

CAPÍTULO 3. MÉTODO DE DETECCIÓN DE FUGAS **TÉRMICAS EN EDIFICIOS**

3.1 INTRODUCCION

En el apartado anterior se ha desarrollado la introducción teórica mínima necesaria para entender el resto del documento. En este capítulo se procede a explicar los principios, hipótesis y experimentos de los que se parten para el desarrollo posterior del algoritmo de detección de fugas.

En primer lugar se procede a comentar los objetivos que se pretenden alcanzar para lo cual se desarrolla el método se propone. Para alcanzar dichos objetivos se comentará el material y tecnología que está disponible. Partiendo de estos materiales se comentan los experimentos previos realizados así como los preparativos e hipótesis de las que se parten para desarrollar los mismos. Del análisis de los resultados obtenidos de dichos experimentos se sacarán conclusiones que permitirán establecer los principios con los que se desarrolla el método propuesto y que permiten su correcto funcionamiento.

3.2 OBJETIVOS

Como ya se ha comentado, se pretende desarrollar un método que permita detectar fugas térmicas en edificios. Para ello sería deseable crear un algoritmo que lo haga de manera automática, con la menor intervención humana posible. Un buen termógrafo, bien entrenado y con experiencia, es capaz de discernir a partir de una imagen lo que es fuga térmica y lo que no aunque puede haber ocasiones en las que las condiciones térmicas, ambientales y estructurales no sean las adecuadas y no pueda distinguir fácilmente dichas fugas.

Se pretende paliar este problema mediante la creación de un algoritmo que, aplicado a las imágenes tomadas por una cámara termográfica, sea capaz de señalar en dichas imágenes las zonas en las que se produce fuga en el edificio. Y se pretende que sea lo más general posible, es decir, que nos de la fuga de cualquier región, independientemente de la geometría de la misma y su situación o distribución. No obstante, este carácter general dará problemas en determinadas situaciones en las que las imágenes tomadas no son idóneas o no reúnen las características que deben. Ello se verá en las conclusiones que se saquen de los experimentos que se realicen.

Además, se pretende que el algoritmo desarrollado debe ser válido y aplicable a imágenes tomadas desde un helicóptero (**Figura 3.1**), lo que entraña una dificultad adicional (vibraciones, desenfoque...).

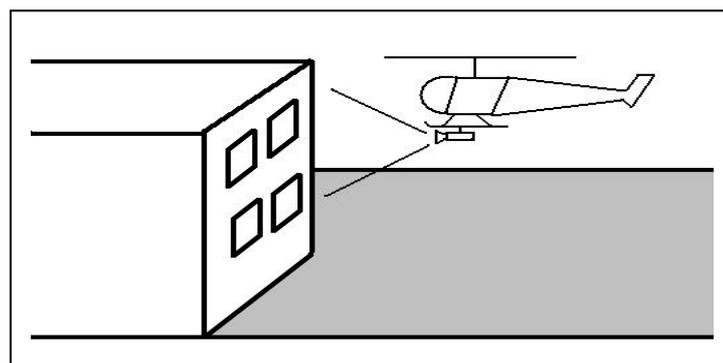


Figura 3.1: Situación de funcionamiento.

3.3 METODO GENERAL. INTRODUCCION

Una vez vistos los preliminares comentados hasta ahora, se procede en esta sección a detallar el método general que se implementa en las dos cámaras, tanto en el modelo manual de FLIR como en el modelo FireWire de INDIGO.

Se describirá de manera general, sin entrar en detalles sobre la implementación directa en ningún lenguaje ni cámara en particular. Esto se hará en capítulos posteriores.

3.3.1 Fundamentos e hipótesis.

Partiendo de los experimentos previos que se realizaron y que ya se verán, se establecen una serie de hipótesis que se deben tener en cuenta para el desarrollo del algoritmo. Así, ya se comentó como influían los parámetros del medio (humedad, distancia...) y el material (emisividad).

Se supone que el vidrio es opaco ante la radiación de infrarrojos debido a la banda espectral utilizada lo cual, como se ha comprobado en las imágenes, es cierto. También se considera que la relación entre el nivel de gris y la temperatura que representa es lineal. Se volverá a hablar sobre este tema en los capítulos siguientes, viendo la implementación específica para cada cámara. Por último otra suposición, que se retomará en el apartado correspondiente, es relativa a la distribución del calor tanto en el marco como en el vidrio de la ventana. La forma de la distribución adoptada será la más común de todas, la gaussiana, aproximación que será válida dentro del contexto y las condiciones que ya se verán.

3.3.2 Descripción del método.

En este apartado se describe a grandes rasgos el algoritmo, describiendo sus puntos más importantes, sin entrar en detalles de su implementación final. Esto se hará en el capítulo correspondiente a cada cámara. En cierto modo la idea es la misma para ambas pero será necesario hacer algunas modificaciones en algunos de sus puntos.

En la siguiente **Figura 3.2** se presenta un diagrama de bloques general del algoritmo.

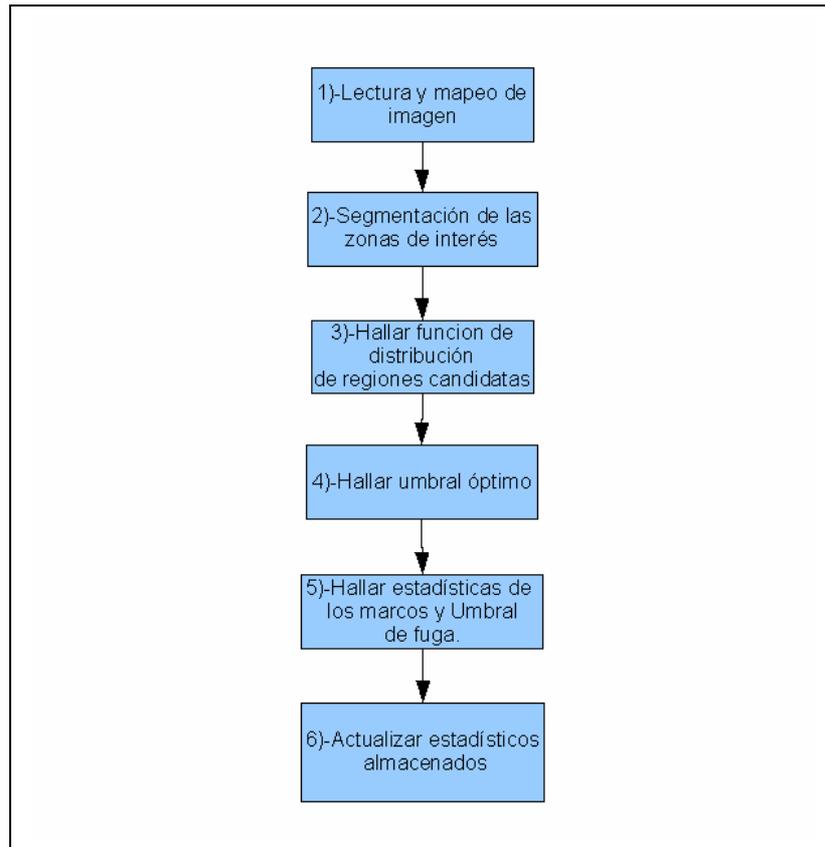


Figura 3.2: Diagrama de flujo general del algoritmo de detección.

Los puntos más importantes que se distinguen en el diagrama anterior son los siguientes.

- 1. Lectura y Mapeo de la imagen.** Se toma la imagen que se va a procesar. A continuación, siguiendo distintos métodos para cada cámara, se halla la relación entre los niveles de gris de la cámara y la temperatura equivalente. Una vez hallada dicha relación se encuentra el mapa de temperatura de la imagen que no es más que la imagen equivalente pero no en niveles de gris sino en temperatura real.
- 2. Segmentación de zonas de interés:** se trata de segmentar ventanas y zonas en los edificios que puedan contener fugas. Para tal cosa se fija una temperatura umbral básica. Los objetos por encima de dicha T_a son susceptibles de sufrir pérdidas térmicas.
- 3. Hallar función de distribución de temperatura.** Una vez que se ha segmentado un número n de regiones se procede a analizar cada una de ellas. Según lo explicado, las regiones seleccionadas son aquellas que poseen zonas con una temperatura mayor y,

por tanto, las que presumiblemente poseen fugas térmicas. Dado que la superficie que se está analizando es la fachada de un edificio y las zonas que pueden tener fugas son ventanas, se supone que todas las regiones segmentadas lo son.

Cada una de las regiones tendrá por tanto dos zonas bien diferenciadas: el marco y la ventana. Ya se ha comentado que el vidrio es opaco en la banda de infrarrojos utilizada. La radiación procedente de dicho vidrio será la emitida por él. Dado que es mal conductor del calor, su temperatura será más o menos similar a la del exterior. Esto será más cierto aún si las ventanas poseen doble vidrio, con separación central. Y por otro lado, existe otra zona, el marco. Este es de metal y, aunque esté bien aislado siempre es mejor conductor del calor que el vidrio.

Como se decía, se procede a hallar el histograma del mapa de temperaturas correspondiente a cada una de las regiones. Se puede demostrar que, una vez hallado el citado histograma, la distribución de los píxeles se corresponde a dos distribuciones de gauss, de medias T_0 y T_1 , con $T_1 > T_0$, correspondientes a las dos zonas mencionadas, el marco y el vidrio de la ventana. Esto se muestra en la **Figura 3.11**.

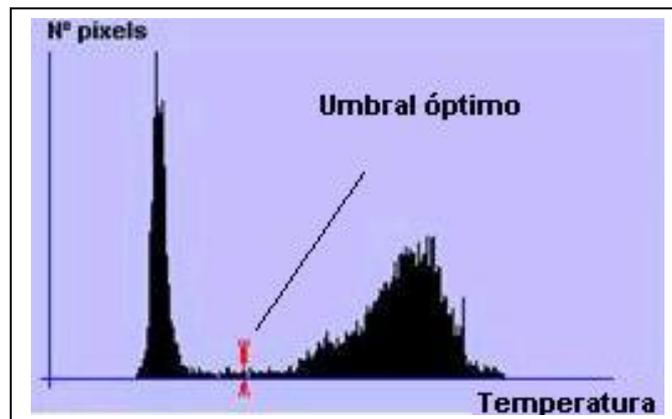


Figura 3.3: Distribución de temperatura en regiones segmentadas.

- 4. Hallar umbral óptimo.** Una vez que se ha elaborado el histograma de cada región segmentada, se procede a hallar el valor de temperatura T_{umbral} con el cual, dado un punto cualquiera de la región se puede saber, comparándolo con T_{umbral} , si pertenece al marco o a la ventana. Para hallar dicho valor umbral se parte de la hipótesis anterior en la que se suponía que la distribución de temperatura sigue el patrón de dos gaussianas. Se detallará el algoritmo en la implementación real en las cámaras.

5. **Hallar estadísticas de los marcos.** Una vez que se tiene el umbral óptimo que permite discernir entre marco y ventana, se procede a hallar la temperatura media de aquellos puntos cuya temperatura supere el Umbral, es decir, los puntos correspondientes a los marcos. Esto se hará para todas las regiones segmentadas.
6. **Creación de dos posibles clusters.** A partir de las medias de los marcos se aplica un algoritmo de clustering, de manera que se crean dos grupos o clusters, uno correspondiente a los marcos con fugas y otro correspondiente a los marcos sin fugas. El algoritmo implementado para este propósito permite comprobar si sólo hay un clúster o hay dos, mediante la incorporación de un parámetro de desviación. Esto se introduce porque es posible que en una imagen ninguno de los marcos de las regiones segmentadas tenga fugas.
7. **Obtener Temperatura Umbral.** En el caso de que en el paso anterior se haya encontrado dos clusters, se selecciona un umbral intermedio que permita distinguir marcos con fuga de marcos sin fuga. Así, si la temperatura media de un marco es mayor que la Temperatura media umbral que separa los dos clusters, ese marco será considerado como una región con fuga térmica. No obstante, cabe la posibilidad de que en el paso anterior sólo se haya encontrado un clúster, bien porque todas las regiones sean regiones con fuga o bien porque todas sean regiones sin fuga. Sería un caso en el que el umbral de decisión estaría indeterminado. En ese caso para determinar si los marcos encontrados tienen fugas o no se acude al histórico de las estadísticas almacenadas de imágenes previas, tomando como Umbral de decisión el umbral medio de todos los umbrales pasados.
8. **Actualizar estadísticas.** Finalmente, se toman y se almacenan las nuevas estadísticas y se guardan las imágenes resultantes.

3.4 METODO GENERAL. ANÁLISIS DEL MÉTODO

En el apartado anterior se ha expuesto el método general que se va a implementar, dividiendo el procesamiento en los distintos puntos.

Después de analizarlo se puede resumir en lo siguiente:

- Efectuar el procesamiento previo de las imágenes para poder efectuar el análisis posterior, como puede ser extracción de escalas de temperaturas, limitación de la región efectiva del análisis,...
- Extracción del mapa de temperaturas. Internamente no se maneja la imagen en sí sino que se utiliza una imagen bidimensional equivalente cuyos píxeles no son niveles de gris sino valores de temperatura con distinta resolución y/o representación numérica.
- Búsqueda de puntos caliente. En definitiva, el procesamiento básico se reduce a la búsqueda de las zonas más calientes de la imagen.
- Entre esas zonas localizadas, se distinguen entre marcos y vidrios de las ventanas.
- Aplicando algoritmo de umbral óptimo se halla un valor para hallar valor umbral que permite discernir entre marcos con fugas y marcos sin fuga.
- Si el marco supera el umbral se considera que es un marco con fuga, sino es un marco sin fuga.
- Pudiera darse el caso de que solo se encuentre un punto o zona caliente en la imagen en cuyo caso no habría otras zonas en la imagen con la que poder realizar comparaciones. En ese caso se procede a realizar las comparaciones con las imágenes analizadas previamente. De ahí que también sea importante guardar un histórico de los resultados anteriores.

Este es, en resumidas cuentas el fundamento del algoritmo, el buscar las regiones o puntos calientes en la imagen que se procesa, pues, si hay fuga, deberá encontrarse entre las zonas de mayor temperatura. No obstante, este es el principio básico de funcionamiento. Como se ha descrito anteriormente, es más complejo y hay que ver detalladamente cada uno de los pasos de ejecución, lo cual se hace en los siguientes apartados.

3.4.1 Procesamiento previo de la imagen.

En primer lugar se procede a leer la imagen, bien sea de disco o bien desde otra fuente externa. La imagen que se recibe es una imagen visual, en escala de grises, del mismo tipo que se puede tomar con otras cámaras convencionales. La diferencia fundamental es que el nivel de gris de cada píxel está íntimamente relacionado con la temperatura del punto equivalente en la superficie que se analiza.

Capítulo 3: Método de detección de fugas térmicas en edificios.

Como se verá en capítulos posteriores, se llevaron a cabo una serie de experimentos previos que demostraban la necesidad de una nitidez aceptable y un correcto enfoque en las imágenes tomadas para el correcto funcionamiento del algoritmo (y cualquier otro algoritmo que se precise). Si eso no se cumple los resultados obtenidos no serán los esperados. No obstante, se asume que las imágenes que se reciben ya cumplen con esa condición de nitidez y enfoque correcto.

Por otro lado, también hay que tener en cuenta que las imágenes están compuestas por diversa información, no sólo relativa a la imagen térmica de la superficie en estudio, sino también información de diverso tipo, como pueden ser escalas, valores puntuales de temperatura, humedad, distancia... Y será necesario quedarse sólo con la parte útil de de la imagen, es decir, con la zona que no contiene toda esa información adicional. Es por ello por lo que se aplica una máscara que limita el análisis a la región útil mencionada. Si no se hiciera así se analizarían regiones que no corresponden a la superficie en estudio sino que son añadidas por el software de la cámara. En ese caso se produciría un procesamiento erróneo.

En cierto modo, toda esa información adicional reduce el área efectiva de análisis pero se aprovecha para automatizar el proceso, como se verá posteriormente.

El procesamiento previo se muestra en el esquema de la siguiente **Figura 3.4**.



Figura 3.4: Preprocesado previo.

Hay que señalar de nuevo que, salvo la limitación de la región de análisis útil, el hecho de considerar una imagen nítida y/o enfocada se realiza de forma ajena al algoritmo. Es decir, debe ser el usuario el que debe seleccionar visualmente las imágenes correctas.

3.4.2 Extracción del mapa de temperaturas.

Lo primero que se debe hacer es obtener una representación útil de la imagen recibida para su correcto procesamiento. La imagen recibida es una imagen similar a una imagen visual de la superficie objetivo pero con la peculiaridad de que los niveles de intensidad que representan los píxeles no se corresponden con la información de color de la imagen sino que contienen información de su distribución de temperatura. De este modo, dado que las imágenes vendrán dadas en niveles de gris, un valor más elevado de temperatura se corresponde con un nivel de gris mayor. Los niveles de gris adoptan valores comprendidos entre 0 y 255 en la implementación realizada aunque sería adaptable a cualquier otra representación

Ahora bien, esos niveles de gris tal cual no nos sirven. Se hace necesario encontrar una equivalencia directa entre el nivel de gris y la temperatura que representa. Una vez encontrada esa equivalencia ya es posible trabajar con la “nueva imagen”, aplicarle el procesado...

Esa imagen equivalente, cuyos píxeles no son niveles de gris sino niveles de temperatura, se denomina **Mapa de Temperatura** y es lo que se maneja mayoritariamente en el código. Para la obtención del mismo será necesario obtener la equivalencia mencionada anteriormente. Por tanto, lo siguiente que hay que hacer es hallar una relación directa entre ambos conceptos, nivel de gris y nivel de temperatura. Y hay que tener presente que esa relación puede cambiar, y de hecho lo hace, según las condiciones en las que se tomen las imágenes. No es lo mismo tomar la temperatura de una superficie de un edificio en unas condiciones climáticas normales que tomar la temperatura de un radiador. Así, en el primer caso, a un nivel de gris de 124, por ejemplo, le puede corresponder una temperatura de 10 ° C, mientras que en el segundo caso la temperatura puede ser de 200 ° C. Se trata por tanto de una cuestión de escalas. La escala relaciona los niveles de gris de la imagen con la temperatura que representan. Y debe abarcar directa o indirectamente todos los valores hallados por la cámara. Por ejemplo, la cámara podría decir que al rango de niveles de gris comprendidos entre 20 y 190 le corresponden valores de temperaturas entre 3 ° C y 35 ° C, correspondiendo los valores de los extremos del rango de temperatura a los respectivos valores extremos del rango de niveles de gris. Entre dichos extremos, la relación puede ser la que sea aunque para simplificar se supondrá que dicha relación es lineal. Suposición que, como se verá, es más o menos cierta según la cámara que se considere.

$$T=aL+b \qquad \text{Eq. 3.1}$$

, donde T es el nivel de temperatura y L el nivel de gris.

El método utilizado para hallar la relación lineal es el de **Mínimos Cuadrados**. Para ello se considera una nube de puntos correspondientes a niveles de gris-nivel de temperatura. Y mediante la aplicación del algoritmo se obtiene los parámetros de una recta que se adapta bastante bien a los valores que se les pasa. La aplicación del algoritmo variará sensiblemente de una cámara a otra, dado que la representación de los datos y su obtención es distinta.

Capítulo 3: Método de detección de fugas térmicas en edificios.

Los datos que hacen falta ya se han mencionado reiteradamente: nivel de temperatura y nivel de gris. La obtención de los mismos será diferente. Se puede obtener mediante OCR de la imagen que se va a tratar o bien mediante una tabla de valores preestablecida. De cualquier modo, la forma en la que se obtiene la mencionada relación será dependiente de la cámara que se considere. La implementación específica se verá posteriormente, en los **Capítulos 4 y 5**. Ahora basta con que quede claro la necesidad de la relación buscada.

Una vez obtenida la relación, sólo queda sustituir valores de nivel de gris en la ecuación **Eq. 3.1** para conseguir los valores de temperatura correspondientes a cada píxel, con lo cual ya se tiene el buscado mapa de temperaturas. En la Figura 3.5 se indica el proceso.

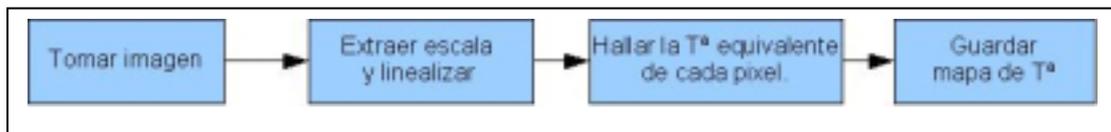


Figura 3.5: Mapeado de temperatura.

Hay que destacar nuevamente que el segundo bloque, correspondiente a la extracción de la escala variará de una cámara a otra. Los detalles se verán en cada capítulo.

3.4.3 Segmentación de regiones.

El objetivo ahora es buscar las regiones de mayor temperatura de la superficie en estudio. Si hay fugas deberán estar entre estas regiones candidatas.

La distribución de calor en la superficie será más o menos homogénea. No obstante, cuando esa superficie presenta discontinuidades la distribución puede verse alterada en mayor o menor medida, dependiendo de la forma y material de dichas discontinuidades. Y ese es el caso de la fachada de un edificio. Estará formada por un lado por pared, la cual se supone que está construida del mismo material en toda su extensión. Y por otro ventanas, de un material distinto al de la pared (excepto en edificios de arquitectura moderna). Se vio que la forma en la que fluye el calor depende, entre otras cosas, de la resistencia térmica de los materiales. Y dado que los materiales de pared y ventana son diferentes, la distribución de calor también será diferente. Y este principio es el que se aprovecha para detectar las fugas.

Las ventanas suelen ser de material metálico (el marco) y vidrio. El metal del marco, aunque se encuentre bien aislado por el uso de múltiples capas o materiales aislantes, será mejor conductor que el ladrillo o el hormigón. Y eso se utiliza para distinguirlos de la pared. Si se observa la **Figura 3.6**, siempre se distinguirá la ventana de la pared.



Figura 3.6: Visualización de las ventanas en la fachada.

Se deduce que si hay fugas térmicas estas deberá estar localizadas en las ventanas del edificio. Por tanto el siguiente paso lógico será localizar dichas ventanas, segmentarlas. Y eso es lo que se hace en el siguiente paso del algoritmo, buscar aquellas regiones que poseen una mayor temperatura, pues, si hay fuga, deberá encontrarse entre estas regiones.

Para llevar a cabo esa segmentación se podrían aplicar varios métodos. Se podría pensar en primer lugar en segmentar las ventanas mediante la búsqueda de características de regiones rectangulares, la forma más común de las ventanas. Sin embargo, esto presenta un inconveniente. Aunque, como se ha dicho, la forma más común de las ventanas es rectangular, también puede haberlas circulares o de otras formas. Además, la fuga térmica no siempre tiene porque corresponderse con una ventana. Podría darse el caso de que la fuga esté localizada en la propia pared, debido a fisuras, grietas, o bien a través de rejillas de ventilación. Por lo tanto, este procedimiento no es muy práctico debido a que requiere comprobar muchos tipos de regiones en la imagen. Se opta por un método más sencillo. Simplemente se busca las regiones más calientes de la imagen mediante umbralizado. Generalmente esas regiones se corresponderán con las ventanas o parte de ellas, las

correspondientes a esas regiones más calientes. Usando este método se consigue segmentar cualquier región caliente, independientemente de la forma que tenga.

El problema reside en buscar un umbral de temperatura adecuado para la segmentación. También aquí se puede optar por usar dos métodos. El primero es en cierto modo más empírico. Consiste en establecer un umbral fijo, invariable para todas las imágenes que cumplan las mismas condiciones medioambientales y estructurales y a partir del cual se considerará la región como punto caliente. Dicho umbral se fija, como se ha dicho, de manera empírica. Mediante una serie de experimentos previos se prueban distintos valores de umbral hasta que se encuentre uno en el que se segmenten un número razonable de regiones. Una vez encontrado el umbral adecuado queda fijado para todas las imágenes. Este procedimiento tiene el inconveniente de que al cambiar las condiciones cambia el número de regiones segmentadas. Incluso podría no encontrar ninguna. Otra posibilidad es, partiendo del método anterior, buscar, para cada imagen un umbral de forma dinámica, partiendo de uno inicial relativamente alto. Este se va bajando en pasos fijos hasta segmentar un número deseado de regiones calientes. Esto implica una mayor flexibilidad del algoritmo pero también un mayor procesamiento.

En la práctica se optó por el primer método por ser bueno, obteniendo resultados similares al segundo, el del umbral dinámico, y sin añadir procesamiento adicional.

Finalmente, hay que destacar que, dado que la segmentación se realiza por umbralizado, las regiones que se obtienen pueden ser de muy diversa forma y tamaño, por lo que puede resultar que no todas son de interés. Así se procede a continuación a seleccionar sólo aquellas que poseen un tamaño significativo y establecido de antemano.

El proceso se resume en la siguiente **Figura 3.7**.

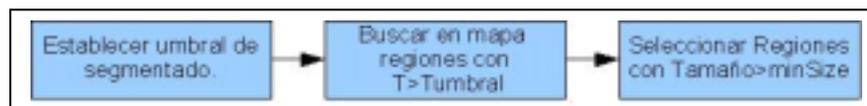


Figura 3.7: Segmentación de regiones.

3.4.4 Hallar distribución de temperatura de las regiones segmentadas.

Llegados a este punto, ya se tienen seleccionadas las regiones calientes de la imagen y si existe fuga deberá estar entre estas zonas. Ahora se debe estudiar las regiones seleccionadas desde un punto de vista de la distribución de calor en ellas.

Si la segmentación se ha realizado correctamente y las imágenes tomadas se corresponden con la fachada de un edificio, la mayoría de las regiones se corresponderán con ventanas. Ventanas que estarán formadas por marcos y vidrios. Ya se ha comentado anteriormente las características de ambos en lo que respecta a la distribución y conducción de calor. El marco, normalmente de material metálico, tendrá una resistencia térmica baja, favoreciendo la conducción del calor y la distribución del mismo a través de él. En las imágenes termográficas se podrá ver bien la radiación de infrarrojos procedente del mismo. Y por otro lado está el vidrio. Dada la banda de infrarrojos que se utiliza, la ventana de 3-5 μm (Véase Capítulo 2 para más información), la radiación de infrarrojos procedente del interior del edificio no pasa a través del mismo. Por tanto, la imagen mostrará la radiación emitida por él mismo debido a su temperatura, o bien la reflejada procedente de otras fuentes del exterior.

Se pueden distinguir por tanto dos regiones bien diferenciadas. Si se haya la función de distribución en la región se podrán distinguir las dos zonas en la gráfica resultante.

Y eso es lo que se hace en este paso, hallar dicha función de distribución, el **histograma**, consistente en contar el número de píxeles en la región que corresponde a una temperatura dada, para todo el rango de temperaturas comprendido entre el valor máximo y el valor mínimo de dicha región. Ahora bien, entre dichos valores extremos se pueden considerar infinitos valores de temperatura. Lo que se hace es fijar un escalón o paso discreto mínimo entre valores adyacentes. Ese valor es la **resolución** de la función de distribución. Un buen valor para el mismo es de 0.5 °.

Una vez obtenido el histograma, si lo representamos gráficamente se obtendría algo similar a lo representado en la **Figura 3.3**. Es decir, podríamos distinguir dos regiones más o menos diferenciadas. La primera región, de temperaturas inferiores, se correspondería con la

región del vidrio, dado que su temperatura sería inferior a la del interior, como ya se ha explicado. Y por otro lado está la región superior, correspondiente al marco, de mayor temperatura.

3.4.5 Hallar umbral óptimo.

En el paso anterior se ha procedido a hallar el histograma de cada una de las regiones. Y se ha podido comprobar que se pueden distinguir dos zonas, una más fría, correspondiente al vidrio, y otra más caliente, correspondiente al marco. Pues bien, es la zona del marco la que más nos interesa dado que es donde se suelen producir las fugas térmicas, bien sea por anomalías en el mismo o porque se deje la ventana abierta.

Por tanto, el paso que sigue es hallar un umbral de temperatura a partir del cual se puedan considerar los puntos como pertenecientes al marco. Se trata de hallar lo que se denomina **Umbral Óptimo**, que también está señalado en la **Figura 3.3**.

Para hallarlo se hace una serie de suposiciones. Entre ellas, se supone que la distribución obtenida en el paso anterior se corresponde matemáticamente con dos gaussianas, una correspondiente a la zona del vidrio y otra correspondiente a la zona del marco. Esta aproximación será válida para regiones no excesivamente grandes. Si se cumple esta aproximación es posible aplicar un algoritmo recursivo que nos permite hallar el umbral óptimo. En la **Figura 3.8** se muestra el diagrama de flujo del mismo.

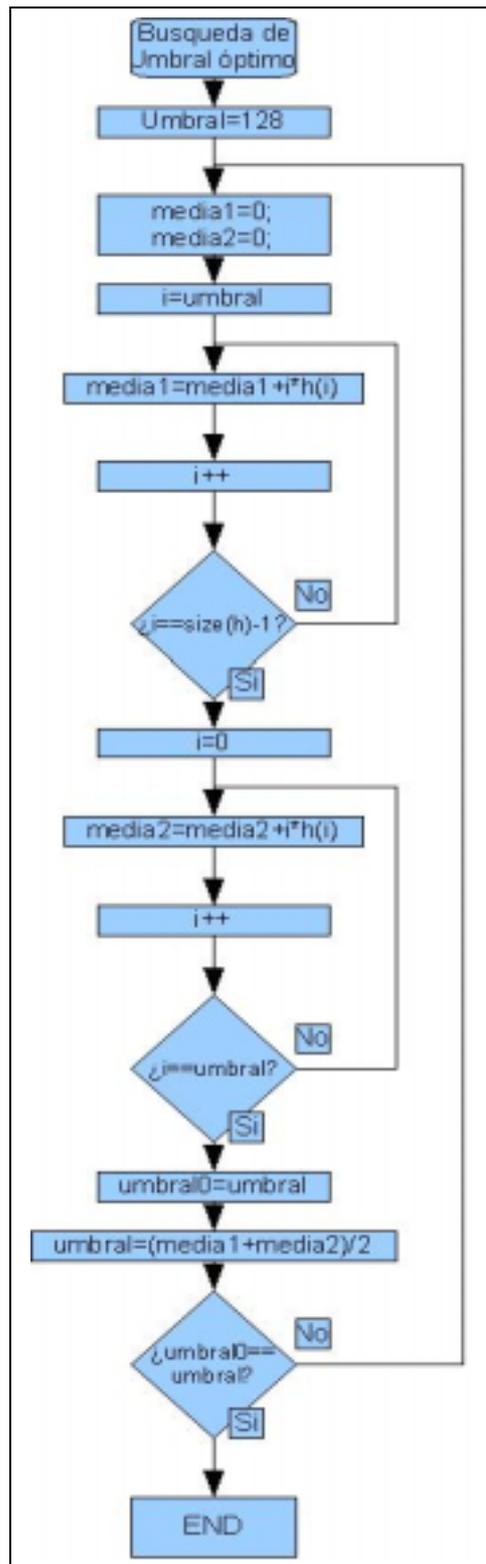


Figura 3.8: Algoritmo de búsqueda de umbral óptimo.

Hay que hacer varios comentarios con respecto al diagrama anterior. El umbral óptimo, representado por la variable *umbral*, se fija en principio al valor intermedio de 128, el nivel de gris central de representación en unsigned char. Se verá en el capítulo de implementación

real que estos valores serán distintos pues estamos manejando temperaturas. El algoritmo que se ha puesto es para niveles de gris. Por otro lado, *medial* y *media2* son las medias de las dos gaussianas de la distribución, en las que se encuentran centradas.

Solo destacar que el algoritmo anterior es muy eficiente, encontrando el umbral óptimo en muy pocas iteraciones.

3.4.6 Hallar estadísticos de los marcos.

Ya se tiene el umbral óptimo y, por tanto, para cada una de las regiones segmentadas en una imagen, es posible, en teoría, distinguir el marco de la ventana. Solo hay que considerar para cada región candidata, el umbral óptimo de cada una de ellas y aplicar que la $T > T_{umbral}$ para tener los puntos deseados. Ahora bien, en una misma imagen se pueden encontrar varios umbrales óptimos, uno para cada región segmentada. Para hacer el análisis más homogéneo y seleccionar la región con fuga de una manera más razonable, lo que se hace es hallar la temperatura media para cada una de los marcos en la imagen en estudio, obteniéndose un vector cuyos elementos son la temperatura media de cada uno.

Si todos los marcos son “normales”, es decir, sin fugas, su temperatura media será aproximadamente igual, es decir, pertenecen al mismo grupo. Sin embargo, en el caso de encontrarnos con un marco con fugas térmicas, su temperatura “media se sale de la media”, valga la redundancia. Es decir se podría clasificar en otro grupo. Y ese eso es lo que se hace ahora, **agrupar**. Se toma el conjunto de medias obtenidas y se procede a clasificarlos en dos grupos o **clústeres**, uno perteneciente a los marcos con fuga y otro perteneciente a los marcos sin fuga. El procedimiento de clustering implementado se detalla en la siguiente **Figura 3.9**.

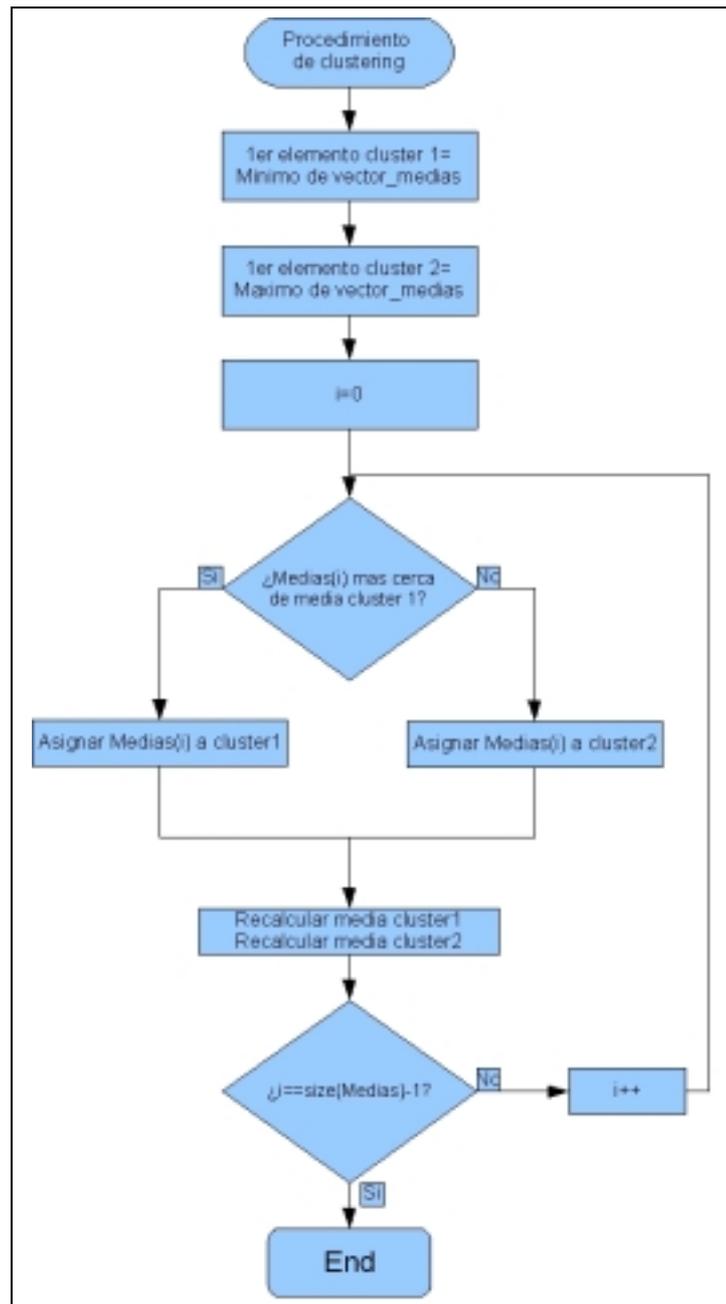


Figura 3.9: Algoritmo de clustering.

El algoritmo de clustering anterior lo que hace es, en primer lugar, seleccionar el valor máximo y el valor mínimo del conjunto de medias de los marcos, que serán los valores más alejados de todo el conjunto. A continuación se van seleccionando el resto de valores y se ve a que valor medio de los dos subconjuntos formados está más cerca. A aquel que esté más cerca se le asigna dicho elemento y se vuelve a recalcular su media. Al final del proceso se tendrán, en teoría, dos subconjuntos, uno correspondiente a los valores de los marcos con fugas y otro correspondiente a los marcos sin fuga.

Capítulo 3: Método de detección de fugas térmicas en edificios.

No obstante, podría darse el caso de que los dos subconjuntos se encuentren demasiado cerca, con lo que resultaría que incluso podría darse el caso de que formaran un único conjunto, es decir, sólo habría un cluster. Para esta situación habría que definir un valor mínimo de separación entre ambos conjuntos para considerarlos o no como uno o dos clústeres. Así, se define dicho valor y se impone que la separación entre las medias sea mayor que el mismo para considerar dos conjuntos distintos.

Si hay dos conjuntos distintos nos encontramos en una situación en la que en la imagen hay marcos con fuga y marcos sin fuga. Y en el caso en el que no haya separación posible, sólo habría un conjunto de marcos. Ahora bien, estos pueden ser todos marcos con fuga o marcos sin fuga. Nos encontramos por tanto en una situación en la que hay una indeterminación. Para resolver este problema se recurre a las estadísticas extraídas de las imágenes procesadas anteriormente. Es decir, en aquellas imágenes en las que haya una separación clara entre marcos con fuga y marcos sin fuga, se procede a guardar un histórico en el que se almacena el valor medio umbral que permite discernir ambos. En aquellas situaciones de incertidumbre se recurre a estas estadísticas almacenadas para decidir si el único conjunto encontrado pertenece a los marcos con fuga o a los marcos sin fuga.

Finalmente, una vez encontradas las zonas que poseen fugas, se almacenan los resultados y las estadísticas para proceder con la siguiente imagen.

3.5 CONCLUSIONES

En este capítulo se ha tratado de la forma más general posible los principios del algoritmo de detección, sin entrar en detalles de su implementación real. Ésta no será muy distinta de lo comentados en líneas precedentes aunque si habrá que diferenciar en ocasiones entre una cámara y otra, debido a las diferentes características que presentan una y otra.

Así pues, una vez visto esto, en los Capítulos siguientes se procederá a detallar la implementación del algoritmo para las dos cámaras, el modelo de FLIR y el modelo de INDIGO, indicando las diferencias de implementación comentadas.