



Ingeniería  
Biomédica

# Uso de la termografía como método de distinción de profundidades de quemaduras de tipo AB-A y AB-B

Carranza, Romina  
Rotharmel, Sofia



**190.000** **Personas**

Por año sufren quemaduras



**10%** **Quemaduras graves**

Requieren hospitalización



**1%** **Muere**



**Evaluación clínica del daño tisular  
por inspección visual.**



*Termografía como método  
complementario y no invasivo para  
la distinción de profundidades*



**Instituto del Quemado - Hospital Córdoba**

- **Objetivos**
- **Marco Teórico**
  - Piel
  - Quemaduras
  - Termografía Infrarroja
- **Materiales y Métodos**
  - Dinámica de la institución
  - Muestra
  - Protocolo de adquisición de imágenes
  - Procesamiento digital de imágenes
- **Análisis de Resultados**
  - Consultorio
  - Quirófano
- **Conclusiones**

1

# Objetivos

## ● **Objetivos generales**

Utilizar la termografía como una técnica alternativa para la distinción de profundidades de quemaduras, que resulte una herramienta complementaria para el diagnóstico de las mismas.

## ● **Objetivos específicos**

- **Investigar** el estado del arte de la termografía.
- **Realizar pruebas** con una cámara termográfica para la adquisición de imágenes térmicas en pacientes con quemaduras.
- **Procesar y analizar** las imágenes térmicas.
- **Encontrar un patrón térmico** que permita discriminar entre distintos grados de quemaduras.
- **Evaluar los resultados y compararlos con la evaluación clínica** del equipo médico

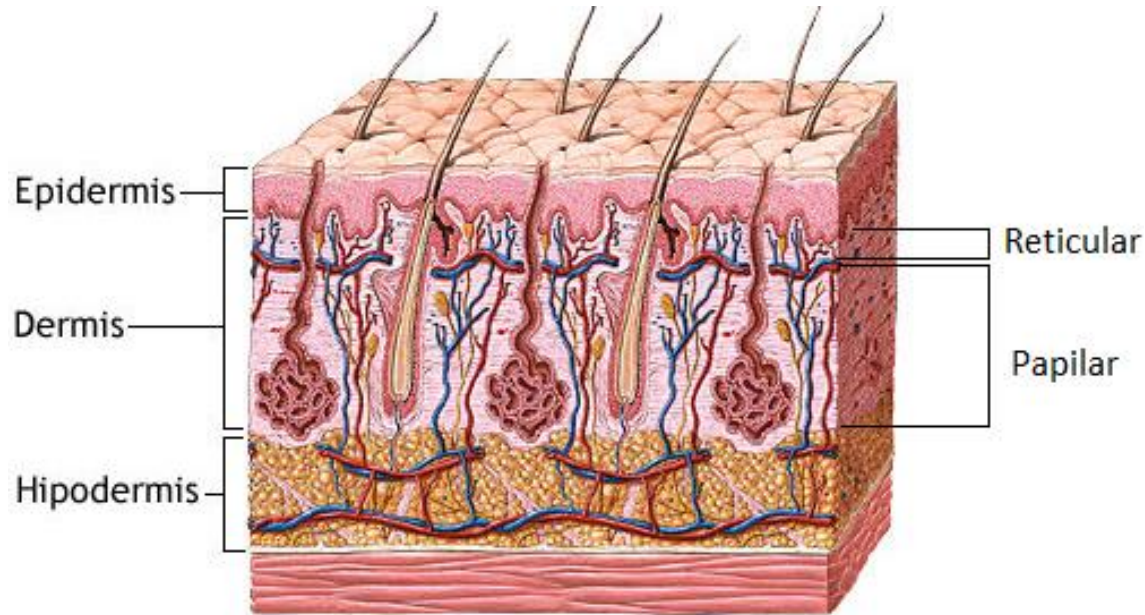


2

# Marco Teorico

# Piel

Es el órgano más extenso del organismo que conforma una barrera contra la invasión de microorganismos confiriendo protección contra acciones mecánicas, calor, frío y radiaciones. Es fundamental para la regulación de la temperatura corporal, y el mantenimiento del equilibrio hídrico.



# Quemaduras

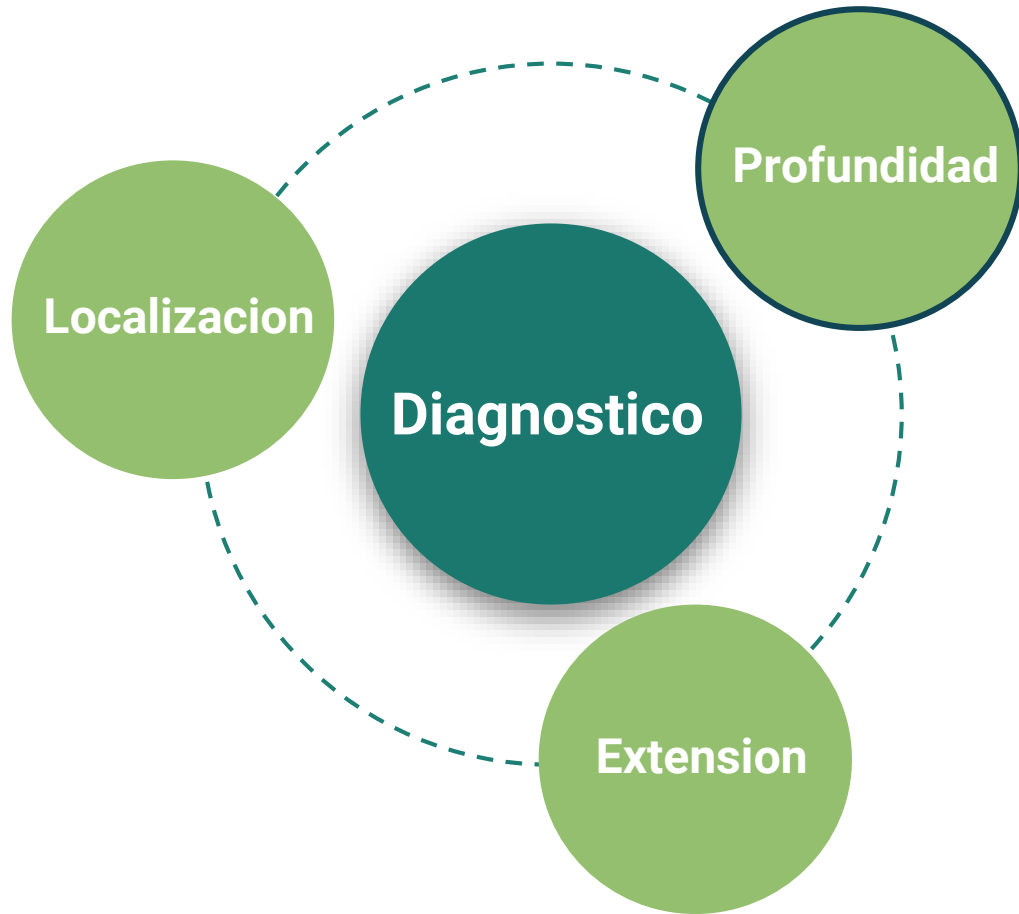
Todas aquellas lesiones producidas por distintos agentes térmicos en los tejidos vivos, los cuales pueden afectarse de manera individual o en conjunto según las características del agente, el tiempo de exposición y la localización del mismo.

## Etiología

- Escaldadura
- Llama
- Contacto
- Eléctricas
- Solares
- Químicas
- Abrasión
- Radiación



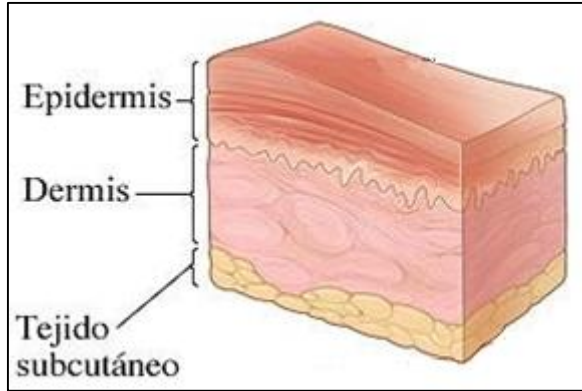
# Clasificación de las quemaduras



*Benaim- Converse Smith - Asociación americana de quemaduras*

- **Tipo A** o *Primer grado*
- **Tipo AB** o *Segundo grado*
  - **ABA**
  - **ABB**
- **Tipo B** o *Tercer grado*

# Clasificación de las quemaduras

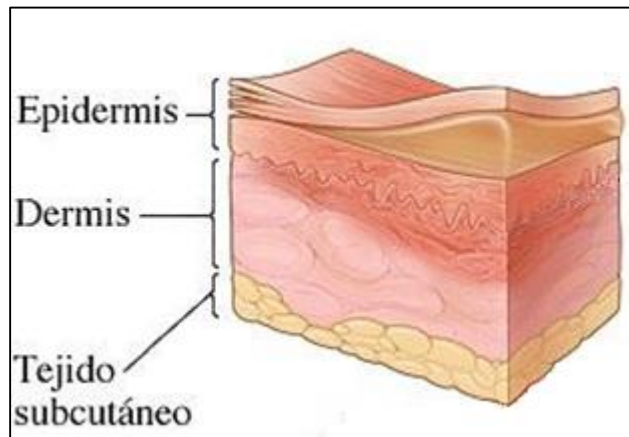


## Quemadura tipo A

Epidermis  
5 a 7 días



# Clasificación de las quemaduras



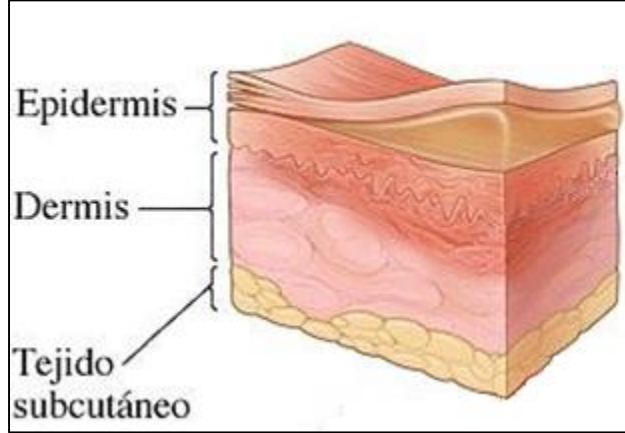
**Quemadura tipo AB-A**

Dermis papilar

**14 días**



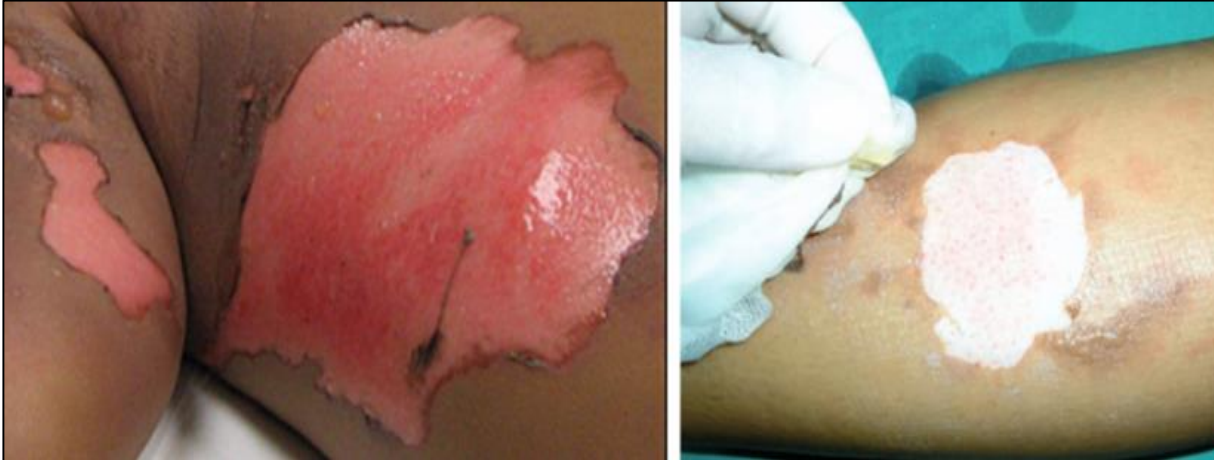
# Clasificación de las quemaduras



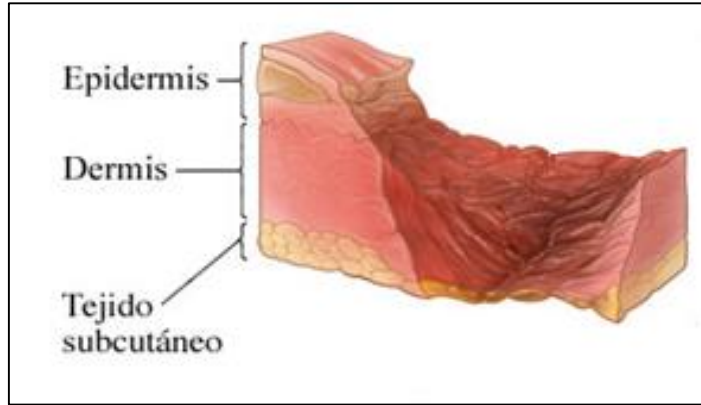
## Quemadura tipo AB-B

Parte de la dermis reticular

**Mas de 14 días**



# Clasificación de las quemaduras



## Quemadura tipo B

Todas las capas de la piel

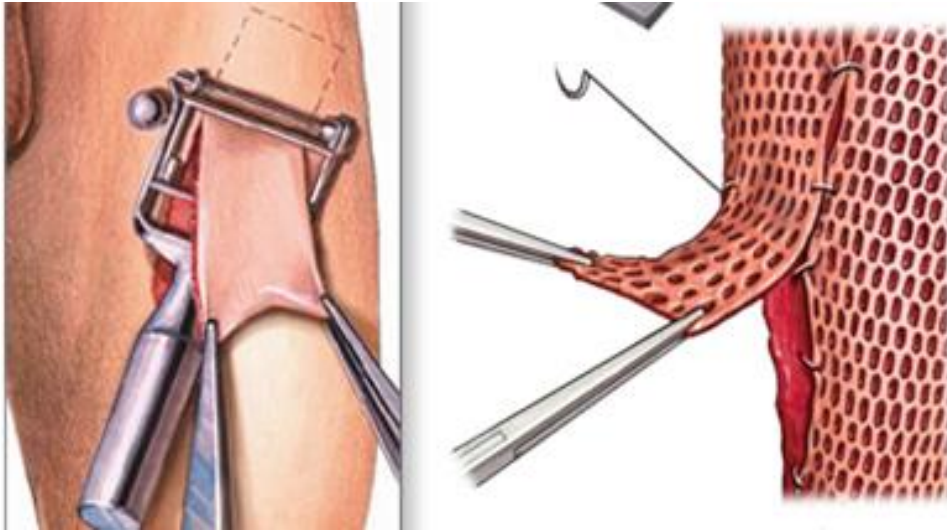
**No cura**

Injerto





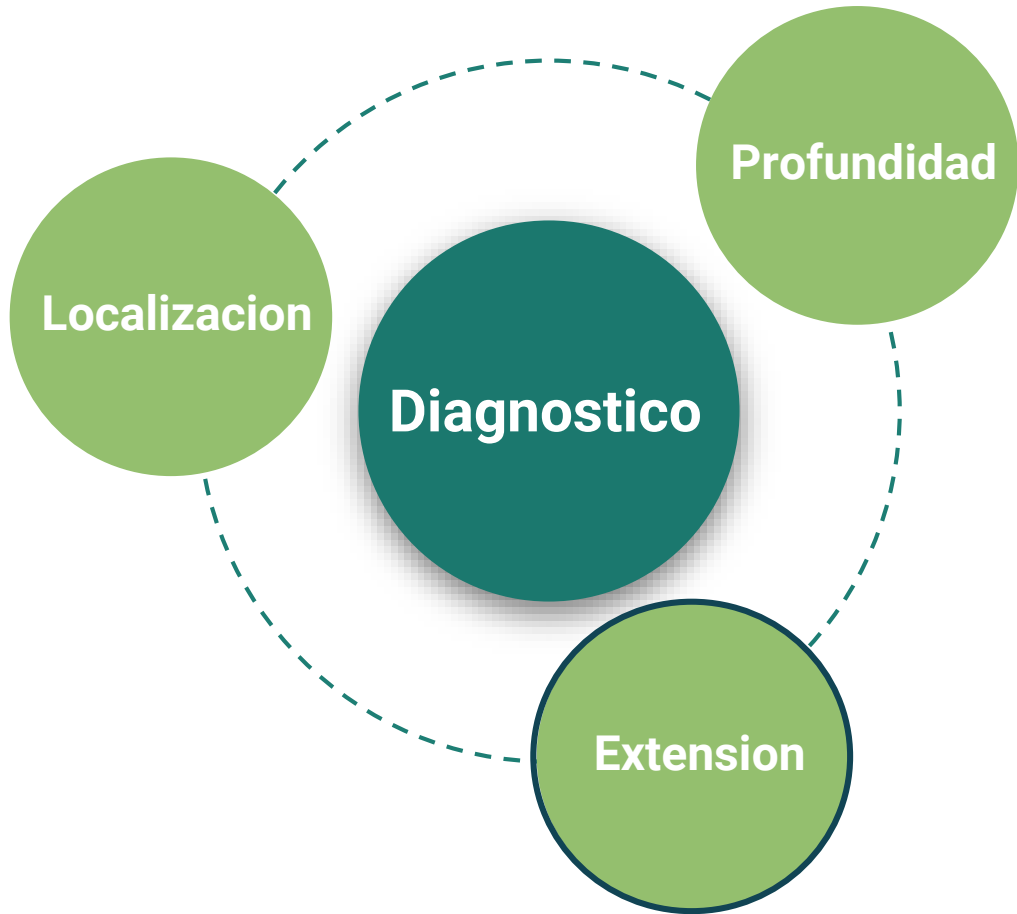
# Clasificación de las quemaduras



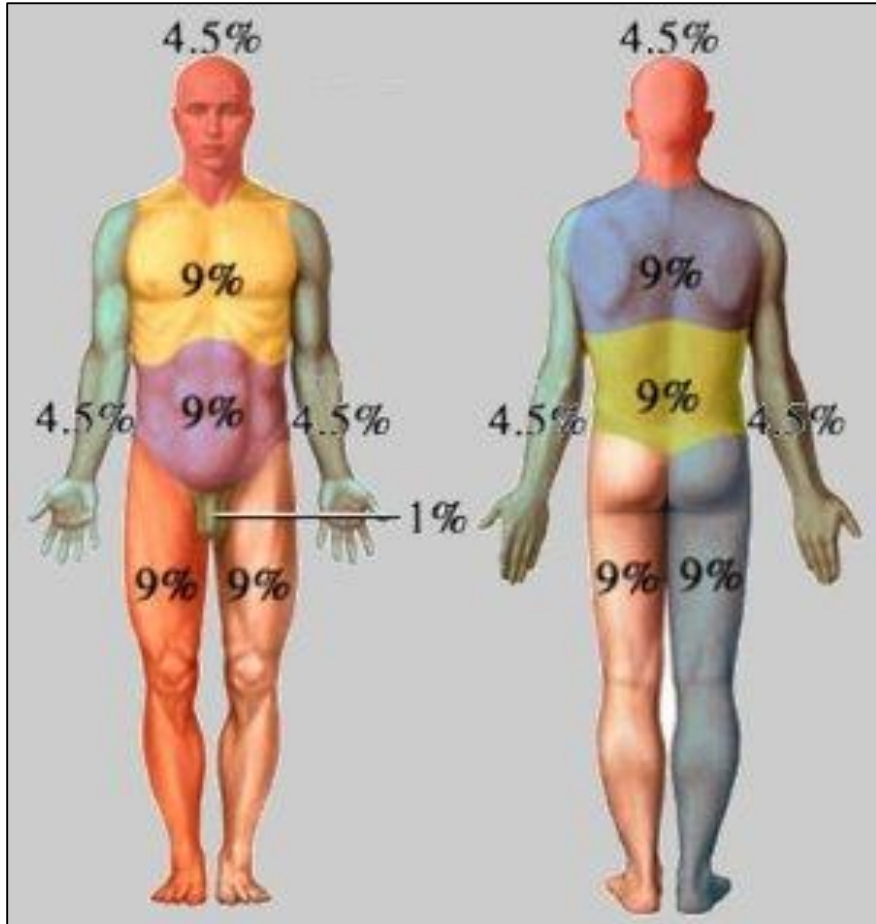
La **escarectomía** es la extirpación del tejido, eliminando de a finas capas la escara hasta encontrar un lecho viable.

El **autoinjerto** es una cobertura cutánea que se extrae quirúrgicamente de un área del cuerpo y se trasplanta a otra.

# Clasificación de las quemaduras



# Extensión de la quemadura



## Regla de los 9 o de Pulansky y Tenninson

Ciertas áreas del cuerpo representan el 9 % de la superficie corporal total (SCT).

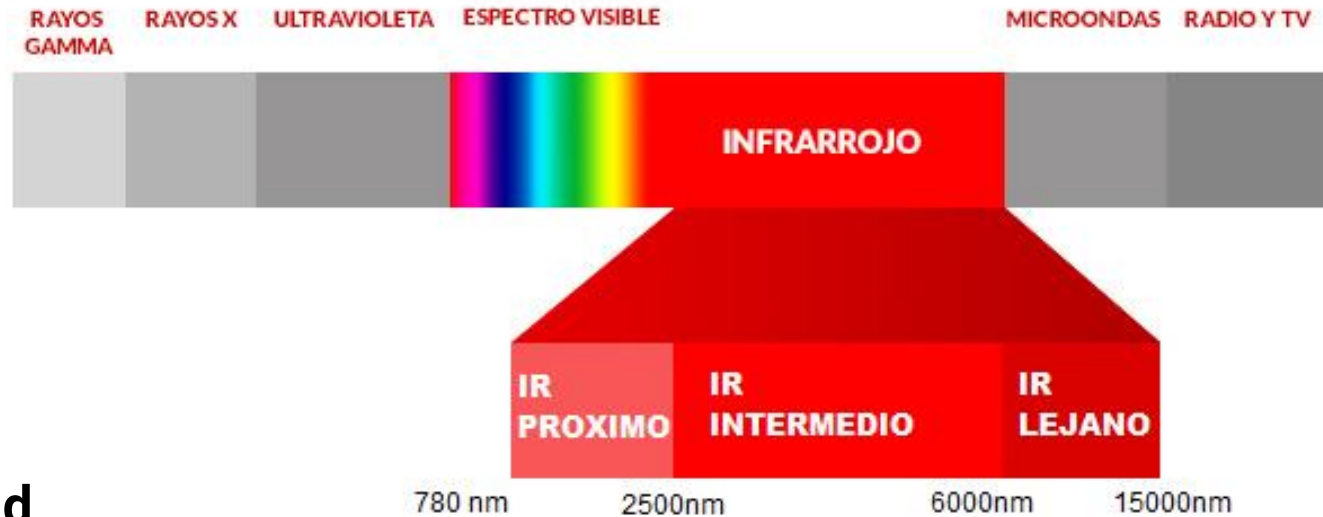
Grandes quemados



La superficie afectada es igual o superior al **20-25 %** de la SCT.

# Espectro Infrarrojo

Radiación electromagnética cuya longitud de onda comprende desde los 760 nm hasta los 15000 nm. Todos los objetos mayores al cero absoluto °K (-273°C) emiten radiación IR.



## Emisividad

Propiedad de un material de emitir radiación IR.

$0 \leq \epsilon \leq 1$   $\longrightarrow$  En el cuerpo humano el valor es de 0,98

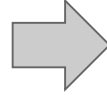
# Termografía Infrarroja



Técnica que permite medir a distancia y sin contacto, la distribución de temperaturas en un cuerpo a través de la detección y cuantización de radiación IR que este emite.

## Imagen térmica

Cada píxel se corresponde con un valor de temperatura



**Matriz de temperaturas**

**Inflamación y vasodilatación**

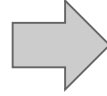
**Aumento de flujo sanguíneo**

**Aumento de temperatura**

**Colores cálidos**

## Imagen térmica

Cada píxel se corresponde con un valor de temperatura



**Matriz de temperaturas**

**Vasoconstricción  
y destrucción de  
vasos**

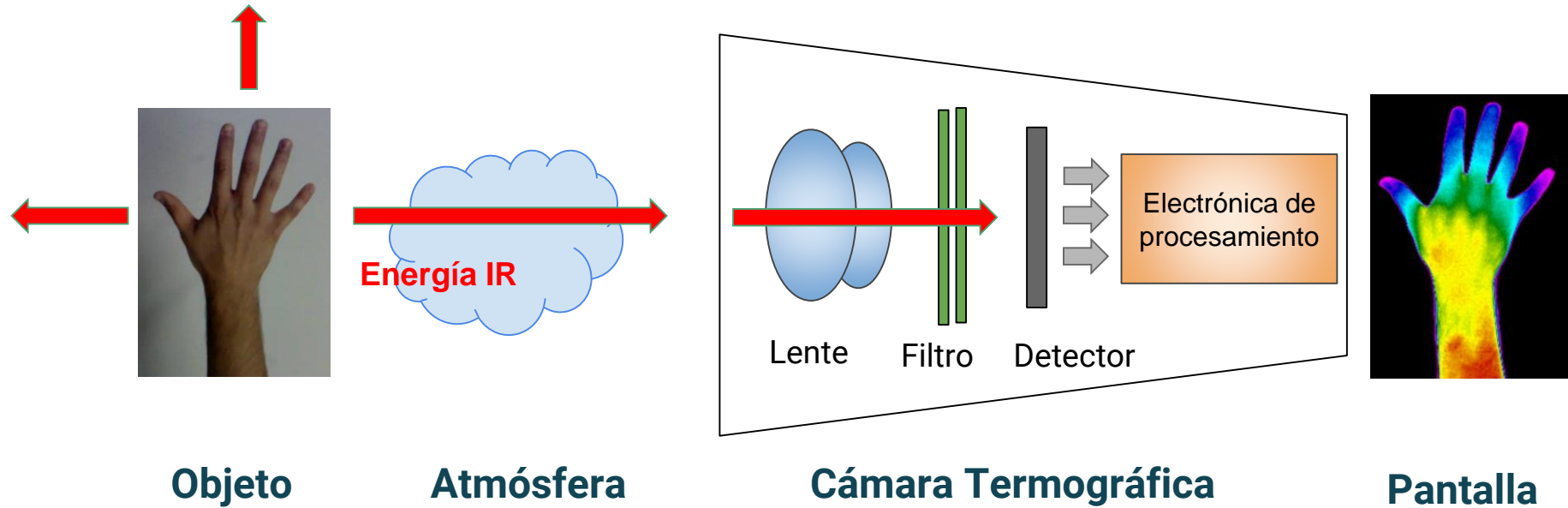
**Disminución  
de flujo  
sanguíneo**

**Disminución  
de  
temperatura**

**Colores  
fríos**

# Termografía Infrarroja

## Principio de funcionamiento





# 3

## **Materiales y Métodos**



## Consultorio

- Menor al 15% de la SCT.
- Ambulatoria
- No requieren injerto



## Quirófano

- Mayor al 20% de la SCT o estado general crítico.
- Terapia Intensiva o Internación.
- Requiere injerto

## Líneas de trabajo

### Consultorio

- Termográfica solo primer día.
- Se esperó la epitelización de la herida.

### Quirófano

- Seguimiento termográfico.
- Se esperó colocación de injerto.

## Criterios de exclusión

- Pacientes que no firmen el consentimiento informado.
- Que hayan pasado más de 5 días de haberse quemado.
- Celofán sobre la quemadura.
- Quemaduras de rostro, cuello y genitales.
- Pacientes que abandonaron el tratamiento.

## Total

25 pacientes  
36 quemaduras

## Consultorio

19 pacientes  
29 quemaduras

## Quirófano

6 pacientes  
7 quemaduras

- Quemaduras **A,ABA, ABB**

- **1 al 5%** de la SCT

- Regiones Anatómicas:  
**Brazo, Antebrazo, Mano,  
Muslo, Pierna, Pie.**

- Quemaduras **ABB y B**

- **9 al 18%** de la SCT

- Regiones Anatómicas:  
**Torso, Mano, Pierna.**



Adquisición de imágenes

- Imagen termografica
- Imagen digital

Pre-procesado

**SmartView**  
Visualizar y optimizar imágenes IR

Procesado

**Matlab**

- Consultorio
- Quirófano

Extracción de datos

Cuantificar analizar y clasificar según profundidad

# Protocolo de adquisición de imágenes





Carga de imagen  
termográfica



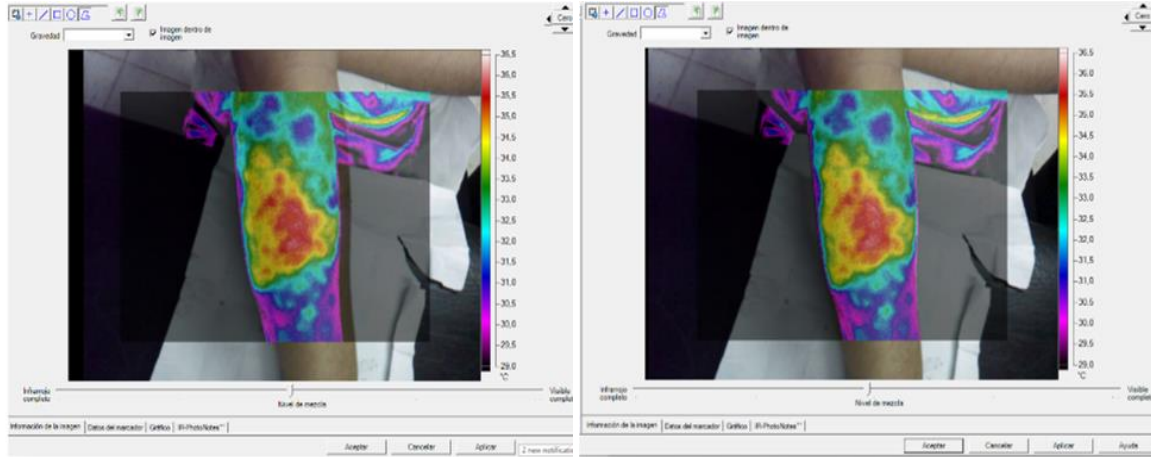
Ajuste nivel, intervalo  
y saturación

The screenshot displays the SmartView software interface for thermal image processing. The main window shows a thermal image of a human torso with a color scale on the right ranging from 29.0 °C to 36.5 °C. The interface includes a left sidebar with various settings:

- Paleta Colores:** Includes options for 'Auto contraste', 'UltraContrast', 'Saturación' (set to 'Blanco/Negro'), and 'Alarma de color' (set to 'Desactivado').
- Rango:** A vertical color scale is shown with a red box highlighting the 'Ajuste automático de Nivel y Rango' button.
- Exhibir marcadores:** Includes checkboxes for 'Punto central', 'Cuadro central', 'Punto más caliente', and 'Punto más frío', along with an 'Eliminar todos los marcadores' button.
- Emisividad:** Set to 0.98.
- Temperatura de fondo:** Set to 23.8 °C.
- Transmisión:** Includes settings for 'Ventana %' (100), 'RH %' (0), and 'Distancia (m)' (0).

At the bottom of the interface, there are buttons for 'Aceptar', 'Cancelar', 'Aplicar', and 'Ayuda'.





**Carga de imagen  
termográfica**



**Ajuste nivel, intervalo  
y saturación**



**Corrección de desfase  
(PIP-IR fusion)**



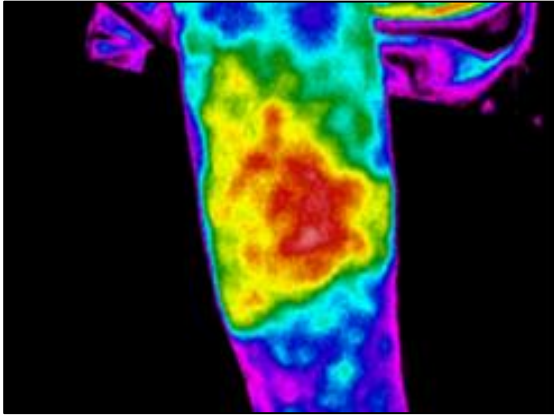
**Exportación de  
imagen IR, visible y  
matriz de temperatura**



**Consultorio**



**Aislar quemadura de piel sana circundante**



**Selección de la Región de Interés (ROI)**



**Separación de fondo de piel total**



**Carga de la matriz de temperatura**



**Umbralización de matriz de temperatura**



Eliminación de zonas irrelevantes



Se obtiene piel total



Extracción de la quemadura



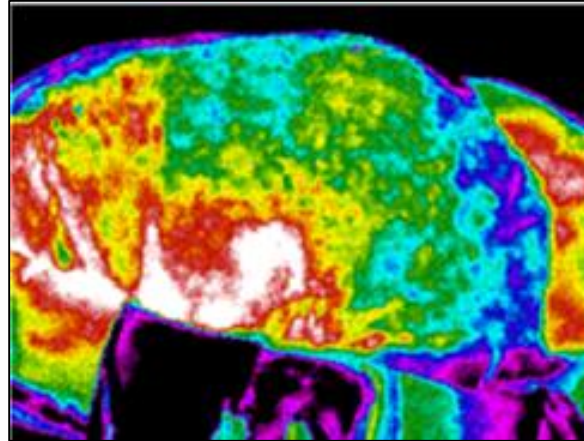
Dos áreas segmentadas:  
**Piel sana y quemadura**



**Quirófano**



**Segmentar la quemadura en zonas que se injertaron y zonas que epitelizaron**



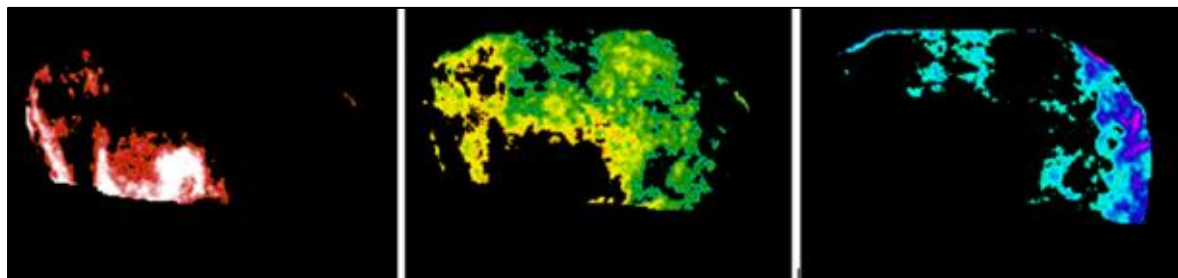
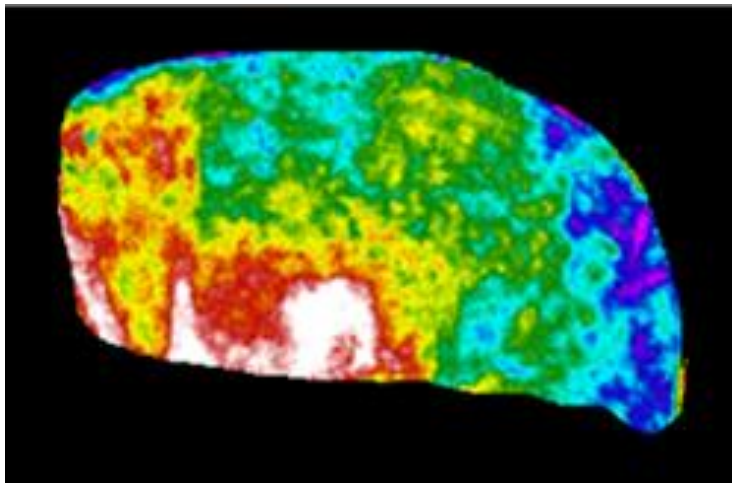
**Selección de la Región de Interés (ROI)**



**Máscara lógica de la quemadura**



**Delimitación de la quemadura en imagen IR**



Segmentación de la quemadura por colores



Diferentes regiones



Carga de matriz de temperaturas



Quemadura  
segmentada en  
regiones

**Adquisición de  
imágenes**

**Pre-procesado**

**Procesado**

**Extracción  
de datos**



## Consultorio

Promedio  
temperatura (°C)  
Piel quemada



Promedio  
temperatura (°C)  
Piel sana



Delta de  
temperatura (°C)  
 $\Delta T$

## Quirófano

Promedio  
temperatura (°C)  
Zonas injertadas



Promedio  
temperatura (°C)  
Zonas que  
epitelizaron

Diferencia de  
temperatura (°C)  
Entre zonas

# 4

## **Análisis de resultados**

# Consultorio

## Días de epitelización



**Menor**  
a 14 días

13 quemaduras ABA  
3 quemaduras A

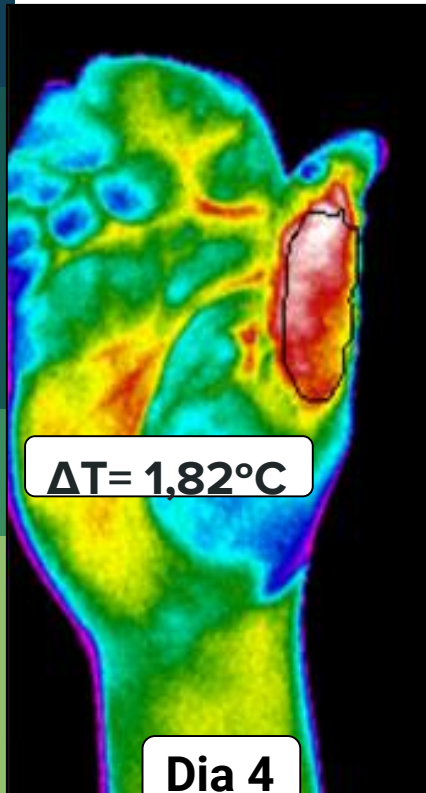
**Mayor**  
a 14 días

13 quemaduras ABB

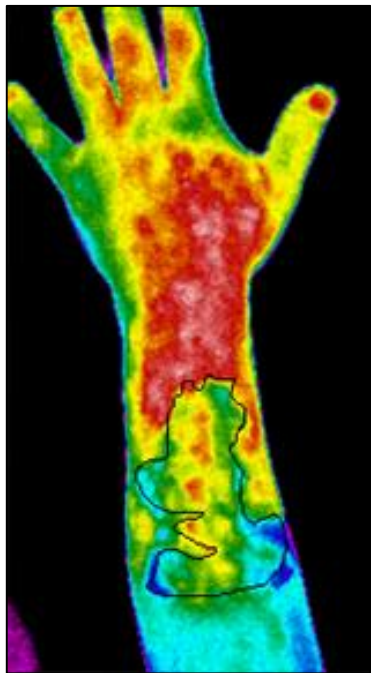
**$\Delta T$  positivo**

Región anatómica	Días de epitelización	Delta $\Delta T$ (°C)
Antebrazo	13	2,47
Antebrazo	10	0,70
Antebrazo	14	1,34
Antebrazo	13	0,27
Antebrazo	7	1,68
Mano	11	1,82
Muslo	12	0,02
Muslo	14	1,55

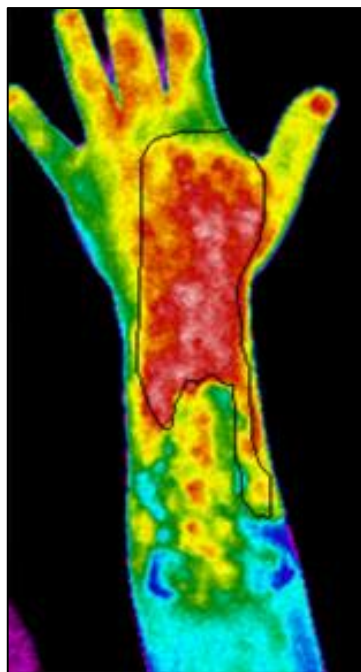
Región anatómica	Días de epitelización	Delta $\Delta T$ (°C)
Muslo	12	0,33
Muslo	12	0,75
Muslo	13	2,82
Muslo	5	4,11
Muslo	24	1,75
Muslo	7	1,77
Pierna	11	0,61
Pie	14	-0,92



# Consultorio - Quemaduras ABA y A



$\Delta T = 0,27^{\circ}\text{C}$



$\Delta T = 1,68^{\circ}\text{C}$

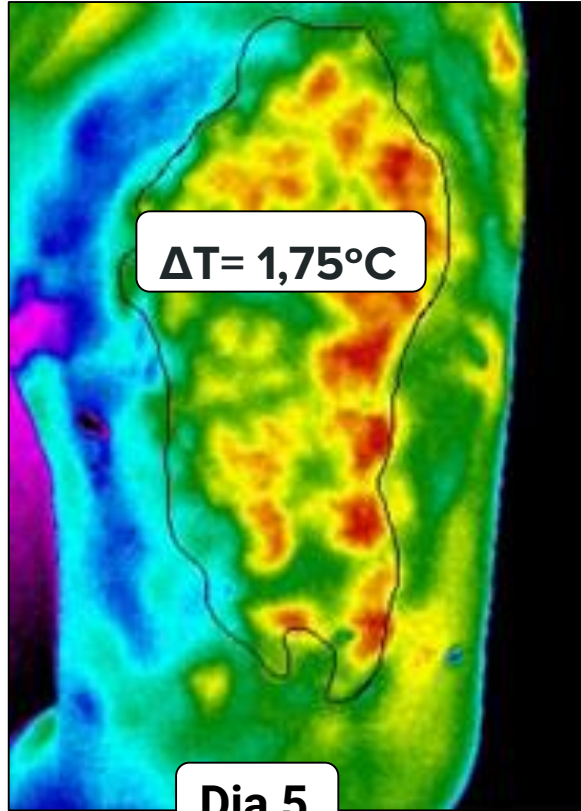
Pacien te	Quemadura	Días de epitelización	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Diferencia entre $\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	<b>ABA</b>	13	2,82	<b>1,29</b>
	<b>A</b>	5	4,11	
2	<b>ABA</b>	12	0,02	<b>1,75</b>
	<b>A</b>	7	1,77	
3	<b>ABA</b>	13	0,27	<b>1,41</b>
	<b>A</b>	7	1,68	

$\Delta T$  positivo

Región anatómica	Días de epitelización	Delta $\Delta T$ (°C)	Región anatómica	Días de epitelización	Delta $\Delta T$ (°C)
Antebrazo	13	2,47	Muslo	12	0,33
Antebrazo	10	0,70	Muslo	12	0,75
Antebrazo	14	1,34	Muslo	13	2,82
Antebrazo	13	0,27	Muslo	5	4,11
Antebrazo	7	1,68	Muslo	24	1,75
Mano	11	1,82	Muslo	7	1,77
Muslo	12	0,02	Pierna	11	0,61
Muslo	14	1,55	Pie	14	-0,92



Caso excepcional



## Días de epitelización



**Menor**  
a 14 días

13 quemaduras ABA  
3 quemaduras A

**Mayor**  
a 14 días

13 quemaduras ABB

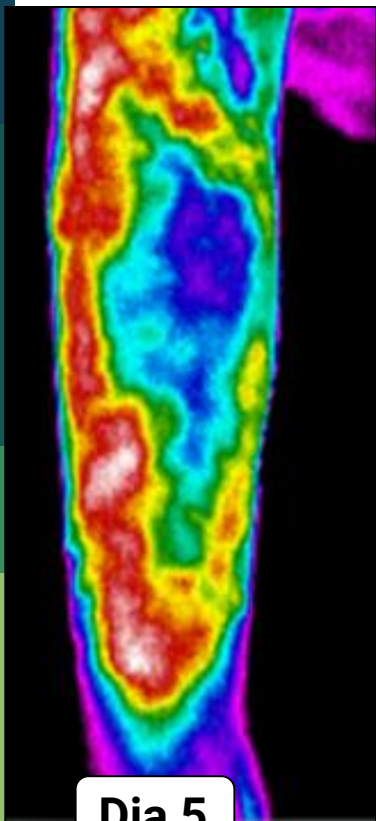
**$\Delta T$  negativo**

Región anatómica	Días de epitelización	Delta $\Delta T$ (°C)
Brazo	46	-0,73
Antebrazo	18	-1,47
Antebrazo	35	-0,20
Antebrazo	35	-2,29
Mano	21	-1,53
Muslo	33	-0,76
Muslo	33	-0,51

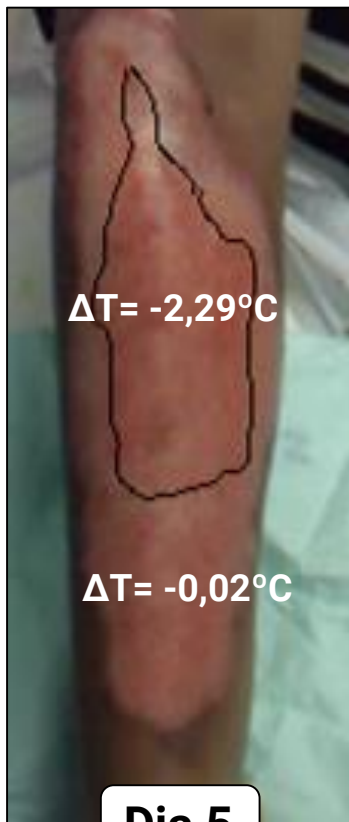
Región anatómica	Días de epitelización	Delta $\Delta T$ (°C)
Muslo	42	-0,35
Muslo	18	-0,20
Pierna	33	-1,92
Pierna	17	-0,42
Pie	21	-0,18
Pie	19	-2,09







Dia 5



Dia 5



Dia 15



Dia 19



Dia 26

## ABA

$$\text{Piel quemada (}^{\circ}\text{C)} \uparrow - \text{Piel sana (}^{\circ}\text{C)} = \Delta T (^{\circ}\text{C)} \quad +$$

Vasculatura  
intacta



Dilatación de vasos como  
respuesta inflamatoria a la  
lesión

## ABB

$$\text{Piel quemada (}^{\circ}\text{C)} \downarrow - \text{Piel sana (}^{\circ}\text{C)} = \Delta T (^{\circ}\text{C)} \quad -$$

Vasculatura  
comprometida

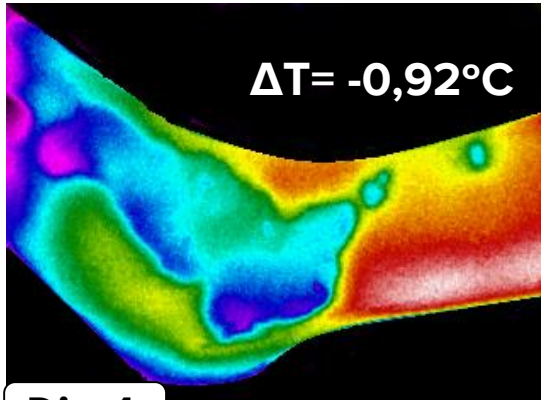


Perfusión sanguínea  
disminuida

## Criterio estandar 13 Quemaduras ABA

### Evaluación Termográfica

✓ 12 Quemaduras  
✗ 1 Quemadura → **ABB**



**Dia 4**

### Evaluacion Clinica

✓ 11 Quemaduras  
✗ 2 Quemaduras → **A**  
**ABB**



**Dia 14**



## Criterio estandar 13 Quemaduras ABB

### Evaluación Termográfica

✓ 13 Quemaduras.

### Evaluación Clínica

✓ 8 Quemaduras  
✗ 5 Quemaduras → 3 ABA  
2 B



### ABA

#### Evaluación Termográfica

93%

12/13 Quemaduras

### ABB

100%

13/13 Quemaduras

#### Evaluación Clínica

84%

11/13 Quemaduras

61%

8/13 Quemaduras

# Quirófano

## Zonas que se injertaron

### Grupo I

3 quemaduras  
Torso y piernas

**Seguimiento termográfico y digital**



## Zonas que epitelizaron

### Encontrar día

Termográfica → zona injertada

### Grupo II

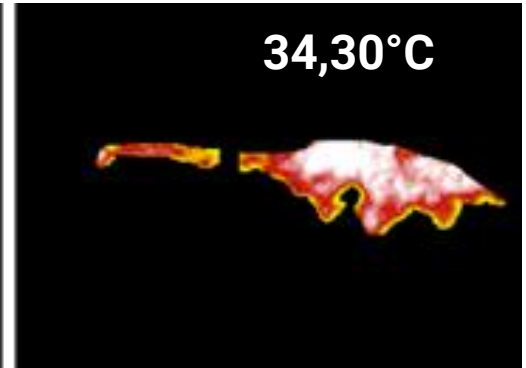
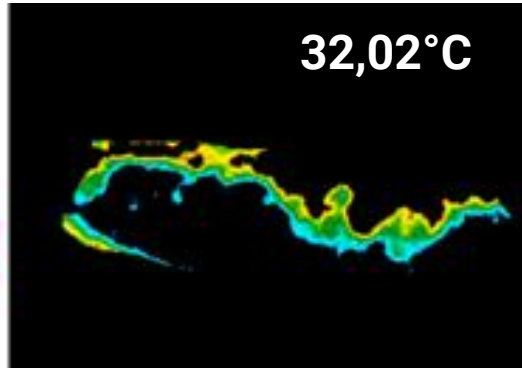
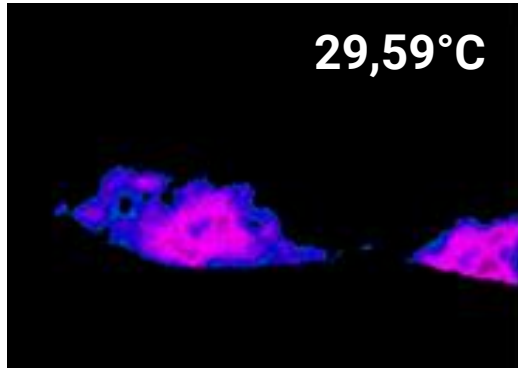
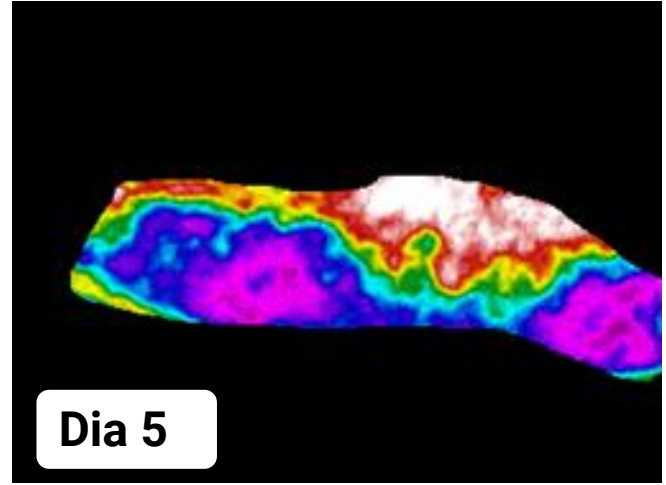
4 quemaduras  
Manos

**Unica toma termográfica**



### Reafirmar día

Termográfica → zona injertada.

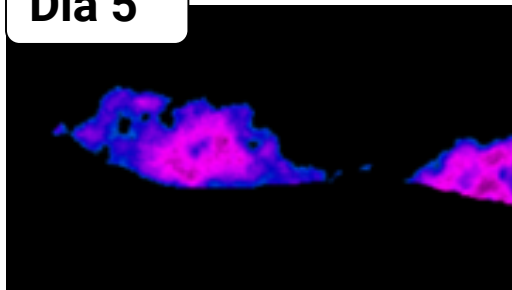


## Quirófano- Grupo I

## Quemadura I

**Dia 5**

Zona injertada



**Dia 11**

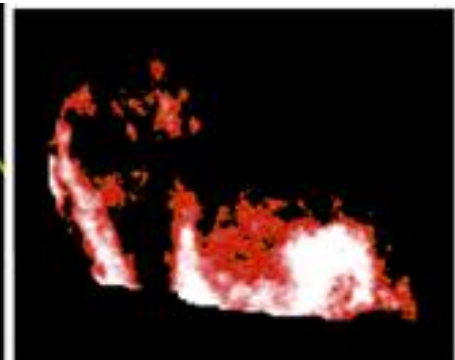
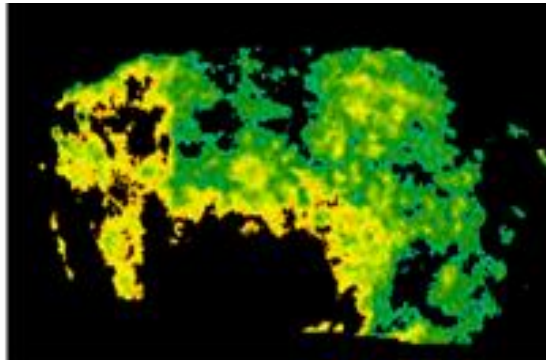
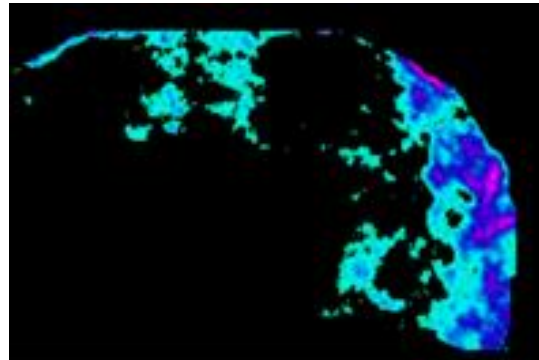
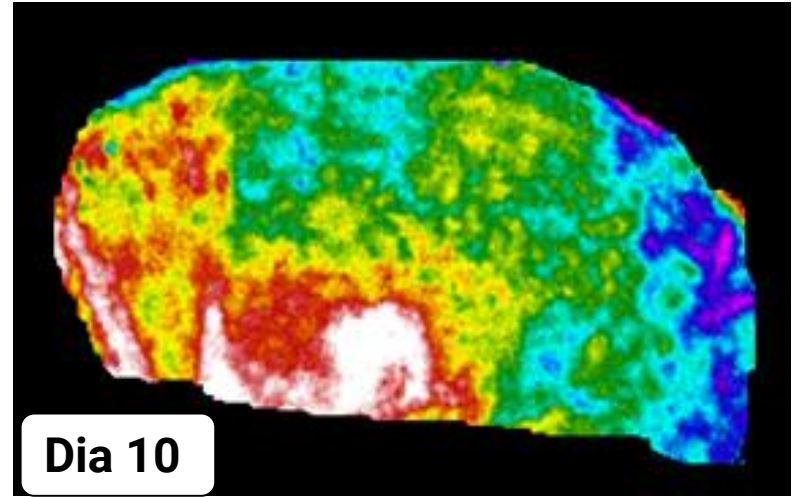


**Dia 14**



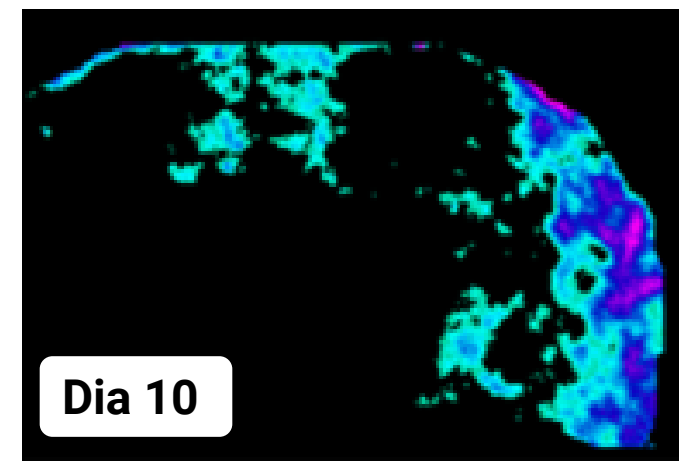
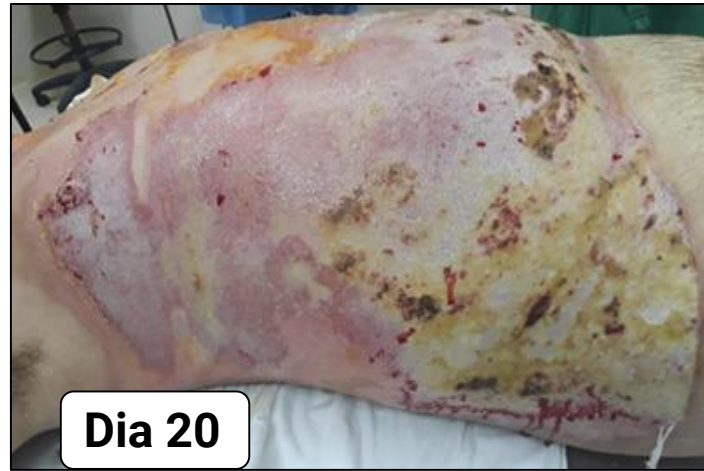
**Dia 28**





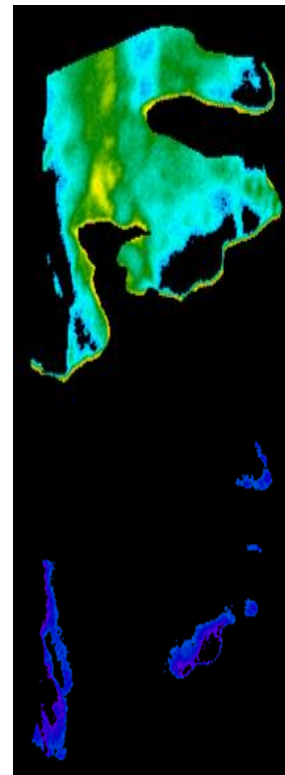
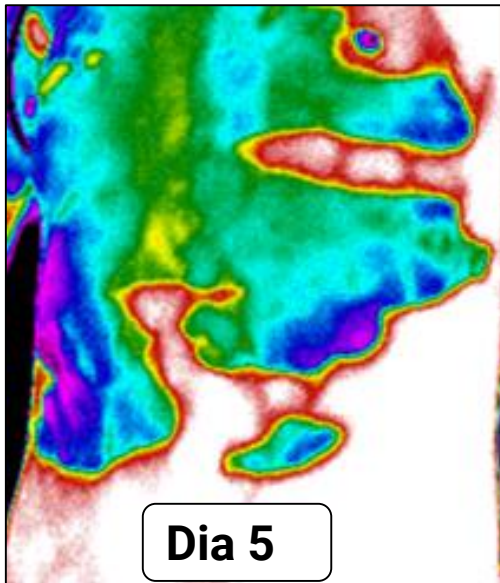
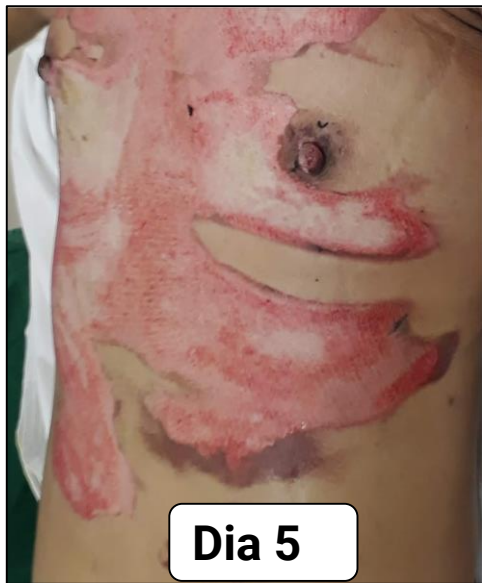
## Quirófano- Grupo I

## Quemadura II



Zona injertada





**×** No se  
corresponde con  
la zona injertada

## Zonas que se injertaron

## Zonas que epitelizaron

### Grupo I

3 quemaduras

Torso y piernas

**Seguimiento termográfico y digital**



### Encontrar día

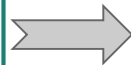
Termográfica → zona injertada

### Grupo II

4 quemaduras

Manos (menor al 9%SCT)

**Unica toma termográfica**



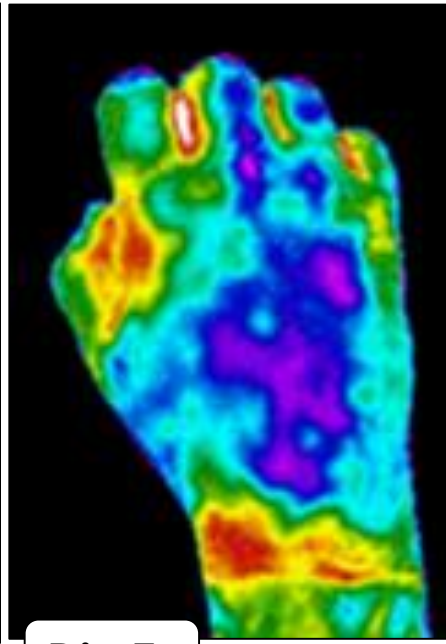
### Reafirmar día

Termográfica → zona injertada.

**Dia 5**



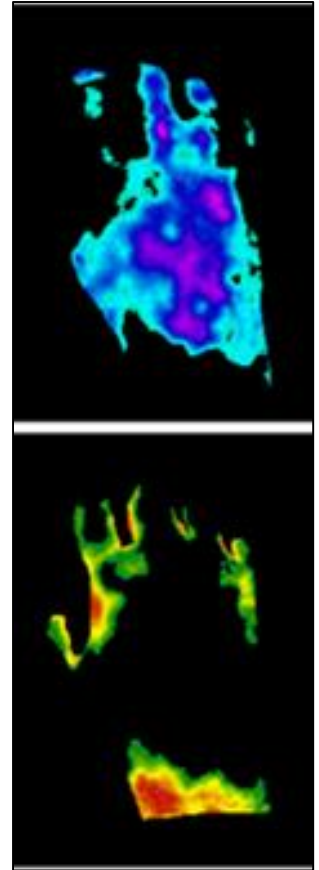
**Dia 5**



**Dia 5**



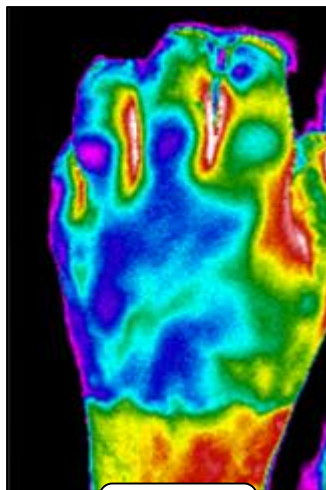
**Dia 25**



**Quemadura II**  
Menor al 9% de la SCT



**Dia 5**

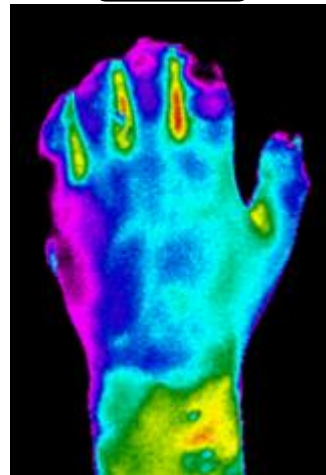


**Dia 5**



**Dia 23**

**Quemadura III**  
Menor al 9% de la SCT



5

# Conclusiones

### AB-A

$\Delta T$  positivo

✓ 93%

12/13 quemaduras

$\Delta T$  mayor a 1,2°C entre ABA y A

### AB-B

$\Delta T$  negativo

✓ 100%

13/13 quemaduras

No hubo quemaduras B

**85,7%** Termográfica → Injerto

**Menor al  
9% SCT**



5to día  
5/5 quemaduras

**Mayor al  
9% SCT**



10mo día  
1/ 2 quemaduras

Diferencia de temp de 1 a 2°C entre zonas **ABB y B.**

- **Se investigó el estado del arte** de la termografía como método no invasivo de distinción de profundidades de quemaduras ABA y ABB.
- La evaluación clínica de las quemaduras **no podría ser reemplazada** por un sistema de imágenes termográficas, **pero podría ser una herramienta** para el equipo médico.
- La sensibilidad de la cámara termográfica permitió **detectar diferencias de temperatura** de la superficie de la piel.



- **El trabajo se extendió** al análisis de otros tipos de quemaduras, logrando diferenciar entre A vs ABA, ABA vs ABB y finalmente ABB vs B.
- La termografía tiene la ventaja de ser **no invasiva, rápida, práctica y económica.**
- **Trabajo interdisciplinario** con el equipo médico del Instituto del Quemado.

## Mejoras a futuro

- Se podría **incrementar la muestra**, ya que el número de quemaduras analizado es pequeño para establecer una regla general.
- Se podrían **incluir otras regiones** anatómicas como ser, cabeza y cuello.
- Se podría **agregar un protocolo** de procesamiento de imágenes **unificado**
- A largo plazo, se podría **implementar una interfaz gráfica** que sea intuitiva y fácil de usar para el profesional de la salud.

¡Muchas gracias!

¿Alguna pregunta?