

# UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO/ EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Bilbao

Máster en Ingeniería de la Construcción

Trabajo Fin de Máster

**Ciudad y cambio climático, soluciones de  
adaptación de la ordenación. Olas de calor**

Autor: Ana Cristina Torvisco Silva

Tutor: Leire Garmendia Arrieta

## AGRADECIMIENTOS

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Desde mi niñez me han inculcado la constancia y la lucha por conseguir los objetivos marcados. En todos mis pasos han estado presentes apoyando tanto en los momentos alegres, así como en los tristes. Siempre han depositado mucha confianza en las decisiones que voy tomando en la vida, y eso es de agradecerle.

Otro de los grandes pilares está ocupado por mi hermano mayor, siempre ha sido para mí una luz abriéndome camino en cada decisión de mi vida. Me ha servido de ejemplo tanto en lo bueno como en lo malo, y gracias a él he conseguido muchas cosas. Destacar su grado de paciencia y cariño con la que me trata desde bien niña.

También agradecerle a mi novio haber estado junto a mi cada día en mi etapa universitaria, ya que indirectamente he crecido junto a él y aprendiendo mutuamente el uno del otro. Una de las frases que más me ha repetido es: "La clave está en creértelo. Adelante. Confía en ti"

Por ultimo dedicar el tiempo empleado a los responsables del máster, Eduardo, Jesús y Ramón por la disponibilidad inmediata, así como la atención y disposición que presenta frente a los .A la tutora del presente trabajo fin de máster, Leire ya que me ha guiado en el desarrollo de la misma, así como al **grupo de investigación del Gobierno Vasco IT781-13** de se han desarrollado las actividades para poder realizar el trabajo.

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Capas de análisis para la UCI	Pág. 12
Figura 2: Islas de calor urbana	Pág. 14
Figura 3: Factores que influncian el fenómeno de la UCI.	Pág. 14
Figura 4: Modelo urbano sostenible	Pág. 16
Figura 5: Diseño de vivienda bioclimático	Pág. 18
Figura 6: Relación entre los estados atmosféricos y las variaciones climáticas	Pág. 22
Figura 7: Londres. Simulación de crecida del rio Támesis	Pág. 23
Figura 8: San Sebastián. Simulación de aumento del nivel del mar	Pág. 24
Figura 9: Proceso que contribuye a la variación del nivel del mar.	Pág. 25
Figura 10: Patrones de Precipitaciones por Grado de Calentamiento	Pág. 27
Figura 11: Aumento de temperatura global	Pág. 29
Figura 12: Evaluación Preliminar de Impactos en España por ECC.	Pág. 29
Figura 13: Cambios de Escurrimiento por Grado de Calentamiento	Pág. 29
Figura 14: Efectos en la salud ocasionador por el cambio climático	Pág. 31
Figura 15: índice de adaptación global al cambio climático	Pág. 33
Figura 16: Estudio de la amenaza materializada en riesgo	Pág. 35
Figura 17: índice de preparación al cambio climático	Pág. 36
Figura 18: Ola de calor en España en 2003	Pág. 37
Figura 19: Temperatura umbral para la determinación de las olas de calor	Pág. 38
Figura 20: Islas de calor en Zaragoza	Pág. 39
Figura 21: Indicadores que inciden en las islas de calor urbanas	Pág. 40
Figura 22: Islas de calor en zona rural y en la ciudad	Pág. 42
Figura 23: Distribución de los viales urbano- Flujos de aire	Pág. 43
Figura 24: Temperatura superficial octubre-2009. Avila- Municipio Chacao	Pág. 44
Figura 25: Detalle constructivo de cerramiento convencional	Pág. 45
Figura 26: Características de productos cerámicos	Pág. 47
Figura 27: Materiales urbanos	Pág. 47
Figura 28: Evaluación del riesgo	Pág. 49
Figura 29: Sistema constructivo de cubierta plana flotante	Pág. 52
Figura 30: Solución de sistema constructivo de cubierta plana flotante	Pág. 55
Figura 31: Fachada ventilada	Pág. 55
Figura 32: Cubiertas vegetales	Pág. 56
Figura 33: Vivienda unifamiliar Passivhouse	Pág. 57

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Invariantes de arquitectura popular dependiendo de zonas climáticas. Estrategias básicas.	Pág. 11
Tabla 2: Contribución al aumento del nivel del mar durante el periodo 1961-2003.	Pág. 26

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	8
1.1. Objetivo y alcance del trabajo.....	8
1.2. Metodología de trabajo .....	9
2. CONTEXTUALIZACIÓN .....	10
2.1. La ciudad .....	10
2.1.1. El clima .....	10
2.1.2. Isla de calor urbana .....	13
2.2. Ciudad sostenible .....	15
2.3. Arquitectura bioclimática.....	17
2.4. Parámetros de confort .....	18
3. Cambio climático.....	21
3.1. Variabilidad climática .....	21
3.2. Amenazas .....	23
3.2.1. Aumento del nivel del mar.....	23
3.2.2. Ciclones tropicales y lluvias torrenciales.....	26
3.2.3. Episodios de calor extremo.....	28
3.2.4. Sequías .....	29
3.3. Impactos sobre la infraestructura física.....	31
3.4. Impactos sociales .....	32
3.5. Vulnerabilidad frente a las amenazas .....	35
4. Estudio de las olas de calor como amenaza.....	38
4.1. Vulnerabilidad del entorno urbano frente a olas de calor.....	39
4.1.1. Urbanización.....	43
4.1.2. Población.....	45
4.1.3. Edificación .....	46
5. Soluciones de adaptación y mitigación de las olas de calor en el entorno urbano .....	52

5.1. Urbanización.....	53
5.1.1. Zonas verdes.....	53
5.1.2. Calles .....	54
5.1.3. Zonas azules .....	54
5.2. Densidad de población.....	56
5.3. Edificación .....	56
5.3.1. Elementos constructivos .....	56
5.3.2. Instalación .....	57
5.3.3. Antigüedad .....	59
5.3.4. Situación.....	59
5.4. Proyectos novedosos para entornos urbanos.....	59
5.4.1. Casa del árbol .....	59
5.4.2. Cultivo urbano y balcón comestible .....	60
6. CONCLUSIÓN .....	61

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objetivo y alcance del trabajo

La motivación del desarrollo de la investigación, surge de la necesidad de aportar soluciones para hacer frente al cambio climático al que la sociedad se está enfrentando. Es uno de los problemas ambientales más graves ya que es irreversible, de forma que no será posible volver a las condiciones climatológicas que existían antes de la Revolución Industrial.

Según la R.A.E. (Real Academia Española) la definición de:

- Cambio climático: *cambio previsible en el clima terrestre provocado por la acción humana que da lugar al efecto invernadero y al calentamiento global.*
- Efecto invernadero: *elevación de la temperatura de la atmósfera próxima a la corteza terrestre, por la dificultad de que se disipe la radiación calorífica, debido a la presencia de una capa de gases, especialmente dióxido de carbono, procedente de las combustiones industriales y otras actividades.*
- Calentamiento global: *incremento de la temperatura de la atmósfera terrestre asociado en parte a la emisión de gases de efecto invernadero*

La poca preparación de la población para afrontar el cambio climático, afectando de forma más vulnerable a los países en vías de desarrollo o con altísimos índices de pobreza, hace que puede ocasionar graves consecuencias para la salud. De igual modo, tendrá repercusiones en la forma de diseño y construcción de las estructuras que dan servicios vitales a las ciudades y comunidades en general.

Los efectos negativos ya están siendo visibles en todo el mundo. Muchos de los problemas ambientales actuales están relacionados directamente o indirectamente con el aumento de las temperaturas y el aumento de los niveles del mar en todo el mundo. También están cambiando los patrones climáticos, ya que es frecuente encontrarnos con olas de calor muy intensas u olas de frío, así como las tormentas están siendo cada vez más comunes. Otra de las consecuencias es la toxicidad del aire que se respira en las ciudades más industrializadas y con más concentración demográfica.

Con el objetivo de solventar alguno de problemas medioambientales o disminuir los efectos que puedan originar, para así poder garantizar la sustentabilidad de los recursos naturales del mundo, se procede al análisis de la adaptación del entorno urbano al cambio climático.

## 1.2. Metodología de trabajo

En primer lugar se ha planteado el objetivo de estudiar las islas de calor, así como posibles soluciones a las consecuencias que desencadena esta amenaza. El trabajo de investigación para poder llegar a dar respuesta debe de hacerse partiendo del lugar donde surge el problema, ya que desde el origen se podrá dar una explicación al fenómeno. En el estudio del entorno urbano, como inicio del problema, se ha procedido a la definición de conceptos relacionados entre sí con el objetivo de analizarlos e ir avanzando en la explicación de la isla de calor urbana.

Recopilando una serie de tesis de gran relación con el desarrollo de este trabajo, se ha comenzado a tratar el tema de la isla de calor desde un ámbito mucho más amplio como es el cambio climático. Por ello se ha hecho un estudio de las distintas amenazas que se pueden presentar en un futuro, así como la valoración de la vulnerabilidad de las ciudades.

Una vez tenido conocimiento a rasgos generales del cambio climático, el trabajo se ha centrado en las olas de calor, como fenómeno que desencadena las islas de calor. Para la evaluación de la intensidad de la amenaza se ha requerido de la creación de los indicadores que forman parte de las ciudades, estudiando diversos aspectos que fomenta la generación del calor en determinadas regiones.

Por último se ha concluido con la aportación de soluciones que disminuyan los efectos, con la ayuda de bibliografía citada a lo largo de todo el trabajo.