - Fuga.
- MD - Primo 220
- MD - Piano 220
- MD - Allegro
- MD - Largo
- MD - Mol
- MD - Dac
- MD - Chem
- DiaPro Allegro/Largo. Envase 500ml.
- Diapro Mol. Envase 500ml.
- Diapro Dac. Envase 500ml.
- Suspensión OP-S. Envase 1l.
- Disco de corte para materiales no ferrosos 36TRE
- Conjunto para el examen microscópico de Titanio y sus aleaciones: Ácido Fluorhídrico, Ácido Nítrico, accesorios e instrucciones.

4.1.1.3 Equipos

Se considera necesaria la adquisición de los siguientes equipos informáticos:

Ordenador Personal con las siguientes características:

- Placa Madre: De primera Marca acorde al Micro procesador, con tarjetas de sonido y red integradas.
- Microprocesador: Pentium Dual Core.
- Velocidad de Proceso: 2 GHz.
- Memoria RAM: 4 Gbs.
- Disco Duro: 500Gbs.
- Tarjeta Gráfica: Dos tarjetas ASUS HD 3450 512 Mbs.
- Refrigeración: Sistema de Refrigeración silencioso de alta capacidad.

- Alimentación: Fuente Silenciosa de 600 W.
- Monitor: Panorámico 19".

- Ratón: Láser 1000 dpi.

- Unidades: Multilector (lector DVD y de tarjetas).

- Almacenamiento: Grabadora de DVD Dual.

- Garantía: 2 años.
 - o Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) de 1400 VA y 840 W
 - o Almacenamiento de Datos Externo/Extraíble de 1 Tera.

4.1.1.4 Software

Se considera necesaria la adquisición de los siguientes equipos informáticos:

Perfect Image en distribución "Labkit" que incluye la base de datos LEM, módulo de campo Extended Depth y módulo opcional METAVIEW, así como Manuales y Guía del Profesor.

4.2 Precios Unitarios

REF.	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario Parcial	Precio Unitario Total
1.1	Unidad Hora x Persona Ejecución del Proyecto	18,00€	18,00€
2.1	Unidad de: Bolsas plástico para almacenaje de muestras 23cm x 16cm	3,36€	3,36€
2.2	Unidad de: Resina ClaroFast Struers. Envase 7,5 kg	399,29€	399,29€
2.3	Unidad de: Resina MultiFast Struers. Envase 7,5kg	364,67€	364,67€

2.4	Unidad de: Resina PolyFast Struers. Envase 1kg.	86,04€	86,04€
2.5	Unidad de: MD-Fuga Struers. Disco magnético para esmerilado plano.	25,00€	25,00€
2.6	Unidad de: MD-Primo 220 Struers. Disco esmerilado plano.	18,55€	18,55€
2.7	Unidad de: MD-Piano 220 Struers. Disco esmerilado plano.	31,45€	31,45€
2.8	Unidad de: MD-Allegro Struers. Disco esmerilado fino.	14,52€	14,52€
2.9	Unidad de: MD-Largo Struers. Disco esmerilado fino.	13,71€	13,71€
2.10	Unidad de: MD-Mol Struers. Disco de pulido.	19,63€	19,63€
2.11	Unidad de: MD-Dac Struers. Disco de pulido.	13,98€	13,98€
2.12	Unidad de: MD-Chem Struers. Disco de pulido.	30,12€	30,12€
2.13	Unidad de: DiaPro Allegro/Largo Struers. Envase 500ml.	84,69€	84,69€
2.14	Unidad de: DiaPro Mol Struers. Envase 500ml.	115,62€	115,62€
2.15	Unidad de: DiaPro Dac Struers.	106,20€	106,20€

	Envase 500ml.		
2.16	Unidad de: Suspensión OP-S Struers. Envase 1l.	47,07€	47,07€
2.17	Unidad de: Disco de corte 36TRE Struers.	23,15€	23,15€
2.18	Conjunto para el examen microscópico de Ti y sus aleaciones: Ácido Fluorhídrico, Ácido Nítrico, accesorios e instrucciones. (Kroll)	200,00€	200,00€
3.1	Unidad de: Ordenador Personal con las siguientes características:		1347,78€
	Placa Madre: De primera Marca acorde al Microprocesador, con tarjetas de sonido y red integradas.	95,90€	
	Microprocesador: Pentium Dual Core. Velocidad de Proceso: 2GHz	571,82€	
	Memoria RAM: 4Gbs	164,40€	
	Disco Duro: 500Gbs	70,46€	
	Tarjeta gráfica: Dos tarjetas ASUS HD 3450 512 Mbs.	67,70€	
	Refrigeración: Sistema de refrigeración silencioso de alta capacidad.	44,70€	
	Alimentación: fuente silenciosa de	51,30€	

	600W		
	Monitor: Panorámico 19"	151,70€	
	Ratón: Láser 1000dpi	14,50€	
	Unidades: Multilector	12,90€	
	Almacenamiento: Grabadora de DVD Dual	34,70€	
3.2	Unidad de: Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) de 1400 VA y 840 W	150,80€	150,80€
3.3	Unidad de: Almacenamiento de Datos Externo/Extraíble de 1 Tera	249,00€	249,00€
4.1	Unidad de: SOFTWARE PERFECT IMAGE.Marca KAPPA.Modelo PERFECT IMAGE	3539,45€	3539,45€

4.3 Presupuesto

4.3.1 Desarrollo de la Aplicación

REF.	No. Unidades	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario	Precio Total
1.1	360 HxP	Unidad Hora x Persona: Creación y Ejecución de Metodología Aplicada al Tratamiento de Muestras Metalográficas.	18,00€	6.480,00€
TOTAL				6.480,00€

4.3.2 Fungibles

REF.	No. Unidades	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario	Precio Total
2.1	20	Unidad de: Bolsas de plástico para almacenaje de muestras	3,36€	67,22€
2.2	1	Unidad de: Resina ClaroFast. Envase 7,5kg.	399,29€	399,29€
2.3	1	Unidad de: Resina MultiFast. Envase 7,5kg	364,67€	364,67€
2.4	1	Unidad de: Resina PolyFast. Envase 1kg.	86,04€	86,04€
2.5	5	Unidad de: MD-Fuga	25,00€	125,02€
2.6	5	Unidad de: MD-Primo 220	18,55€	92,76€
2.7	5	Unidad de: MD-Piano 220	31,45€	157,29€
2.8	5	Unidad de: MD-Allegro	14,52€	72,60€
2.9	5	Unidad de: MD-Largo	13,71€	68,56€
2.10	5	Unidad de: MD-Mol	19,63€	98,13€
2.11	5	Unidad de: MD-Dac	13,98€	69,91€
2.12	5	Unidad de: MD-Chem	30,12€	150,58€
2.13	1	Unidad de: DiaPro Allegro/Largo. Envase 500ml.	84,69€	84,69€
2.14	1	Unidad de: DiaPro Mol. Envase 500ml.	115,62€	115,62€
2.15	1	Unidad de:	106,20€	106,20€

		DiaPro Dac Envase 500ml.		
2.16	1	Unidad de: Suspensión OP- S. Envase 1l.	47,07€	47,07€
2.17	10	Unidad de: Disco de corte para materiales no ferrosos 36TRE	23,15€	231,50€
2.18	1	Conjunto para el examen microscópico de Ti Ácido Fluorhídrico, Ácido Nítrico, accesorios e instrucciones. (Kroll)	200,00€	200,00€
TOTAL				2.537,15€

4.3.3 Equipo Informático

REF.	No. Unidades	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario	Precio Total
3.1	2	Unidad de: Ordenador Personal con las siguientes características: Placa Madre: de primera Marca acorde al Microprocesador, con tarjetas de sonido y red integradas. Microprocesaor: Pentium Dual Core. Velocidad de Proceso: 2 GHz.	1347,78€	2695,56€

		<p>Memoria RAM: 4Gbs Disco Duro: 500 Gbs. Tarjeta Gráfica: dos tarjetas ASUS HD 3450 512 Mbs. Refrigeración: Sistema de refrigeración silencioso de alta capacidad. Alimentación: Fuente Silenciosa de 600W Monitor: Panorámico 19” Ratón: Láser 1000dpi Unidades: Multilector Almacenamiento: Grabadora de DVD Dual Garantía: 2 años</p>		
3.2	1	Unidad de: Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) de 1400 VA y 840 W	150,80€	150,80€
3.3	1	Unidad de: Almacenamiento de Datos Externo/Extraíble de 1 Tera	249,00€	249,00€
TOTAL				3.095,36€

4.3.4 Software

REF.	No. Unidades	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario	Precio Total
4.2	1	Unidad de: SOFTWARE PERFECT IMAGE.Marca KAPPA.Modelo PERFECT IMAGE	3.539,45€	3.539,45€
TOTAL				3.539,45€

4.4 Presupuesto Total

Desarrollo de la Aplicación	6.480,00€
Fungibles	2.537,15€
Equipo Informático	3.095,36€
Software	3.539,45€
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	15.651,96€
Gastos Generales (+13%)	2.034,75€
Beneficio Industrial (+6%)	939,12€
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	18.625,83€
Iva (+21%)	3.911,43€
PRESUPUESTO GENERAL	22.537,26€

El presupuesto total de la realización y ejecución del presente proyecto, asciende a la cantidad de “veintidós mil quinientos treinta y siete euros con veintiséis céntimos de euro”.

Cádiz, 15 de Septiembre 2012

Fdo. Pamela C. Sikahall Urizar