

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN:
INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

***PARAMETROS CON ENFOQUE A LAS OLAS DE
CALOR EN LA PUNTA NORTE DE
ZORROTZAURRE***

Estudiante
Directora
Departamento
Curso académico

*ERAZO CARPIO LEONARDO A.
GARMENDIA ARRIETA LEIRE
INGENIERÍA MECÁNICA
2020/2021*

Bilbao, 09, septiembre, 2021

Cada vez estamos más lejos de la naturaleza. Ya no sabemos si hace frío o calor en un edificio. Hay que buscar materiales en la naturaleza

Toyo Ito

Las muchas preguntas y muy complejas a las que nos enfrentamos hoy en día, como sostenibilidad, ecología o Smart city, son una oportunidad para los arquitectos

Jean Philippe Vassal

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría empezar agradeciendo a Dios por permitirme conocer lo lindo de la vida, a mis padres Leonardo Vicente Erazo Montero, Martha Isabel Carpio Moncayo por ser las personas que me han brindado apoyo, motivación, han guiado los pasos que me he trazado para poder alcanzar mis metas planteadas.

A mi abuelita por cuidarme, consentirme hacerme ver que con esfuerzo se puede llegar a hacer realidad los sueños.

A mi hermano Kevin Bill Erazo Carpio y toda mi familia por darme la fuerza y la confianza de viajar a realizar el master al país vasco.

A mi novia por su amor, apoyo que me ha brindado durante toda mi etapa en la que he llevado realizando la maestría.

Agradecer a la Universidad del País Vasco por abrirme las puertas a una excelente formación académica, al grupo de profesores del máster que han compartido sus conocimientos, experiencias profesionales para mi formación.

Agradecer a mi directora Dra. Leire Garmendia Arrieta, por ser quien ha guiado, motivado y ha formado parte fundamental en la elaboración del TFM dentro del grupo de investigación del Gobierno Vasco IT1314-19, como también de las clases que ha impartido a lo largo del master.

Agradecer a la Arq. Laura Quesada por su apoyo, paciencia en el manejo del software ENVI-met al guiarme con las dificultades que se me presentaban en el manejo del software durante el tiempo posible.

Finalmente agradecer a los responsables de la maestría Dr. Jesús Cuadrado y Dr. Eduardo Roji por hacer todo lo posible en poner un grupo selecto de profesorado a lo largo del curso, charlas con ponentes y por gestionar visitas técnicas a las empresas.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	8
2.1. Objetivo principal	8
2.2. Objetivo secundario	8
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	8
4. PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA EL CONFORT URBANO	9
5. ANÁLISIS DEL CONFORT URBANO CON ENVIMET	11
6. CASO DE ESTUDIO ZORROTZAURRE	12
6.1. Análisis de los parámetros constructivos a considerar	15
6.2. Datos climáticos	19
6.3. Características del proyecto master plan Zorrotzaurre.	19
6.3.1. Cota propuesta	19
6.3.2. Altura de las edificaciones	20
6.4. Creación de modelo en ENVI-met	22
6.5. Visualización y análisis de resultados en leonardo	22
7. CONCLUSIONES	31
8. BIBLIOGRAFÍA	33

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. MAPA DE UBICACIÓN DE BILBAO. FUENTE: WIKIPEDIA	13
ILUSTRACIÓN 2. MAPA DE UBICACIÓN DE LA ISLA DE ZORROTZAURRE. FUENTE: WIKIMEDIA	14
ILUSTRACIÓN 3. PROYECTO DE ZORROTZAURRE. FUENTE: ZORROTZAURRE UNA ISLA PARA VIVIR, TRABAJAR Y DISFRUTAR.	14
ILUSTRACIÓN 4 ALTERNATIVA 1. MODELO 3D Y 2D EN ENVI MET SPACES. EDIFICIOS Y ZONAS VERDES (IZQ.), SUPERFICIE (DCHA.)	16
ILUSTRACIÓN 5 ALTERNATIVA 2. MODELO 3D Y 2D EN ENVI MET SPACES. EDIFICIOS Y ZONAS VERDES (IZQ.), SUPERFICIES (DCHA.)	17
ILUSTRACIÓN 6 ALTERNATIVA 3. MODELO 3D Y 2D EN ENVI-MET SPACES. EDIFICIOS Y ZONAS VERDES (IZQ.), SUPERFICIES (DCHA.)	18
ILUSTRACIÓN 7 DEM COTA A NIVEL DE RASANTE. FUENTE: ENVI-MET SPACES 4.4.5	20
ILUSTRACIÓN 8 ANÁLISIS URBANO PUNTA NORTE DE ZORROTZAURRE. FUENTE: COMISIÓN GESTORA DE ZORROTZAURRE	21
ILUSTRACIÓN 9 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ALTERNATIVA 1. FUENTE: LEONARDO ENVI-MET	24
ILUSTRACIÓN 10 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ALTERNATIVA 1 PET-UTCÍ. FUENTE: LEONARDO ENVI-MET	25
ILUSTRACIÓN 11 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ALTERNATIVA 2. FUENTE: LEONARDO ENVI-MET	26
ILUSTRACIÓN 12 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ALTERNATIVA 2 PET-UTCÍ FUENTE: LEONARDO ENVI-MET	27
ILUSTRACIÓN 13 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ALTERNATIVA 3. FUENTE: LEONARDO ENVI-MET	29
ILUSTRACIÓN 14 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ALTERNATIVA 3 PET-UTCÍ. FUENTE: LEONARDO ENVI-MET	30

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES (PROPUESTA 1).....	16
TABLA 2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES (PROPUESTA 2).....	18
TABLA 3 CARACTERÍSTICAS TÉRMICA DE LOS MATERIALES (PROPUESTA 3).....	19
TABLA 4 ALTURA DE LAS EDIFICACIONES. FUENTE: PLANO DE LA COMISIÓN GESTORA DE ZORROZAUURRE.....	21

1. INTRODUCCIÓN

La temperatura media mundial ha aumentado ya en 1.1°C desde la época preindustrial, el derretimiento de la masa de hielo en los polos que provoca el aumento del nivel del mar. El cambio climático es el mal de nuestro tiempo y sus consecuencias pueden ser devastadoras si no reducimos drásticamente la dependencia y las emisiones de gases de efecto invernadero como es dióxido de carbono, metano, compuestos halogenados, óxido de nitrógeno. Provocados principalmente por la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad, el transporte, la calefacción, la industria, la edificación.

El aumento exponencial de la población, destrucción de ecosistemas terrestres y deforestación, destrucción de ecosistemas marinos afectan al cambio climático.

Al analizar el confort urbano se debe de considerar las variables que intervienen como la percepción que las personas tienen cuando usan y disfrutan del espacio urbano por el que a diario realizan sus actividades cotidianas generando bienestar y satisfacción aquellas personas que lo habitan.

El confort en el espacio público urbano viene determinado por distintos factores más amplios que los atributos físicos de los edificios, ocupación de espacios urbanos, áreas verdes, condicionantes térmicos, escala urbana, condiciones acústicas, calidad de aire, ergonomía, etc. La alteración de uno de ellos repercute en la calidad de los demás, pueden combinarse elementos físicos adecuadamente entre sí y con la psicología del lugar producir un confort urbano adecuado como la forma arquitectónica, espacios abiertos, áreas verdes.

La isla de Zorrotzaurre al ser la última gran operación de regeneración urbana puesta en marcha en Bilbao, que representa un plan integral y sostenible, que recupera un espacio actualmente degradado para convertirlo en un barrio nuevo, se analizará su comportamiento frente a las olas de calor a su entorno.

Es un caso interesante para el análisis del confort térmico en el entorno urbano de un proyecto que se está ejecutando como es el caso de la isla de Zorrotzaurre en el que se analizará la punta norte con diferentes soluciones constructivas, modificando la distribución de espacios urbanos propuestos en el proyecto Máster Plan, implementando diferentes materiales constructivos, etc. Pero sin modificar la orientación de las edificaciones.

Todo ello permitirá visualizar el impacto en el confort térmico urbano durante una ola de calor. Para ello se analizará un día específico en que Bilbao registró su mayor temperatura de acuerdo a los datos proporcionados por la estación meteorológica ubicada en la punta norte de la isla de Zorrotzaurre.

2. OBJETIVOS

Se expone a continuación el objetivo principal y los objetivos secundarios del presente Trabajo Fin de Master.

2.1. Objetivo principal

Analizar el efecto de los parámetros constructivos (edificio y área urbana) sobre el confort urbano, mediante un caso de estudio real ubicado en la punta norte de la isla de Zorrotzaurre en Bilbao.

2.2. Objetivo secundario

Determinar los materiales de construcción que se podrían emplear en la envolvente de la fachada y cubierta de las edificaciones que sirvan para mejorar el confort urbano.

Determinar las características de los materiales constructivos del espacio urbano que mejoren el confort térmico de (pavimentos, espacios verdes, etc.).

Realizar las simulaciones mediante el programa ENVI-met de las alternativas planteadas y analizar cuál de ellas sería la mejor alternativa.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se pretende conseguir un espacio en donde vivir, trabajar y disfrutar sea un entorno sostenible para la humanidad y el medio ambiente en el que su principal propósito es evitar el aumento de la temperatura mediante, reducción de los gases efecto invernadero.

Así mismo es necesario reducir la exposición a la radiación solar, y acondiciona los espacios urbanos para cada una de las estaciones con temperatura y humedad diferentes. En el caso del verano se debe proyectar estos espacios con zonas de sombra en verano, materiales de bajo albedo.

Para evaluar el impacto de las soluciones urbanas en la temperatura del entorno se emplearán diferentes softwares. Los resultados se analizarán mediante las simulaciones con BIOMET y su visualización en LEONARDO. Ambos se obtendrán del programa ENVI-met v.4.4.5. Se evaluarán tres alternativas de diseño urbano variando los espacios verdes, arbolado, envolvente en fachada/cubierta de las edificaciones de la punta norte de la isla de Zorrotzaurre.

Ello permitirá observar, analizar el comportamiento de los distintos tipos de materiales, proceso constructivo empleados frente a las variaciones de temperatura que se registró

en Bilbao durante una ola de calor. Al igual que generar una concientización entre la gente que al momento de construir, restaurar se lo realice mediante una construcción sostenible, analizando el uso del suelo y los materiales que se puedan emplear en su proceso constructivo que permita mejorar su confort térmico en el entorno urbano.

4. PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA EL CONFORT URBANO

El objeto es lograr unas condiciones térmicas óptimas del espacio urbano atendiendo a las características bioclimáticas:

El confort urbano y las zonas verdes: indudablemente la presencia de zonas verdes en la ciudad es fundamental para alcanzar una buena calidad de vida, bienestar y en especial para mejorar la calidad de aire que respiramos, además de los beneficios en relación al bienestar físico, como elementos mitigadores de contaminación y sumideros de CO₂, los espacios verdes dan estructura a la ciudad y amortiguan el impacto producido por niveles excesivamente altos de densidad y edificación, constituyendo además los principales espacios urbanos de recreo, relación, ocio y disfrute dentro de los espacios públicos, por lo tanto su existencia y condiciones ambientales están directamente relacionadas con muchos de los factores que condicionan el confort urbano, es un componente determinante en el balance térmico de un recinto urbano, debido a que aporta sombra a las superficies expuestas y humedad al ambiente (Shishegar, 2014).

El confort urbano y la relación con la gestión de los recursos naturales: La contaminación atmosférica y la acústica, junto con el clima, olores y la seguridad son los factores ambientales de percepción que directamente afectan a la salud de las personas.

El confort urbano, la calidad del aire y el cambio climático: Buscan señalar el riesgo que la contaminación atmosférica tiene para la salud en base a estos indicadores: emisiones de gases CO₂, número de días en los que la calidad del aire supera los límites marcados por la directiva europea en cuanto a partículas en suspensión, número de días en los que la calidad del aire supera los límites marcados por la directiva europea en cuanto a las emisiones de ozono.

La calidad del aire es un tema directamente relacionado con la salud que, con el confort urbano, obviamente si mejora la calidad del aire mejorara el confort urbano.

El confort urbano y la calidad del silencio: Se basa en analizar la mejora o el empeoramiento de la situación sonora de la ciudad generada por el tráfico rodado, principalmente midiendo los decibelios medios de este ruido en horario diurno y nocturno y el nivel de personas expuestas a niveles máximos, estos valores se los actualiza cada 5 años, queriendo lograr una tendencia positiva mediante la disminución de los niveles de ruido y el porcentaje de población expuesta.

El confort urbano y la gestión de los residuos: Es otro indicador pues además de influir directamente en el entorno urbano (salubridad, olores, suciedad), genera otros impactos negativos si no se produce un tratamiento integral. Analizado a través de: el volumen de residuos sólidos producidos por persona al día, el porcentaje de recogida selectiva respecto al total de los residuos, su composición.

El confort urbano y la movilidad y gestión del tráfico: Es un elemento fundamental en la estrategia de calidad de vida de los ciudadanos a la vez que uno de los mayores generadores de contaminación y ruido en la ciudad. Una ciudad sin tráfico de vehículos privados, transporte de mercancías, autobuses, taxis, es una utopía, puesto que los desplazamientos son necesarios para realizar nuestras actividades, por lo que se trata de buscar un equilibrio entre la movilidad eficiente y rápida combinada con un transporte público adecuado, potenciando los desplazamientos a pie y bicicleta, eliminando de las vías el mayor número de vehículos privados y aparcamientos.

Tal y como se ha visto, alcanzar un grado o un mejor nivel de confort urbano depende de muchos factores y variables de las cuales hemos mencionado las más directas o evidentes. Se plantea las siguientes opciones de mejora en relación al confort térmico:

Dotación de árboles en viario y espacio público analizando el tipo de calle, plaza, parque o espacio público en función del porcentaje mínimo de superficie protegida bajo sombra del mismo, para obtener una mejor condición de confort en espacios públicos.

Cubiertas verdes, aunque es un tema novedoso aún, no existe regulación o exigencias de implantación, deben de incentivarse para conseguir los criterios de ciudad sostenible, mejorando el clima urbano y la estética natural, son una inversión sostenible en el futuro.

La fachada es, junto con la cubierta, uno de los elementos más importantes de una construcción ya que actúa como primera barrera frente a los factores climatológicos externos que pueden dañar la buena salud del edificio: lluvia, nieve, viento, heladas, sol. La naturaleza se ha convertido en un aliado para ayudar mediante la arquitectura a frenar los efectos de la contaminación.

Considerando además que es de gran importancia elegir un sistema de fachada que nos proteja de estos riesgos a la vez que nos ayude a alcanzar un menor consumo energético, reducir costes de mantenimiento y mejorar el confort de los habitantes de la casa.

Los pavimentos del espacio público deben de elegirse en base a las funciones que van a soportar como es: zona de juegos, tránsito de vehículos, zonas de estancia manteniendo un control de escorrentía, por lo que es aconsejable que al menos el 30% de estos pavimentos tengan un alto índice de permeabilidad, la obstrucción de la radiación solar en pavimentos también constituye un factor para disminuir las temperaturas radiantes en el espacio público y mejorar por tanto las condiciones de confort.

Para el proyecto residencial de la punta norte en la isla de Zorrotzaurre, se propone 3 alternativas para el análisis del confort urbano, considerando en cada alternativa diferentes características de los materiales de construcción a emplear en base a la implantación, geometría, orientación de los edificios establecidos en el proyecto.

5. ANÁLISIS DEL CONFORT URBANO CON ENVIMET

ENVI-met es un software que simula el clima en zonas urbanas evaluando los efectos de la atmosfera, de la vegetación, de la arquitectura de los materiales, desarrollado por Bruse, M (1999) en el instituto de geografía de la universidad de Mainz-Alemania, el modelo es estacionario y no hidrostático, pronostica todos los procesos de cambio, incluyendo flujos de viento, turbulencia, flujo de radiación, temperatura y humedad, representación detallada de estructuras y materialidades urbanas es decir edificios con diferentes formas y alturas y propiedades de materiales.

La vegetación es considerada no solo como un obstáculo poroso al viento y a la radiación solar sino también mediante la inclusión de los procesos fisiológicos de evapotranspiración y fotosíntesis.

El suelo también se considera como un volumen compuesto de varias capas y tipologías, calcula además la temperatura media radiante (T_{mr}) que es una variable que condiciona la habitabilidad térmica de los espacios exteriores.

Es un modelo tridimensional de microclima diseñado para simular las interacciones superficie-planta-aire en un entorno urbano con una resolución típica de cuadrícula espacial de 0.5 a 10 metros y un tiempo de fotograma de 10 segundos. Permite un análisis de alta resolución de los flujos de calor y energía provenientes del entorno para cualquier punto dentro del modelo.

En el proceso de modelado con ENVI-met los parámetros de simulación (datos de microclima y elementos de construcción) se modelan y editan utilizando la base de datos de materiales para crear el archivo de entrada de área (.INX) y el archivo de simulación (.SIM) y finalmente la evaluación de los archivos de resultados (.EDT / .EDX) con BIOMET tras la simulación y su visualización (LEONARDO).

Para un mejor análisis ENVI-met dispone de otros parámetros de los cuales haremos mención a: **Physiological Equivalent Temperature** (PET) para evaluar el componente térmico del clima exterior con un pronóstico del balance energético humano que calcula la temperatura de la piel, la temperatura corporal central, la tasa de sudoración y, como variable auxiliar, la temperatura de la ropa (Höppe, 1999).

Universal Thermal Climate Index (UTCI) para evaluar la biometeorología humana que analiza los vínculos entre el medio ambiente, aire libre y bienestar humano, los índices

de confort térmico describen como el cuerpo humano experimenta las condiciones atmosféricas, la temperatura del aire, humedad, viento y radiación.

Albedo es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella, es una medida de la tendencia de una superficie a reflejar radiación incidente, un albedo alto enfría el planeta, porque la luz (radiación) absorbida y aprovechada para calentarlo es mínima.

Emisividad es la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a su diferencia de temperatura con su entorno.

Conductividad es la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él, la conductividad también depende de otros factores físicos del propio material, y de la temperatura.

Reflexión ocurre cuando los rayos de luz que inciden en una superficie chocan en ella, se desvían y regresan al medio que salieron formando un ángulo igual al de la luz incidente

Absorción mediante el cual un cuerpo absorbe radiaciones determinadas longitudes de onda con lo que una parte de ella se absorbe, produciendo la sensación de calor.

6. CASO DE ESTUDIO ZORROTZAURRE

Bilbao es un municipio situado en el norte de España, capital de la provincia de Biskaia en la comunidad autónoma del País Vasco fundada en el año 1300. Sin embargo, las excavaciones arqueológicas han podido determinar que ya existían asentamientos en la zona previos al siglo XIV.

El verano de 1983 marcó un antes y un después en la historia de Bilbao. Las lluvias incesantes de agosto provocaron la subida de la ría de Bilbao hasta que se desbordó inundando la ciudad y arrasando todo a su paso. La ciudad quedó sepultada por el lodo, hubo 34 muertos y las pérdidas ascendieron a 1200 millones de euros. Se trata de la mayor catástrofe natural del País Vasco.

Bilbao se encuentra a 31 msnm, su clima es cálido y templado, tiene una cantidad significativa de lluvia durante todo el año. La proximidad al mar Cantábrico hace que su clima se clasifique como oceánico templado de tipo Cfb de acuerdo a la clasificación climática de Koppen, los días de lluvia representan el 45% del total anual.

En Bilbao los veranos son cómodos, los inviernos son largos y fríos, mojados y ventosos y está parcialmente nublado durante todo el año, la temperatura en el transcurso del año varía de 5°C a 24°C.

Zorrotzaurre: de península portuaria e industrial, a isla de 'ensueño' para el nuevo Bilbao terciario-residencial. Horizonte de transformación social, urbana y espacial.

Es una isla artificial que se formó después de la excavación del canal de Deusto que se une por el puente Frank Gehry que conecta a la isla con el barrio de Deusto y el puente San Ignacio que conecta a la isla con el barrio San Ignacio transformándose oficialmente de península en isla el lunes 8 de octubre de 2018 siendo llamada a ser la Manhattan de Bilbao y la gran operación de regeneración urbana.

A raíz de la aprobación del plan general de ordenación urbana de Bilbao en 1995, el uso de suelo industrial paso a ser residencial.

Propietarios públicos y privados de la isla de Zorrotzaurre en el año 2001 constituyen la comisión gestora a fin de impulsar y ejecutar el plan de regeneración urbana de la zona que fue diseñado por la arquitecta angloiraquí Zaha Hadid quien diseño el master plan del proyecto.

En conjunto, la regeneración de Zorrotzaurre representa un proyecto integral y equilibrado, respaldado por la prestigiosa arquitecta anglo-iraquí Zahah Hadid, definido bajo criterios de sostenibilidad, que recupera un espacio actualmente degradado para convertirlo en un barrio nuevo de Bilbao bien conectado con el resto de la ciudad, dotado de vivienda de precio asequible, áreas de implantación empresarial no contaminante, numerosos equipamientos sociales y culturales, así como de amplias zonas para el disfrute ciudadano.



Ilustración 1. Mapa de ubicación de Bilbao. Fuente: Wikipedia



Ilustración 2. Mapa de ubicación de la isla de Zorrotzaurre. Fuente: Wikimedia

La primera unidad de ejecución abarca una superficie de 389.995 m² e incluye toda la margenderecha del canal de Deusto y las puntas norte y sur de la futura isla. El proyecto va de acuerdo con las determinaciones urbanísticas, criterios técnicos del área de obras y servicios del Ayuntamiento de Bilbao, Ley 2/2006 de suelo y urbanismo del País Vasco, al Decreto 105/2008, documentos, estudios, informes que se han tenido en cuenta para la redacción del proyecto de urbanización.



Ilustración 3. Proyecto de Zorrotzaurre. Fuente: Zorrotzaurre una isla para vivir, trabajar y disfrutar.

El distrito donde se ubica la parcela denominada RZ (Ribera de Zorrotzaurre) es en la punta norte de la isla donde se proyectan: 172 viviendas de protección oficial, 233 VPT (viviendas de protección oficial de precio tasado) repartidas en 2 edificios. El edificio 1 lineal (96 viviendas) tiene planta baja + 12 alturas y el edificio 2 en H (133 viviendas) tienen planta baja +13 y 313 viviendas libres.

6.1. Análisis de los parámetros constructivos a considerar

Para analizar el confort urbano mediante la utilización de ENVI-met nos enfocaremos en los siguientes parámetros:

Tipo de suelo

Pavimento

Áreas verdes

Árboles

Edificaciones

Todo esto en base a la implantación de vías, área urbana, área verde y orientación de las edificaciones, del caso real de estudio de Zorrotzaurre.

Propuesta (según ilustración 4):

- Suelo arcilloso: sobre el cual se colocará una capa de césped de 50cm y en su alrededor arboles con una altura de 4m.
- En la explanada se colocará un camino de ladrillo (adoquín decorativo color rojo)
- En las vías se colocará un pavimento rígido de hormigón gris
- En el resto del área urbana se colocará un pavimento rígido de hormigón
- En las edificaciones será una fachada convencional; es la que se lleva ejecutando desde hace más de 50 años, consiste un sistema constructivo constituido por una hoja al interior, una capa aislante o a su vez una pequeña cámara de aire no ventilada, una hoja exterior.

Se ha considerado el análisis según las características térmicas de los materiales que proporciona el programa ENVI-met al seleccionar la configuración de datos (data a settings), (ver tabla 1).

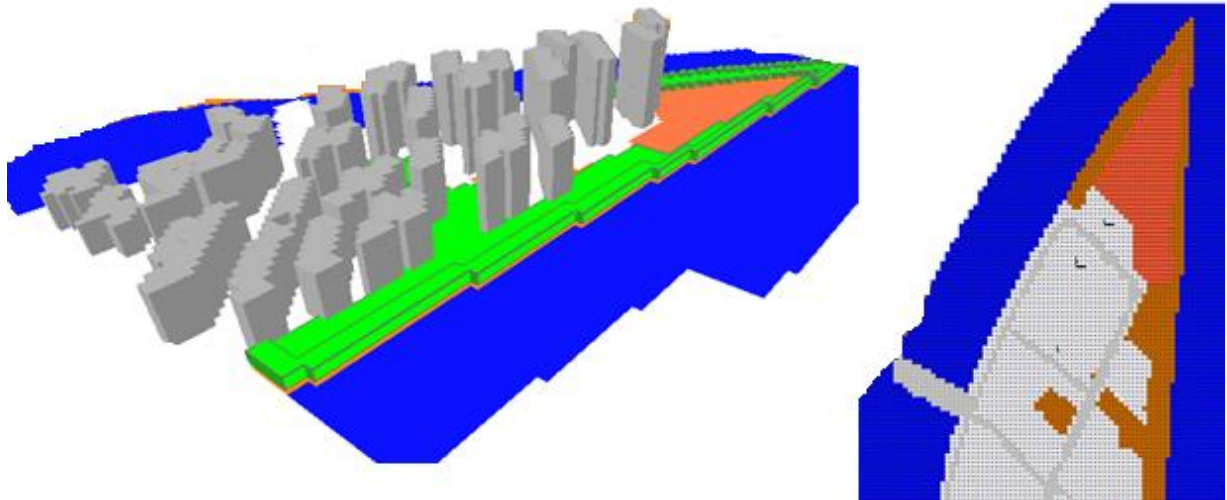


Ilustración 4 Alternativa 1. Modelo 3D y 2D en ENVI met SPACES. Edificios y zonas verdes (izq.), superficie (dcha.)











	Material	Albedo (frac)	Emisividad (frac)	Conductividad (w/mK)	Color	
Suelo permeable	Arcilloso	0.00	0.98	0.00		
Pavimento	Hormigón gris	0.50	0.90	1.63		
	Hormigón claro	0.80	0.90	1.63		
Explanada	Adoquín decorativo	0.30	0.90	0.00		
Área verde	Césped 50cm	0.20	-	-		
Árbol	Plantas de 4m	0.20	-	-		
Agua	Ría	-	0.96	-		
	Material	Absorción (frac)	Reflexión (frac)	Emisividad (frac)	Color	Conductividad (w/mK)
Fachada/cubierta	Concreto	0.7	0.30	0.90		1.9
	Aislamiento	0.42	0.45	0.90		1.0
	Ladrillo	0.60	0.40	0.90		0.30

Tabla 1 Características térmicas de los materiales (propuesta 1)

Propuesta (según ilustración 5):

- Suelo arcilloso: sobre el cual se colocará una capa de césped de 50cm y en su alrededor árboles con una altura de 25m, al igual que se colocará árboles de 5m a lo largo de las vías.
- En la explanada se colocará un camino de ladrillo (adoquín decorativo color rojo)

- En las vías se colocará un pavimento rígido de hormigón gris
- En el resto del área urbana se colocará un pavimento rígido de hormigón
- En las edificaciones será una fachada ventilada es un sistema constructivo de cerramiento exterior por una hoja interior, capa aislante y una exterior ofrece excelentes prestaciones térmicas y acústicas.

Se ha considerado el análisis según las características térmicas de los materiales que proporciona el programa ENVI-met al seleccionar la configuración de datos (data a settings), (ver tabla 2).

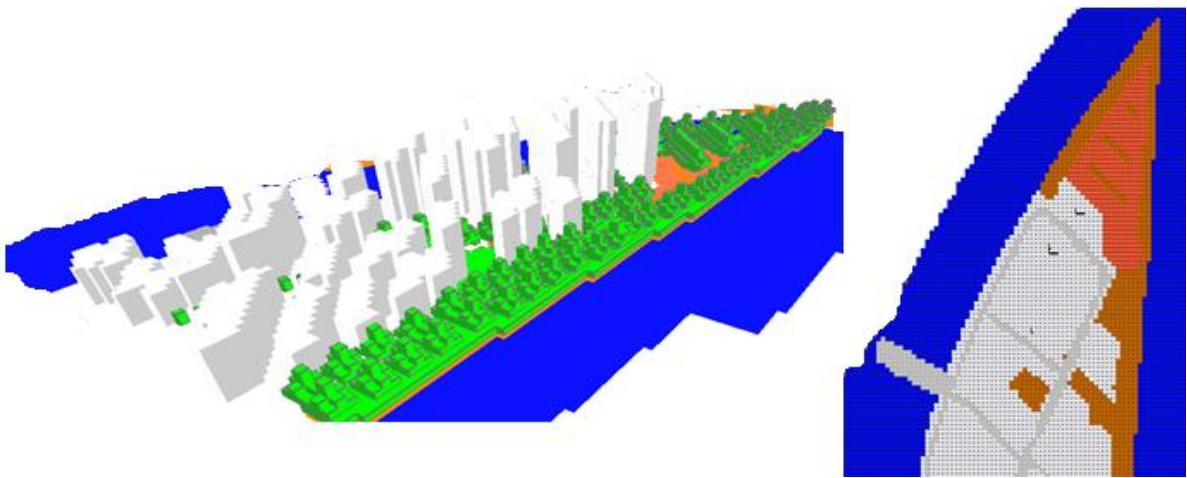








Ilustración 5 Alternativa 2. Modelo 3D y 2D en ENVI met SPACES. Edificios y zonas verdes (izq.), superficies (dcha.)

	Material	Albedo (frac)	Emisividad (frac)	Conductividad (w/mK)	Color	
Suelo permeable	Arcilloso	0.00	0.98	0.00		
Pavimento	Hormigón gris	0.50	0.90	1.63		
	Hormigón claro	0.80	0.90	1.63		
Explanada	Adoquín decorativo	0.30	0.90	0.00		
Área verde	Césped 50cm	0.20	-	-		
Árbol	Plantas de 25m	0.18	-	-		
	Plantas de 5m	0.18	-	-		
Agua	Ría	-	0.96	-		




	Material	Absorción (frac)	Reflexión (frac)	Emisividad (frac)	Color	Conductividad (w/mK)
Fachada/cubierta	Plancha metálica	0.20	0.80	0.10		45
	Aislamiento	0.42	0.45	0.90		1.0
	Ladrillo	0.60	0.40	0.90		0.30

Tabla 2 Características térmicas de los materiales (propuesta 2)

Propuesta (según ilustración 6):

- Suelo arcilloso: sobre el cual se colocará una capa de césped de 50cm y en su alrededor arboles con una altura igual o mayor a 25m.
- En la explanada se colocará un camino de ladrillo (adoquín decorativo color amarillo)
- En las vías se colocará un pavimento flexible asfáltico.
- En el resto del área urbana se colocará un pavimento rígido de hormigón
- En las edificaciones será una fachada vegetal con el uso de sistemas como de jardinera con soportes que permitan colocar las distintas variedades de plantas trepadoras, aportando beneficios con la sostenibilidad y la mejora del nivel de vida.

Se ha considerado el análisis según las características térmicas de los materiales que proporciona el programa ENVI-met al seleccionar la configuración de datos (data a settings), (ver tabla 3).

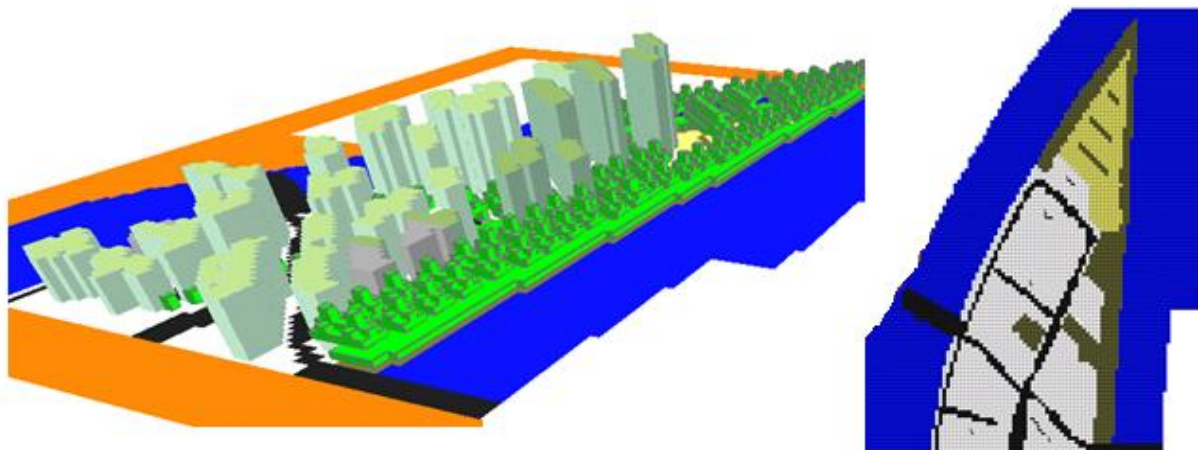


Ilustración 6 Alternativa 3. Modelo 3D y 2D en ENVI-met SPACES. Edificios y zonas verdes (izq.), superficies (dcha.)

	Material	Albedo (frac)	Emisividad (frac)	Conductividad (w/mK)	Color
Suelo permeable	Arenoso	0.20	0.98	-	
Pavimento	Asfalto	0.20	0.90	0.90	
	Hormigón claro	0.80	0.90		
Explanada	Adoquín decorativo	0.30	0.90	0.00	
Área verde	Césped 50cm	0.20	-	-	
Árbol	Plantas de 25m	0.18	-	-	
	Plantas de 5m	0.18	-	-	
Agua	Ría	-	0.96	-	
	Material	Albedo (frac)	Emisividad (frac)		Color
Fachada/cubierta	Fachada verde	0.30	0.95		
	Cubierta verde	0.30	0.95		

Tabla 3 Características térmica de los materiales (propuesta 3)

6.2. Datos climáticos

Para nuestro análisis hemos considerado los datos de la estación meteorológica G039 de Deusto-Gobierno Vasco localizada en la punta norte de la isla de Zorrotzaurre.

Se ha elegido el día lunes 18 de julio del 2016 donde se registró una gran ola de calor en Bilbao. En horario comprendido entre las 16:00pm que indica una temperatura máxima de 40.4°C y 04:00am con una temperatura mínima de 20.84°C, por medio de un fichero CVS que realiza mediciones automáticas cada 30 minutos, en un intervalo comprendido entre las 00:00h a 23:30h.

6.3. Características del proyecto master plan Zorrotzaurre.

6.3.1. Cota propuesta

La cota que había determinado la iraní Zaha Hadid en su proyecto inicial, tiene que ganar 1.5 metros de altura en base a los estudios hidráulicos, tiene que ver con la anchura del canal de Deusto revela Pablo Otaola (gerente de la comisión gestora de Zorrotzaurre), se han tenido en cuenta los efectos del cambio climático que elevará el nivel del mar, previendo el ataque durante la pleamar de una avenida de agua de las que llegan cada

500 años (como la de 1983), Zorrotzaurre necesita una cota de 5 metros aguas arriba (es decir al sur) y 4.7 agua abajo. Cota propuesta

En las viviendas existentes tenemos que garantizar su protección para ello primero será construir un murete opaco, cerrado de 1 metro de altura por el perímetro de la isla.

En base a las consideraciones que se han tomado para el proyecto de Zorrotzaurre, se ha determinado en la realización del presente TFM diferentes cotas en la punta norte de Zorrotzaurre para su análisis.

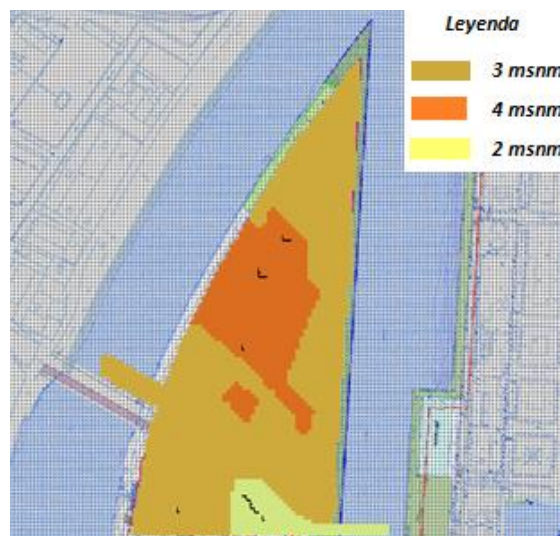


Ilustración 7 DEM Cota a nivel de rasante. Fuente: Envi-met spaces 4.4.5

6.3.2. Altura de las edificaciones

La escala urbana también es un factor a considerar para nuestro análisis; altura de las edificaciones, su orientación.

Para ello hemos mantenido la implantación y orientación de las edificaciones tal cual se encuentra en el proyecto. Proponiendo una altura entre piso de 3m para su análisis, respetando el número total de pisos a construir por bloque de edificación según consta en el proyecto.



Ilustración 8 Análisis urbano punta norte de Zorrotzaurre. Fuente: Comisión gestora de Zorrotzaurre

Edificación	Número de pisos	Altura entre piso (m)	Altura de la edificación (m)
RZ 1.1	B+19	3	60
	B+18	3	57
RZ 2.1	B+17	3	54
	B+16	3	51
RZ 3.1	B+15	3	48
EQ 3	Existente		
RZ 4.1	B+16	3	51
RZ 4.2	B+14	3	45
RZ 5.1	B+12	3	39
RZ 5.2	B+13	3	42
RZ 6.1	B+8	3	27
RZ 6.2	B+10	3	33
RZ 7.1	B+9	3	30
RZ 7.2	B+10	3	33
RZ 7.3	B+6	3	21
RZ 12.1	B+10	3	33
RZ 12.2	B+12	3	39
RZ 13.1	B+10	3	33
RZ 13.2	B+8	3	27
RZ 13.3	B+7	3	24
RZ 14.1	B+8	3	27
RZ 14.2	B+7	3	24
RZ 14.3	B+7	3	24
RZ 15.1	B+8	3	27
	B+7	3	24

Tabla 4 Altura de las edificaciones. Fuente: Plano de la comisión gestora de Zorrotzaurre

6.4. Creación de modelo en ENVI-met

Para la modelización se lo realizará con el software ENVI-met en su versión 4.4.5, donde comenzaremos el ingreso de datos en SPACES donde se ingresará la ubicación, una malla de 141x140x35 celdas (en un sistema de referencia tridimensional x, y, z), con un tamaño de celda de 5x5x3.

La cota propuesta en el apartado 6.3.1. tal como se lo indica en la ilustración 6, se ingresarán dichos valores en DEM, la altura de las edificaciones que se lo hace mención en el apartado 6.3.2, se lo ingresará en *Top of building or element*, los materiales elegidos para el modelo son los expuestos en el apartado 6.1 que contempla 3 alternativas las cuales se las desarrollara ingresando sus características en *Assign building material and greenings, soil and surface y vegetation*.

6.5. Visualización y análisis de resultados en leonardo

En la simulación con ENVI-met se visualizará y se analizará los resultados de cada alternativa ingresada en ENVI-guide, el día donde se registró la mayor ola de calor que se lo hace mención en el apartado 6.2, considerando las 04:00am (mínima temperatura) y las 16:00pm (máxima temperatura) para posterior a ello poder visualizarlo en Leonardo.

Tras la simulación realizada anteriormente se realizará un proceso con BIO-met, para analizar los parámetros complementarios que ayuden a una mejor comprensión en base a la sensación térmica general para una persona en el entorno urbano analizado mediante Physiological equivalent temperature (PET), que se lo visualizará igualmente en Leonardo, al igual que Universal Thermal Climate Index (UTCI).

Se analizará el confort térmico con todos los datos mencionados, en las horas indicadas y en base a cada propuesta lo siguiente:

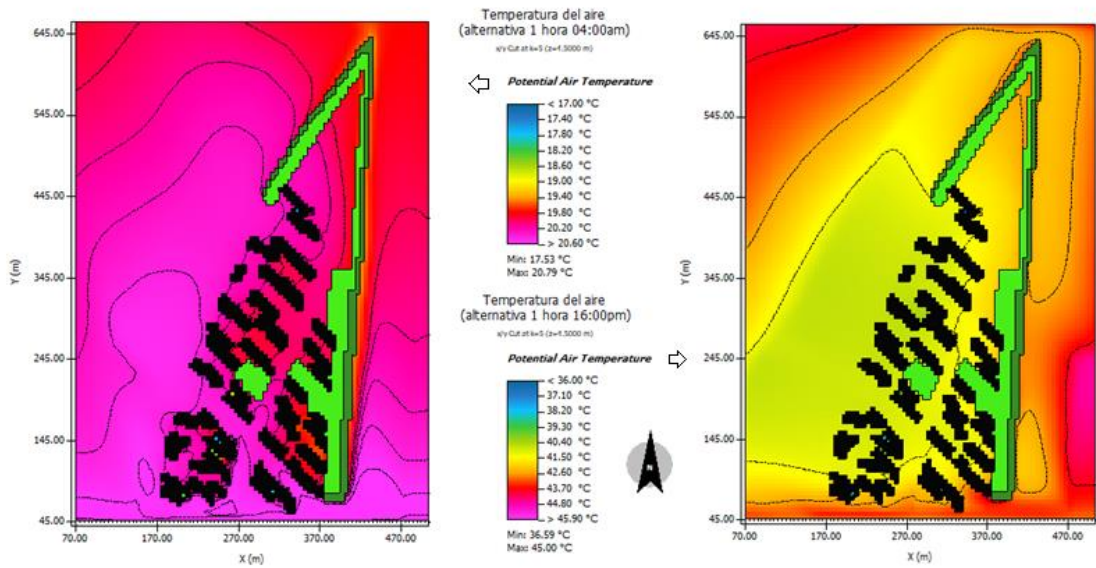
Temperatura del aire (°C): evalúa la distribución de temperatura en relación con la influencia de la disposición del edificio y efectos de sombreado, las propiedades de los materiales utilizados para pavimentar el área y la eventual influencia del viento en partes específicas del área de estudio.

Humedad relativa, HR (%): evalúa el efecto de la humedad relativa y su impacto en la temperatura, combinada con las principales direcciones de ventilación.

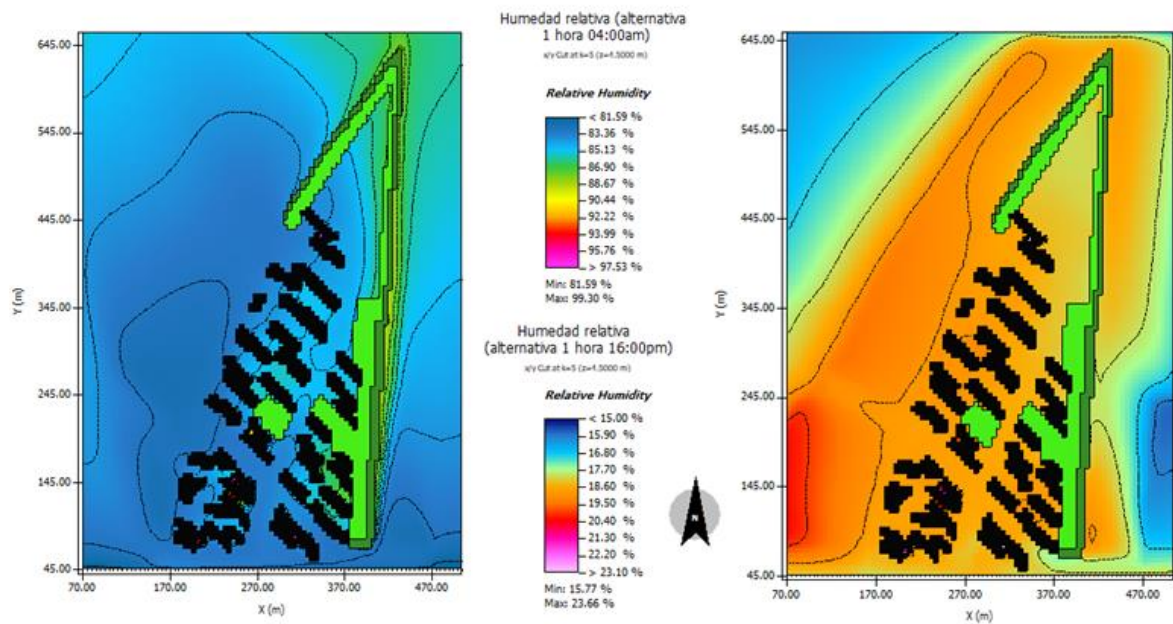
Velocidad del viento o aire (m/s): evalúa la distribución del movimiento del aire.

PROPUESTA 1:

TEMPERATURA POTENCIAL DEL AIRE



HUMEDAD RELATIVA



VELOCIDAD DEL VIENTO

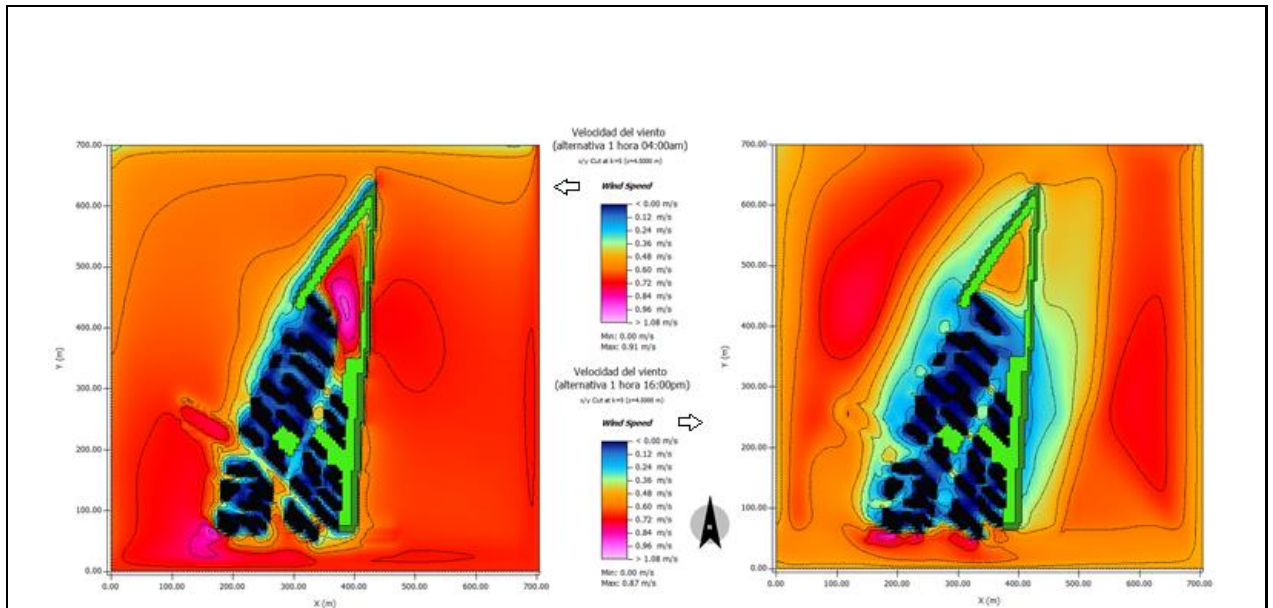
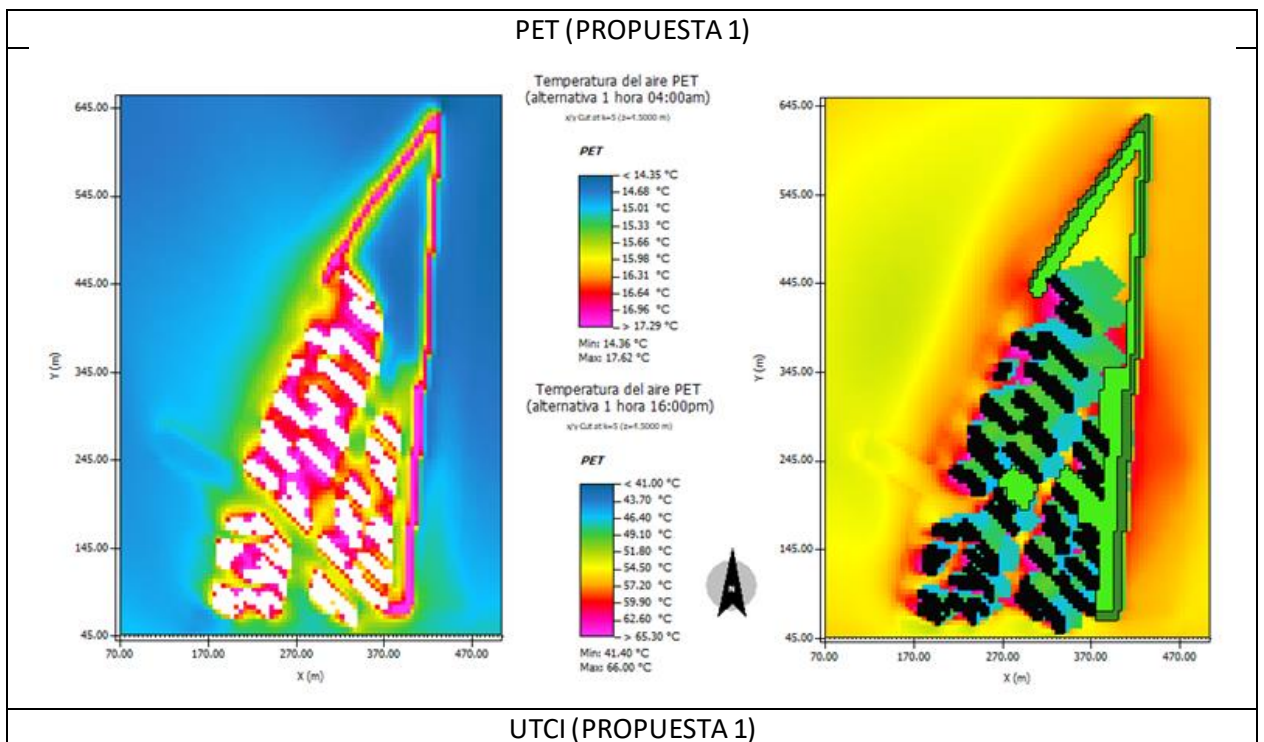


Ilustración 9 Resultados de la simulación alternativa 1. Fuente: leonardo ENVI-met



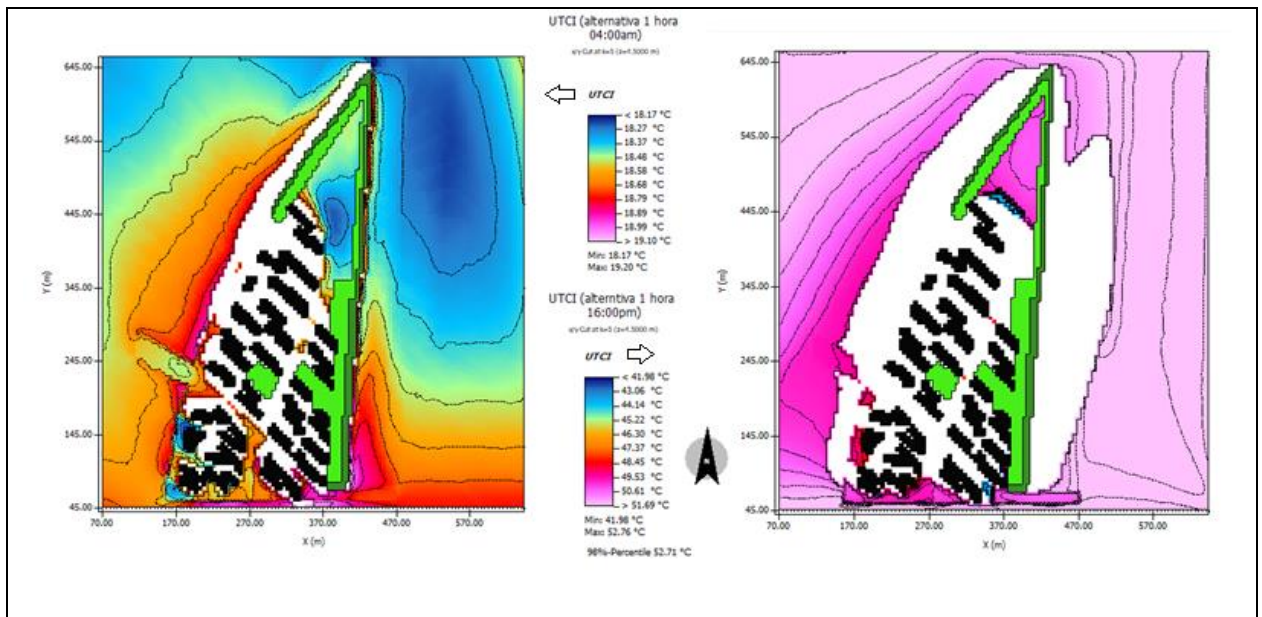
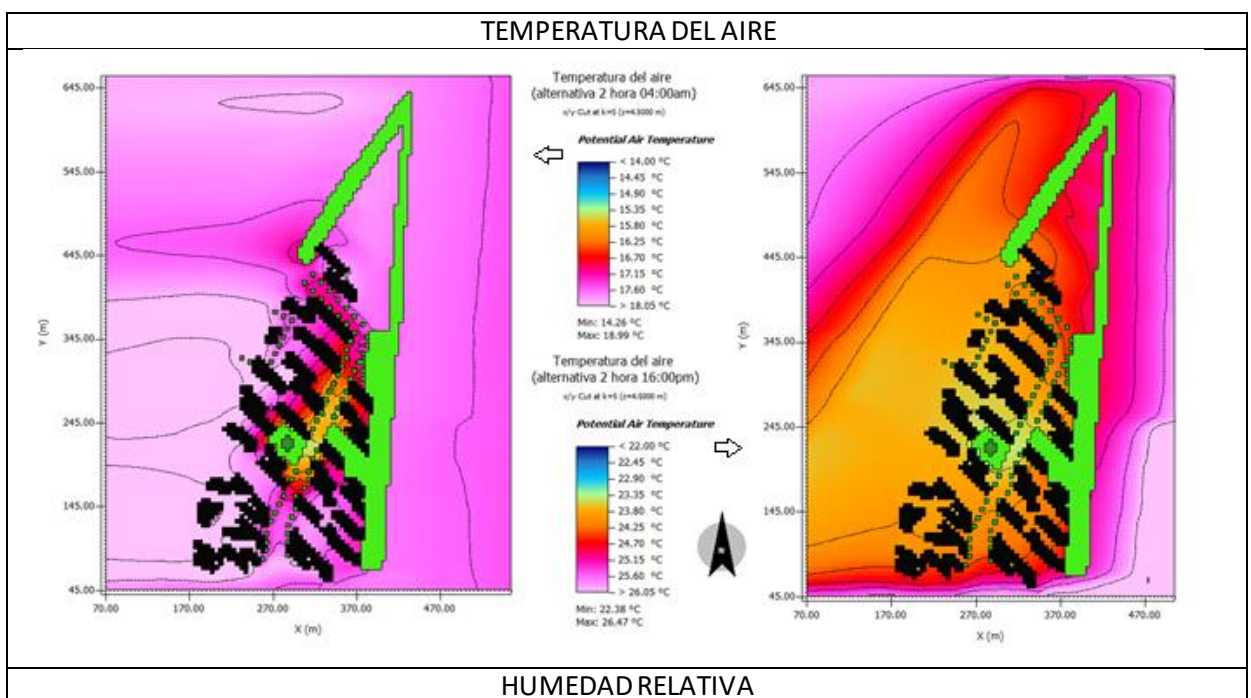
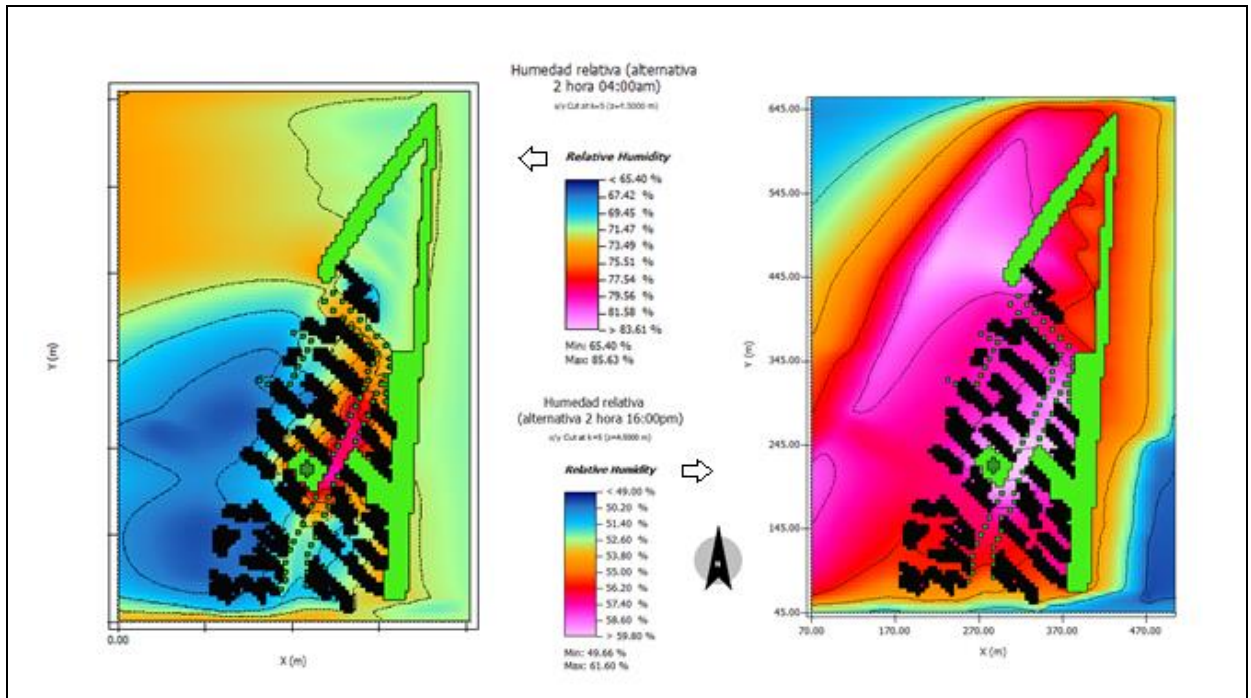


Ilustración 10 Resultados de la simulación alternativa 1 PET-UTCI. Fuente: leonardo ENVI-met

PROPUESTA 2:





VELOCIDAD DEL VIENTO

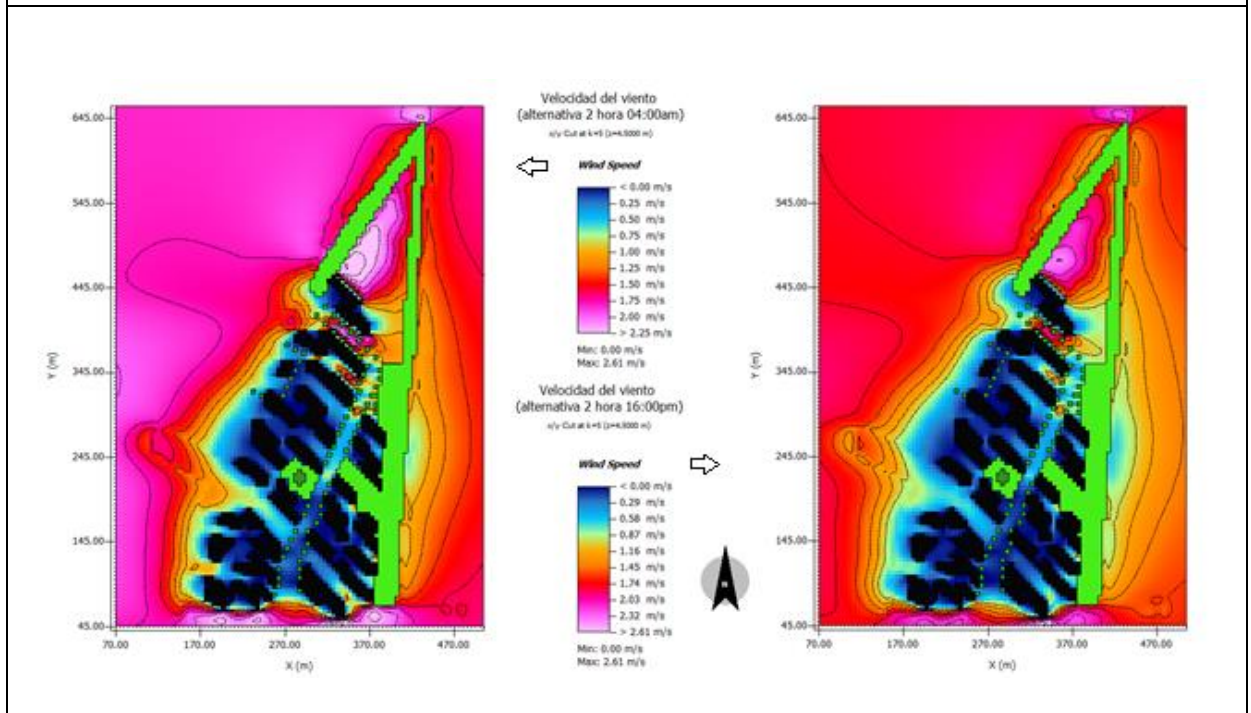


Ilustración 11 Resultados de la simulación alternativa 2. Fuente: leonardo ENVI-met

PET (PROPUESTA 2)

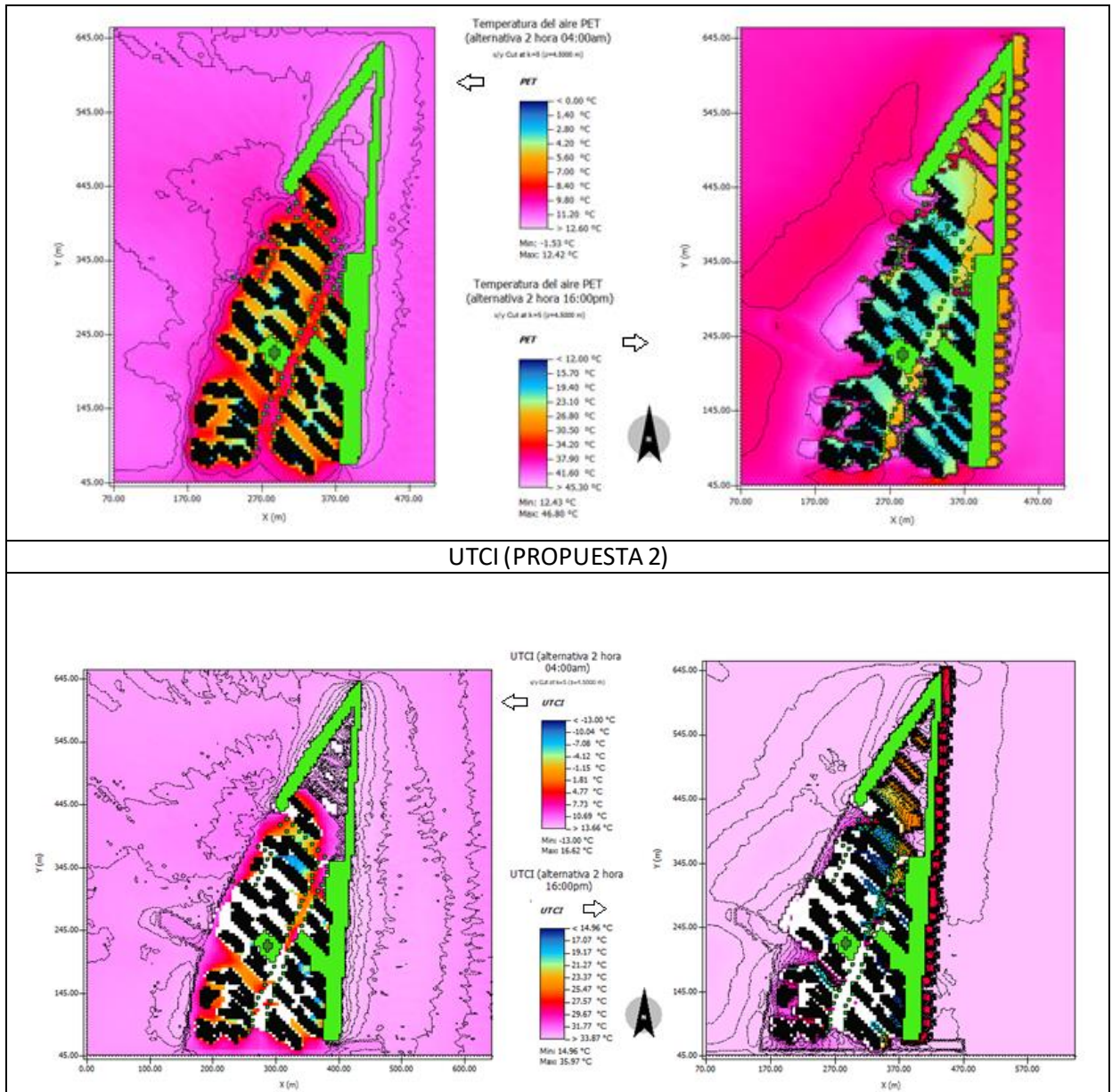
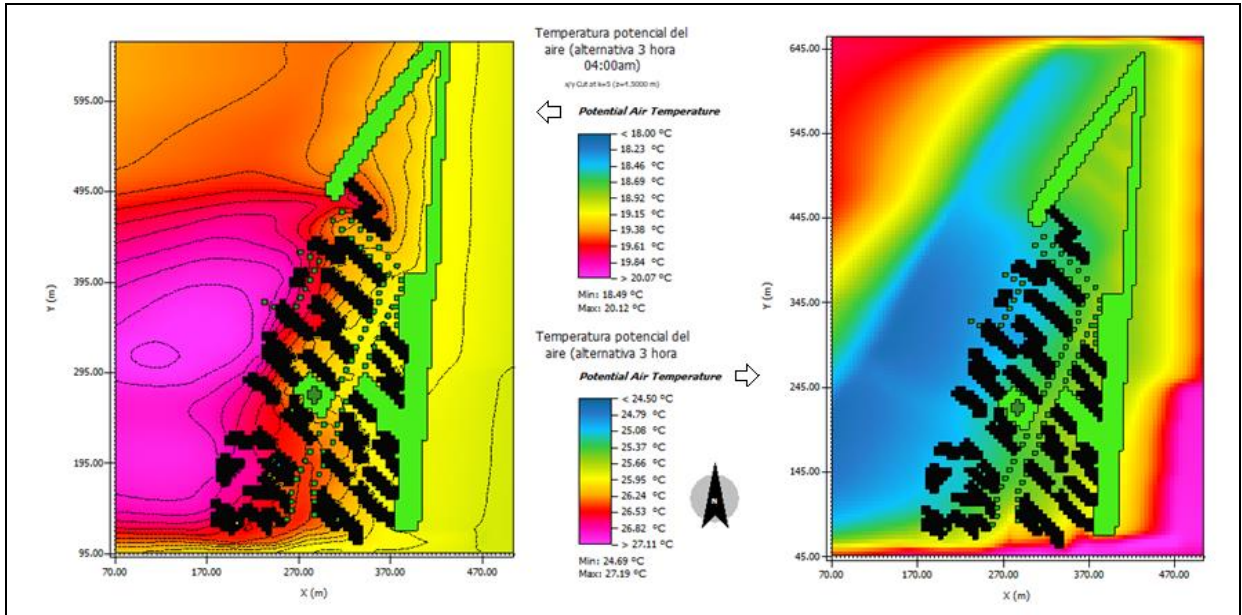


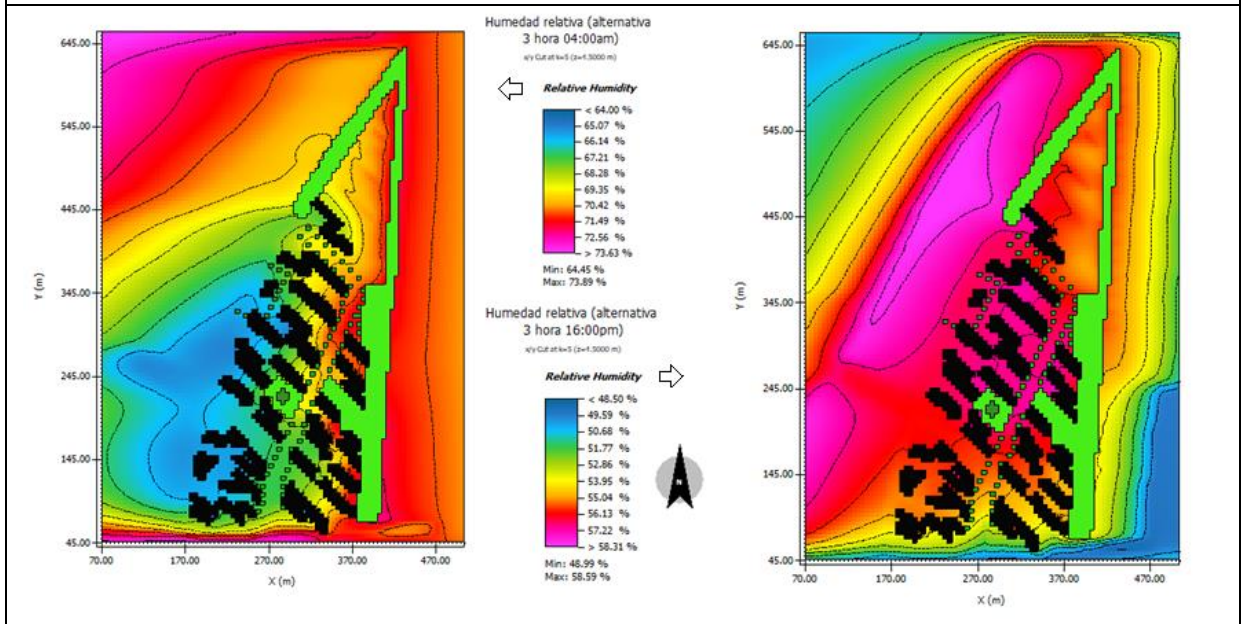
Ilustración 12 Resultados de la simulación alternativa 2 PET-UTCI Fuente: leonardo ENVI-met

PROPUESTA 3:

TEMPERATURA DEL AIRE



HUMEDAD RELATIVA



VELOCIDAD DEL VIENTO

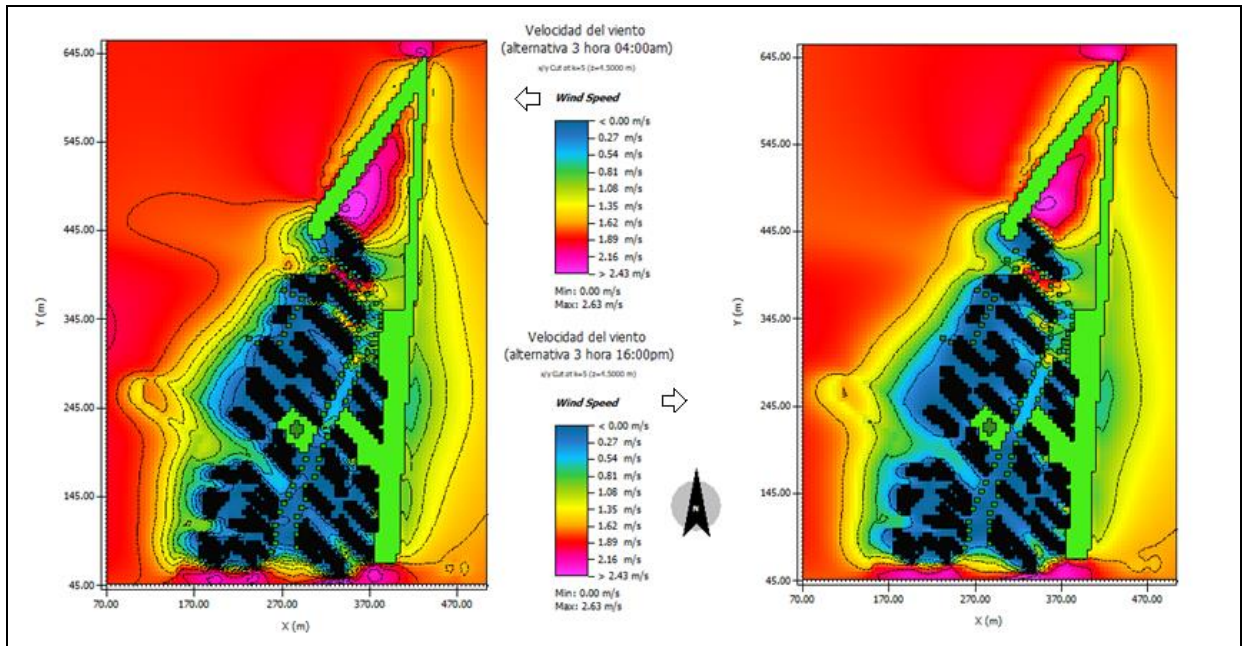
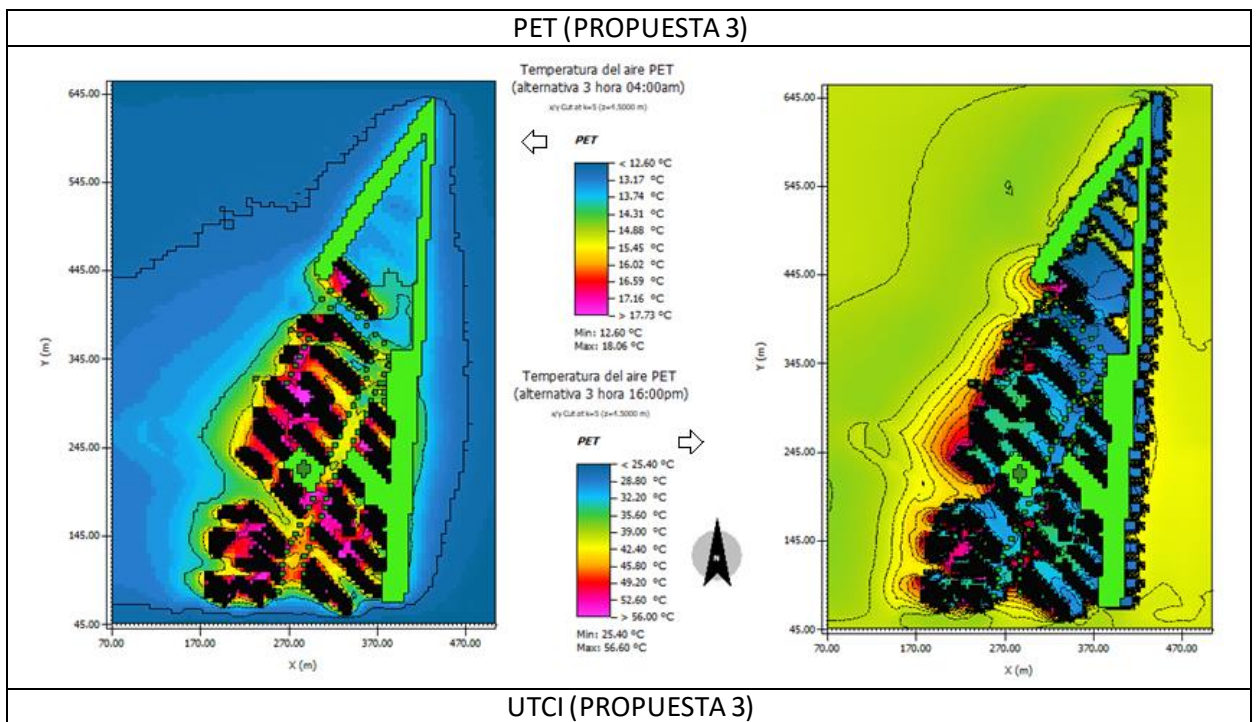


Ilustración 13 Resultados de la simulación alternativa 3. Fuente: leonardo ENVI-met



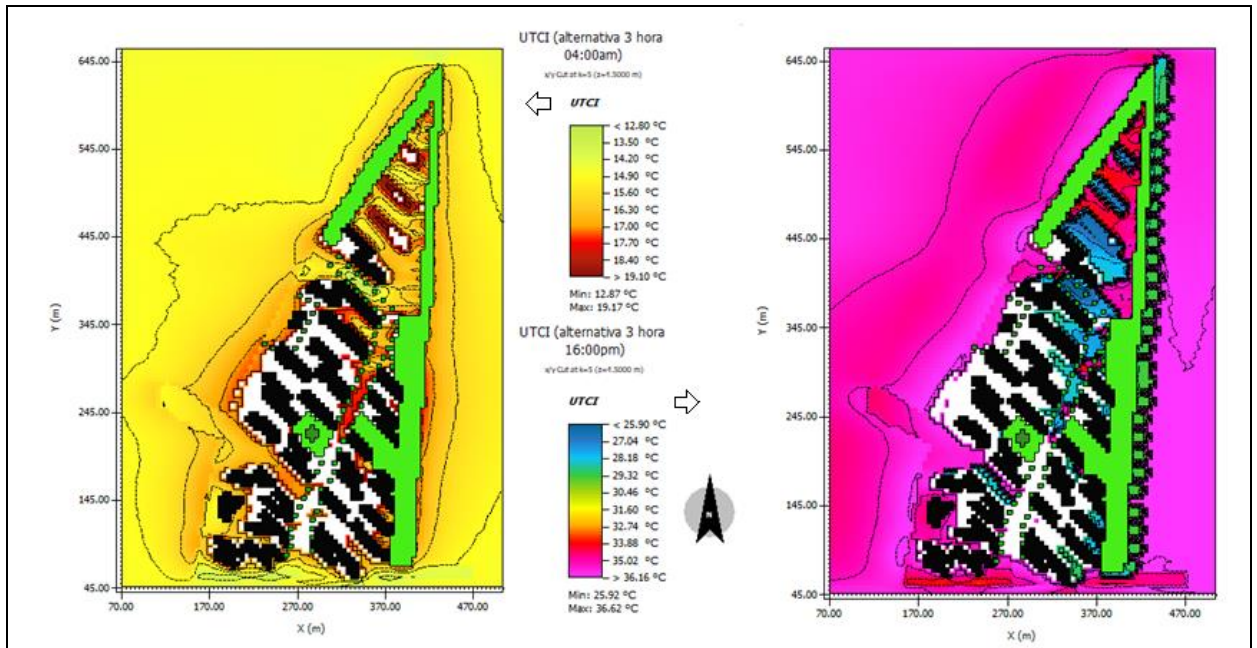


Ilustración 14 Resultados de la simulación alternativa 3 PET-UTCI. Fuente: leonardo ENVI-met

Para su análisis se pondrá atención en los resultados que se generan en el área de la isla ya que lo que se genera cerca del agua o sobre el agua puede ser menos exacto, analizándolo entre alternativas.

En el caso de la temperatura potencial del aire, observando los resultados en la ilustración 9, ilustración 11 e ilustración 13; a las 04:00am, la temperatura mínima en la ilustración 9 se sitúa en el oeste entre los edificios ubicados en el centro, en la ilustración 11 la temperatura mínima se sitúa al este en el centro de la isla cerca del área verde ubicada en el exterior de la isla y el área verde del centro de la isla y en las calles, mientras que en la ilustración 13 la temperatura mínima se sitúa en el este en donde se encuentra la mayor parte de área verde de la isla, la diferencia entre la temperatura máxima y mínima en esta hora va entre los 3°C a 4°C respectivamente.

En el caso de la temperatura potencial del aire a las 16:00pm se observa la mayor temperatura en la ilustración 9 se sitúa a lo largo del este de la isla, en la ilustración 11 la mayor temperatura se sitúa al norte de la isla en el área de la explanada, mientras que en la ilustración 13 la mayor temperatura se sitúa en los extremos de la isla respectivamente al norte y sur, la diferencia entre la temperatura máxima y mínima en esta hora va entre los 9°C a 3°C respectivamente.

En el caso de la humedad relativa los máximos a las 04:00am en la ilustración 9, se sitúan al norte y centro de la isla del lado este, en la ilustración 11, el máximo se sitúa a lo largo de la calle desde la entrada en el puente localizado en el lado oeste y en el centro de la

isla, mientras que en la ilustración 13 el máximo se sitúa al lado este de la isla a lo largo del área verde.

En el caso de la humedad relativa los máximos a las 16:00pm en la ilustración 9, se sitúan al oeste de la isla, en la ilustración 11 el máximo se sitúa en la parte del centro de la isla, mientras que en la ilustración 13 el máximo se sitúa en la parte del centro de la isla que se arremete desde el oeste de la isla.

El viento proviene en la dirección noroeste de la isla por lo que se analiza en la ilustración 9, ilustración 11 e ilustración 13 los mínimos ocurren dentro del entorno edificatorio debido a la gran altura de sus edificaciones y a la orientación de las mismas en ambos casos y en las diferentes horas de análisis, mientras que los máximos ocurren en la explanada.

También se ha considerado el análisis con BIOMET del cual se ha extraído la Temperatura fisiológica equivalente (PET) y el Índice climático térmico universal (UTCI) de cada alternativa.

En el caso de PET, observando los resultados en la ilustración 10 a las 04:00am la temperatura máxima se sitúa en la zona de edificación, en la ilustración 12 la temperatura máxima se sitúa en la punta norte de la isla, teniendo una menor temperatura en la zona de edificación con la presencia de árboles y espacios verdes, mientras que en la ilustración 14 la temperatura máxima se sitúa en la zona de edificación, teniendo una menor temperatura en las calles, explanada de la isla.

En el caso de PET a las 16:00pm en el horario analizado se mantiene una menor temperatura dentro de la zona de edificación con el análisis de un pronóstico del balance energético humano.

En el caso de UTCI, observando los resultados a las 04:00am y 16:00pm en la ilustración 10, ilustración 12, e ilustración 14 la zona de análisis está en blanco no aportando ningún valor, existe una mayor temperatura al norte y sur de la isla, no registrando valores en la zona de edificación, considerando el índice de confort térmico que describe como el cuerpo humano experimenta las condiciones atmosféricas, la temperatura del aire, humedad, viento.

7. CONCLUSIONES

En el presente TFM se analizan alternativas que permitan tener una idea más clara de los materiales que se deberían de emplear para la construcción de la superficie, fachadas y cubiertas de las edificaciones, los espacios verdes dentro del diseño en la expansión urbanística en marcado todo dentro del planteamiento urbano, para poder contrarrestar las olas de calor que en la actualidad arremeten con mayor intensidad.

Esto se debe de tener en cuenta cuando se interviene dentro de una regeneración urbana o nuevos entornos a urbanizar.

La propuesta 2 y 3 en la que se ha considerado materiales de color gris a nivel de pavimento, edificaciones al igual que la colocación de áreas verdes ayudan a reducir drásticamente las temperaturas del aire, de 44° en la propuesta 1 a 25° en la propuesta 2 y 3 comprendido en el análisis de las 4 de la tarde, al dar al entorno un aspecto reverdecido con la colocación de árboles a lo largo de las calles principales como también en fachada y cubierta mantiene una menor temperatura siendo modificadores del clima a través de la sombra, sus hojas reflejan la luz solar reduciendo las temperaturas en zonas peatonales de esta manera se disminuye el impacto de la ola de calor. Logrando con ello mejorar el confort urbano disminuyendo el riesgo y protegiendo a los ciudadanos ante la amenaza que hoy en día se vive a consecuencia del cambio climático.

La humedad relativa dentro del entorno urbano, mantiene un menor porcentaje en la alternativa 1 con un 20% en relación con la propuesta 2 con un 55% y la propuesta 3 con un 57% esto debido a que a mayor temperatura el aire se vuelve más seco por lo que la humedad relativa disminuye, en cambio al disminuir la temperatura el aire se vuelve más húmedo por lo que la humedad relativa aumenta.

La velocidad del viento es un problema que se presenta en nuestro caso de estudio ya que el aire no puede fluir de mejor manera o en su totalidad entre los edificios, debido a su gran altura y el pequeño espacio entre ellos lo que provoca la polución y el calor se concentre en la superficie, por lo que sus calles deben ser amplias al igual que los espacios abiertos, plantando árboles como se lo ha hecho en la propuesta 2 y 3 ayuda claramente a reducir las temperaturas.

El análisis con PET en la hora de análisis de las 4 de la tarde, nos arroja un balance energético humano mayor en la propuesta 1 con una temperatura fisiológicamente equivalente comprendido entre los 46°C a 49°C en la parte del centro de la isla, en cambio en la propuesta 2 y propuesta 3 se tiene una menor temperatura comprendida entre los 20°C a los 28°C.

A día de hoy el considerar un entorno urbano sostenible debe ser el principal eje a tratar a nivel mundial, implementando planes con predicciones y monitorización consecutiva, informando y educando a los ciudadanos, estableciendo mediante leyes, ordenanzas más estrictas un mejor planteamiento urbano.

8. BIBLIOGRAFÍA

Plan especial de Ordenación Urbana de Zorrotzaurre (PEOUZ), 2012, accesible en: <https://www.zorrotzaurre.com/planeamiento/documentacion-completa-del-plan-especial-de-ordenacion-urbana-de-zorrotzaurre/>

Garmendia Arrieta L.; Álvarez Irantzu; Quesada Ganuza L. 2021. Urban heat islands and thermal comfort: The case study of Zorrotzaurre in Bilbao.

Vivas Ziarrusta, Isusko. (2006). La Península de Zorrozaure y el barrio de Olabeaga : un problema urbanístico para Bilbao. Kobie. Antropología cultural, (12), 87-118.

Bröde, Peter, Eduardo Krüger, and Francine Rossi. "ASSESSMENT OF URBAN OUTDOOR THERMAL COMFORT BY THE UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX UTCI," January 1, 2011.

Vivas Ziarrusta, Isusko. (2006). La Península de Zorrozaure y el barrio de Olabeaga: un problema urbanístico para Bilbao. Kobie. Antropología cultural, (12), 87-118.

Vías en concreto contribuyen a mitigar efectos de cambio climático, accesible en: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/vias-en-concreto-mitigan-efectos-de-cambio-climatico>

Historia de Bilbao, accesible en: <https://www.disfrutabilbao.com/historia>

Proyecto Klimatek 2016, Evaluación del impacto de las temperaturas extremas sobre la salud en el País Vasco bajo condiciones de cambio climático, Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda Gobierno Vasco (2016).

Jara Osses F. 2014. Análisis del confort urbano de espacios públicos significativos de concepción aplicados en la diagonal Pedro Aguirre Cerda.

Shah Md. Atiqul, Haq. (2011) Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. Journal of Environmental Protection, accesible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=5881>

Tumini, I., Higuera-García, E. (2012). Alcance y limitaciones de las herramientas de simulación para el estudio del microclima urbano. DYNA Energía y Sostenibilidad. Planificación urbana. Medio urbano. 2: 1-17 DOI, accesible en: <https://www.dyna-energia.com/busqueda-ES/alcances-y-limitaciones-de-herramientas-de-simulacion-para-estudio-del-microclima-urbano>

Bruse, M. (2004). ENVI-met website, accesible en: <https://www.envi-met.com/>