

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



TESIS

**“ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE UNA EDIFICACIÓN
EMPLEANDO HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍA BIM”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

ALER PABLO CUCHO CHAVEZ

ASESOR

Mg. FELIX W. ULLOA VELASQUEZ

LIMA- PERÚ

2018

A Dios

*A mis padres, hermanas, tíos
y a mi novia.*

*A la Universidad Nacional de
Ingeniería.*

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi familia por todo el apoyo brindado durante mi formación universitaria, por sus consejos y esfuerzos realizados para que pueda realizarme como profesional.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, mi alma mater, que durante estos años me brindo una excelente formación académica y a quien espero retribuir con mis aportes a la sociedad; a sus profesores de la Facultad de Ingeniería Civil que guiaron mis estudios.

A mi asesor de tesis Ing. Wilfredo Ulloa, por haberme brindado su disposición y tiempo para corregirme y enseñarme el camino a seguir para desarrollar el presente trabajo.

Al Laboratorio de Diseño y Construcción Virtual, por haberme permitido un espacio para aplicar mi trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
PRÓLOGO	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	16
1.1 ANTECEDENTES	16
1.2 JUSTIFICACIÓN	16
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.4 OBJETIVOS	17
1.5 HIPÓTESIS	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO.....	18
2.2 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	18
2.3 BUILDING INFORMATION MODELING	21
2.3.1 Nivel de Desarrollo Bim (ND).....	23
2.3.2 BIM en el mundo.....	26
2.3.3 El BIM en el Perú.....	28
2.4 GREEN BIM.....	29
2.5 HERRAMIENTAS DE SIMULACION CLIMÁTICA	30
2.6 CONFORT TÉRMICO	31
2.7 CLIMA.....	33
2.7.1 Clasificación climática del Perú	33
2.7.2 Zona desértico marino (LIMA)	34
2.7.3 Reseña histórica de las Edificaciones En Lima.....	35
2.7.4 Radiación solar en Lima	40
2.10 VIENTOS Y LA CIUDAD.	41
2.10.1 Influencia del viento sobre las construcciones	43
2.10.2 Efectos del viento sobre el hombre	45

2.10.3	Efectos de la vegetacion.....	46
2.11	GEOMETRIA SOLAR	47
2.12	RADIACIÓN	50
2.12.1	Antecedentes de radiación en el Perú	51
2.12.2	Criterios de control del proyecto.....	52
2.13	NORMATIVA PERUANA	53

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE EDIFICACIONES.....55

3.1	METODOLOGÍA BIM Y SU ALCANCE CON EL ANALISIS CLIMATICO.....	55
3.1.1	Análisis y conceptualización	56
3.1.2	Diseño.....	57
3.1.3	Construcción	57
3.1.4	Operación y mantenimiento.....	57
3.2	ANALISIS BIOCLIMÁTICO USANDO HERRAMIENTAS BIM	58
3.3	HERRAMIENTAS BIM	59
3.3.1	Autodesk Ecotec Analisis	59
3.3.2	Autodesk Flow Design	60
3.3.3	Autodesk Vasari.....	61
3.4	SIMULACIONES BIM	62
3.4.1	Clima.....	62
3.4.2	Análisis de Radiación	64
3.4.3	Análisis de viento	65
3.4.4	Análisis de sombras.....	67
3.4.5	Análisis de iluminación	69
3.4.6	Análisis de insolación	73
3.4.7	Análisis de térmico.....	75

CAPÍTULO IV: CASO DE APLICACIÓN DEL ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE UNA EDIFICACIÓN80

4.1	PROYECTO CIIFIC	80
4.1.1	Ubicación	81
4.2	DESARROLLO DEL MODELO BIM	81
4.3	ANÁLISIS SOLAR	85
4.3.1	Medición de las sombras del ciific.....	88
4.4	ANÁLISIS DE VIENTO	90

4.4.1	Rosa de viento de Autodesk.....	90
4.4.2	Efecto venturi.....	92
4.4.3	Vegetación de la zona.....	96
4.4.4	Medición de campo.....	99
4.5	ANÁLISIS DE RADIACIÓN.....	101
4.5.1	Impacto de radiación en el proyecto.....	102
4.6	SALA DE ESTUDIO.....	107
4.7	ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN NATURAL.....	108
4.7.1	Medición de iluminación natural.....	112
4.8	ANÁLISIS DE INSOLACIÓN.....	115
4.8.1	Aplicación de protección solar.....	117
4.9	ANÁLISIS TÉRMICO.....	121
4.10	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS VIRTUAL.....	128
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		132
5.1	CONCLUSIONES.....	132
5.2	RECOMENDACIONES.....	133
BIBLIOGRAFÍA.....		135

RESUMEN

La metodología BIM (Building Information Modeling) tiene un amplio desarrollo del diseño y la construcción, la metodología abarca todas las etapas del proyecto. Las primeras ideas de un proyecto de edificación son las importantes en su ciclo de vida. El grado de confort, el impacto ambiental y la sostenibilidad son ideas que se aplican de mejor manera al inicio de un proyecto y que la metodología BIM está incursionando en estos últimos años. Una de las utilidades de la metodología BIM es el entendimiento del diseño y la construcción a través de modelos 3D, esto puede ayudar en las primeras etapas de un diseño, donde se practican los conceptos bioclimáticos que normalmente influyen en el confort de los usuarios de la edificación. Un primer paso de la metodología BIM para ese aspecto sería utilizar los modelos 3D para ensayar los conceptos bioclimáticos que percibe el proyecto. En el Perú los criterios de diseño bioclimático aún no se apoyan en herramientas BIM que ayuden a automatizar el proceso de análisis conceptual de un proyecto. Sin embargo se considera que las primeras decisiones se deben apoyar en herramientas tecnológicas que podrían colaborar mediante simulaciones de las condiciones externas o internas que afronta un proyecto. Analizar el viento, iluminación y radiación como parte de un proceso BIM ayudará a comprender el comportamiento climático sobre la edificación. El edificio Centro de Información e Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI (CIIFIC) ha servido para la aplicación de análisis solar, viento, radiación y de confort usando herramientas BIM. Se efectuó un análisis completo de las condiciones climáticas que nos podrán ayudar a tener un mejor desempeño de la edificación y proponer nuevas estrategias de sostenibilidad. Se partió de un modelo BIM de la edificación, del cual se evaluaron sus condiciones externas, según su volumetría y forma, también se analizó internamente. En presente tesis se mostrará la importancia de estos análisis para poder ser capaces de crear edificios con las mejores condiciones económicas y sociales, pero al mismo tiempo pensando en el entorno que nos rodea y en cómo gestionar los proyectos de edificación con eficacia, eficiencia y sostenibilidad.

ABSTRACT

The BIM (Building Information Modeling) methodology has a wide development of design and construction, the methodology covers all stages of the project. The first ideas of a building project are important in its life cycle. The degree of comfort, environmental impact and sustainability are ideas that are best applied at the beginning of a project and that the BIM methodology is entering in recent years. One of the benefits of the BIM methodology is the understanding of design and construction through 3D models, it can help in the early stages of a design, where climatic concepts are practiced that normally influence the comfort of users of the Building. A first step in the BIM methodology for that aspect is the use of 3D models to test the climate concepts perceived by the project. In Peru, climate design criteria are not yet supported by BIM tools that help automate the process of conceptual analysis of a project. However, the first decisions are considered that are compatible with the technological tools that collaborate by means of simulations of the external or internal conditions that affect a project. Analyzing wind, lighting and radiation as part of a BIM process will help understand climate behavior on building. The Building Information and Research Center of the Faculty of Civil Engineering of UNI (CIIFIC) has served for the project of solar, wind, radiation and comfort analysis. A complete analysis of the climatic conditions was done that helped us to have a better performance of the promotion and to propose new strategies of sustainability. It was based on a BIM model of the building, from which its external conditions were evaluated, according to its volume and shape, also analyzed internally. This thesis will show the importance of these analyzes for the power of buildings with the best economic and social conditions, but at the same time thinking about the environment that surrounds them and how to manage building projects with efficiency, efficiency and sustainability.

PRÓLOGO

La tesis presenta el análisis bioclimático de una edificación usando herramientas BIM que deben tenerse en cuenta en la etapa de diseño, en donde se determina las formas y primeras ideas para esta.

La presente experiencia inicia con un estudio nuevo de análisis del viento, iluminación y radiación la cual se realizará usando las herramientas de modelamiento virtual existentes. El tema desarrollado tiene relevancia en la actualidad por el interés en los temas de sostenibilidad en las edificaciones con lo cual se lograría el confort de las personas.

La aplicación de las herramientas de análisis climático se empleó en la edificación del Centro de Información e Investigación (CIIFIC), que también fue objeto de modelamiento virtual para su etapa constructiva.

ASESOR

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2. 1: Zona Bioclimática del Perú.....	53
Tabla N° 3. 1: Iluminación del cielo en Zonas Bioclimática del Perú.....	70
Tabla N° 3. 2: Cuadro de iluminación mínima.....	71
Tabla N° 4. 1: Velocidades de viento de la estación meteorológica del campo de marte.....	94
Tabla N° 4. 2: Velocidades de viento de la estación meteorológica del campo de marte modificadas a una altura de 1.8 m.	95
Tabla N° 4. 3: Velocidades de entrada.....	96
Tabla N° 4. 4: Velocidades de Salida	96
Tabla N° 4. 5: Velocidades de entrada.....	98
Tabla N° 4. 6: Velocidades de salida	98
Tabla N° 4. 7: Mediciones de viento en Julio 2016	100
Tabla N° 4. 8: Radiación solar promedio diario para Lima.....	104
Tabla N° 4. 9: Control de iluminación de sala de estudios.....	114
Tabla N° 4. 10: Análisis de insolaciones los puntos seleccionados.....	116
Tabla N° 4. 11: Análisis de insolaciones a los puntos seleccionados con cortasol.	120
Tabla N° 4. 12: Temperaturas en día frío.....	126
Tabla N° 4. 13: Temperaturas en día caluroso.	126
Tabla N° 4. 14: Tabla de zonas bienestar térmico.....	127
Tabla N° 4. 15: Tabla de simulaciones según el nivel de detalle.....	130
Tabla N° 4. 16: Tabla de resumen de resultados del CIIFIC	131
Tabla N° 4. 17: Tabla de resumen de resultados de ambientes.....	131

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 2. 1: Elementos climáticos que afectan a una edificación	18
Figura N° 2. 2 Arquitectura Bioclimatica para el control solar.....	19
Figura N° 2. 3 Ciclo de vida de una edificación.....	21
Figura N° 2. 4: BIM vs 2D CAD	22
Figura N° 2. 5 Nivel de Detalle 100.	23
Figura N° 2. 6 Nivel de Desarrollo 200.....	24
Figura N° 2. 7 Nivel de Desarrollo 300.....	25
Figura N° 2. 8 Nivel de Desarrollo 400.....	25
Figura N° 2. 9: Nivel de Desarrollo 500	26
Figura N° 2. 10: Interés de Búsqueda en Google	27
Figura N° 2. 11: Estudio de Mercado BIM proyectado al 2020	28
Figura N° 2. 12: Pirámide conceptual BIM	30
Figura N° 2. 13: Aplicación del simulador para el análisis de radiación.	31
Figura N° 2. 14: Mapa de la clasificacion climatica del Peru	33
Figura N° 2. 15: Playa Roja, Costa desértica de Ica-Perú	35
Figura N° 2. 16: Edificaciones históricas en Lima	38
Figura N° 2. 17: Edificaciones en San Isidro.....	38
Figura N° 2. 18: Promedio anual global de potencia en radiación solar.	40
Figura N° 2. 19: Radiación solar directa (kwh/m2/día).....	41
Figura N° 2. 20: Efecto del viento en edificaciones en hilera.....	42
Figura N° 2. 21: Efecto del viento en edificaciones en forma cuadrada	43
Figura N° 2. 22: Efecto Esquina	43
Figura N° 2. 23: Efecto Venturi.....	44
Figura N° 2. 24: Efecto Pilotes	44
Figura N° 2. 25: Efecto Rodillo	45
Figura N° 2. 26: Comportamiento del viento con la vegetación	46
Figura N° 2. 27: Elíptica de traslación y las estaciones.	48
Figura N° 2. 28: Elíptica de traslación y las estaciones.	49
Figura N°3. 1: Ciclo de Inversión en un proyecto de edificación.....	56
Figura N°3. 2: Modelo Simple de simulación térmica- CIFE	58
Figura N°3. 3: Interface Autodesk Ecotect	59
Figura N°3. 4: Interface Autodesk Flow Design	60
Figura N°3. 5: Interface Autodesk Project Vasari.....	61
Figura N°3. 6: Energy Plus Website.....	62
Figura N°3. 7: Interface Meteonorm	63
Figura N°3. 8: Weather Tool.....	64
Figura N°3. 9: Tipos de “GRID” o rejillas de analisis.....	64

Figura N°3. 10: Impacto de la radiación sobre la volumetría	65
Figura N°3. 11: Vista en planta sobre Impacto del viento en los volúmenes.....	66
Figura N°3. 12: Imagen satelital FIC-UNI.....	67
Figura N°3. 13 : Movimiento Aparente solar	68
Figura N°3. 14: Localización de lugar en Autodesk Ecotect	69
Figura N°3. 15: Comparación de la calidad de modelado con Ecotec y Autodesk Revit 71	
Figura N°3. 16: Análisis de iluminación de ambiente con 2 ventanas	72
Figura N°3. 17: Análisis de iluminación de ambiente con 4 ventanas	73
Figura N°3. 18: Resumen de solar access analysis.....	74
Figura N°3. 19: Análisis de radiación para las ventanas.....	74
Figura N°3. 20: Resultados del analisis de radiacion.....	75
Figura N°3. 21: Promedio de temperatura durante un año.	76
Figura N°3. 22: Materiales de un muro de una Zona térmica.	77
Figura N°3. 23: Zona térmica para el análisis.	78
Figura N°3. 24: Cuadro de temperatura de la Zona térmica para la tabiquería	78
Figura N°3. 25: Cuadro de temperatura de la Zona térmica para vidrio.	79
Figura N°4. 1: Modelo del CIIFIC	80
Figura N°4. 2: Ubicación del proyecto	81
Figura N°4. 3: Modelo BIM- CIIFIC	82
Figura N°4. 4: Cimentación del CIIFIC	82
Figura N°4. 5: Modelo BIM de aislador del CIIFIC	83
Figura N°4. 6: Modelo BIM del CIIFIC.....	83
Figura N°4. 7: Modelos de sistema sanitario del CII-FIC	84
Figura N°4. 8: Vista perspectiva del M.A.S.	85
Figura N°4. 9: Proyección de sombras de 8:00 am -6:00 pm para días de verano.	85
Figura N°4. 10: Proyección de sombras de 8:00 am -6:00 pm para un días de invierno. 86	
Figura N°4. 11: Proyección de sombras para un día verano con las estructuras vecinas del CIIFIC.....	86
Figura N°4. 12: Perspectiva 3D del entorno del CIIFIC	87
Figura N°4. 13: Sala de estudios (4to piso del pabellón G-5). Fecha 18/10/14 - 4.00 p.m.	88
Figura N°4. 14: Sala de estudios (4to piso del pabellón G-5). Fecha 18/10/14 - 3.00 p.m.	88
Figura N°4. 15: Sala de estudios (4to piso del pabellón G-5). Fecha 18/10/16 - 4.00 p.m.	89
Figura N°4. 16: Sala de estudios (4to piso del pabellón G-5). Fecha 18/02/16 - 3.00 p.m.	89
Figura N°4. 17: Rosa de Vientos de Autodesk.....	90
Figura N°4. 18: Vientos predominantes en cuenca atmosférica de Lima Metropolitana. .91	

Figura N°4. 19: Estadística de la dirección del viento para el año 2016, Aeropuerto Jorge Chávez.....	92
Figura N°4. 20: Efecto Venturi.....	92
Figura N°4. 21: Simulación de viento del CIIFIC.....	93
Figura N°4. 22: Simulación de viento del CIIFIC.....	93
Figura N°4. 23: Esquema de dirección de velocidades.	94
Figura N°4. 24: Control de velocidades.....	96
Figura N°4. 25 Modelación de la vegetación.....	97
Figura N°4. 26: Vientos esquivando las masas conceptuales.	97
Figura N°4. 27: Simulación túnel de viento.	98
Figura N°4. 28: Anemómetro-termómetro digital GM816-30m/s (65MPH)-BENETECH. .	99
Figura N°4. 29: Simulación túnel de viento.	99
Figura N°4. 30: Planta de zona analizada.....	100
Figura N°4. 31: Ubicación del Pabellón G-5.....	101
Figura N°4. 32: Perspectiva del pabellón G-5 el año 2015.....	101
Figura N°4. 33: Sala de estudios del pabellón G-5 el año 2015.	102
Figura N°4. 34: Energía solar incidente diaria, promedio anual.....	103
Figura N°4. 35: Simulación del promedio anual de la radiación solar en los techos de la FIC-UNI.....	105
Figura N°4. 36: Análisis de energía solar sobre la fachada Oeste del pabellón G-5 sin el CIIFIC.	105
Figura N°4. 37: Perspectiva del pabellón G-5 en el año 2017.	106
Figura N°4. 38: Análisis de energía solar sobre la fachada Oeste del pabellón G-5 con el CIIFIC.	106
Figura N°4. 39: Sala de estudios, piso 2.	107
Figura N°4. 40: Sala de estudios, piso 3.....	107
Figura N°4. 41: Corte 3D del modelo BIM en el Nivel 2 y 3.	108
Figura N°4. 42: Análisis de iluminación nivel 2	108
Figura N°4. 43: Análisis de iluminación nivel 3	109
Figura N°4. 44: Análisis de iluminación, Corte A -A.....	109
Figura N°4. 45: Zona de bajos valores de FDL (poca iluminación) entre la sala de estudio y oficinas del 2do nivel.	110
Figura N°4. 46: Zona de bajos valores de FDL (poca iluminación) entre la sala de estudio y oficinas del 2do nivel con ventana compartida.....	111
Figura N°4. 47: Luxómetro (mide intensidad de luz) 20000 Lux Prasek Pr-382.....	112
Figura N°4. 48: Medición de campo de iluminación.....	113
Figura N°4. 49: Modelo y metrado obtenido de la medición de la luz interna.....	113
Figura N°4. 50: Consumo energético diario en un hogar.....	115
Figura N°4. 51: Ubicación de la zona más radiación solar interna del CIIFIC.....	115

Figura N°4. 52: Análisis de insolación las 6 cuadrículas seleccionadas.....	116
Figura N°4. 53: Promedio de radiación solar en Lima	117
Figura N°4. 54: Horas de Sol en Lima.....	118
Figura N°4. 55: Proyección cilíndrica solar	118
Figura N°4. 56: Plano de Piso 2.	119
Figura N°4. 57: Corte de detalle de cortasol	119
Figura N°4. 58: Análisis de insolaciones de las cuadrículas seleccionadas con cortasol.	120
Figura N°4. 59 Promedio de temperaturas mensual en Lima.	121
Figura N°4. 60: Modelo analítico de análisis térmico	122
Figura N°4. 61: Propiedades de materiales. Autodesk Ecotect	123
Figura N°4.62: Día caluroso promedio. Autodek Ecotect.....	124
Figura N°4.63: Día frío promedio.....	125
Figura N°4.64: ND- 100 DEL CIIFIC	128
Figura N°4.65: Herramientas de diseño	129
Figura N°4.66: "ND-200" del CIIFIC	129
Figura N°4.67: Modelo específico de análisis climático	130

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

3D:	Tres Dimensiones del Espacio
FLD:	Factor de Luz diurna
CIIFIC:	Centro de Información e Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil
BIM:	Building Information Modeling
CAD:	Computer-Aided Design
CAPECO:	Cámara Peruana de Construcción
CIFE:	Center for Integrated Facility Engineering
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
MAS:	Movimiento Aparente del Sol
M2:	Metros Cuadrados
M3:	Metros Cúbicos
ND:	Nivel de Detalle
VDC:	Virtual Design and Construction
RNE:	Reglamento Nacional de Edificaciones.

INTRODUCCIÓN

La metodología BIM (Building Information Modeling) no solo se aplica al diseño y la construcción si no, empieza desde la planificación, el diseño y construcción del mismo hasta la operación y mantenimiento de un proyecto. Los edificios, de forma individual o colectiva, tienen impactos ambientales, económicos y sociales que se producen en todas las etapas del ciclo de vida de múltiples maneras y en las escalas local, regional y global. En las primeras decisiones de un proyecto se potencializa el alcance de los objetivos trazados para un proyecto teniendo sus beneficios en la vida del edificio. El grado de confort, el impacto ambiental y la sostenibilidad son aspectos que la metodología BIM está incursionando estos últimos años. Para un país donde se ha centralizado la energía, y no se aprovecha las condiciones climáticas para lograr el confort, los sistemas de acondicionamientos artificiales han reemplazado las técnicas de climatización natural. Si se apunta a un mayor grado de sostenibilidad energética y mitigación de su impacto en el medio ambiente, es necesario mejorar la manera en que la industria concibe sus edificios. Las herramientas de datos y visualización disponibles dentro de las herramientas BIM pueden ayudar a entender mejor los conceptos climáticos de la edificación. La construcción Bioclimática, busca la correcta interrelación entre la naturaleza y el hábitat construido, creando edificios y viviendas que respeten el medio ambiente y a la vez resulten confortables para sus habitantes. En la actualidad nacional los criterios de diseño climático aún no se apoyan en herramientas BIM que ayuden a automatizar el proceso de análisis conceptual de un proyecto.

El presente trabajo consta de seis capítulos cuyo contenido sintético es el siguiente:

Capítulo I: Generalidades

Se analiza el estado de arte conduciendo a identificar las principales características y carencias de la construcción, realizando una justificación de la problemática y planteando un propósito de la investigación.

Capítulo II: Marco Teórico

Consta de un marco teórico con definiciones tomadas de la literatura que servirán de base para la investigación en donde se exponen: Análisis bioclimático, Building Information Modeling, Green BIM, Simulación Climática, Clima, Clima en Lima.

Capítulo III: Metodología BIM para el análisis bioclimático de edificaciones

Se explicara el proceso de modelado 3D, las características y desafíos que presenta dicho proceso, así como un resumen de los principales software que existen en el mercado para el desarrollo de análisis bioclimático mediante la metodología BIM, finalmente se desarrollará las principales características del proyecto estudiado.

Capítulo IV: Caso de aplicación del análisis bioclimático de una edificación-CIIFIC

En este capítulo se explicara la experiencia que se realizó con el modelo 3D, bajo ejemplos del desarrollo. Se da a conocer en resumen los resultados obtenidos que presentan la implementación de la metodología de trabajo, los principales obstáculos y soluciones para su desarrollo.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

Se presentan las conclusiones finales a las que ha llegado la investigación así como las recomendaciones al momento de aplicar esta metodología.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

BIM es el acrónimo en inglés de Building Information Model o Modelado de la Información para la Construcción. BIM es una metodología de trabajo con la que se ha desarrollado nuevas experiencias en la industria de la construcción. Pero esta metodología no solo se aplica al diseño y la construcción si no, también puede empezar desde la planificación del mismo hasta la operación y mantenimiento de un proyecto. El grado de confort y la sostenibilidad son conceptos que la metodología BIM está incursionando en estos últimos años.

El país y sobre todo la ciudad de Lima está viviendo un crecimiento en el sector construcción que involucra el desarrollo de edificaciones, en algunos casos con una dependencia de aspectos tecnológicos como son los sistemas de climatización artificial, todo con el fin de proveer bienestar al usuario. En el mundo desde la antigüedad se han creado ambientes con bienestar lumínico y térmico, los primeros habitantes simplemente buscaban estar protegidos de las condiciones climáticas del lugar, había una lógica respecto del clima que se utilizaba como idea fundamental para el diseño y eso permitía una relación armoniosa del hábitat construido con el hábitat natural. Todas las culturas ancestrales manejaron de forma adecuada la integración al medio donde se encontraban, la geografía, las condiciones del clima local, los posibles materiales que existían en el lugar para hacer sus construcciones, el conocimiento del movimiento aparente del Sol, de las estrellas y de la Luna. Siempre ha existido una relación esencial del hombre, sus viviendas y el Sol.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Las edificaciones, de forma individual o colectiva, tienen impactos ambientales, económicos y sociales que se producen en todas las etapas del ciclo de su vida de múltiples maneras y en diferentes escalas. La construcción en el país atraviesa un crecimiento de uso de herramientas virtuales, donde la metodología BIM aparece como una forma para obtener mejores resultados en la construcción. Se debe involucrar los modelos BIM desde el diseño de la

edificación para obtener menores pérdidas en las siguientes etapas de un proyecto.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en la etapa del diseño existe limitaciones para desarrollar proyectos bioclimáticos, la falta de herramientas de coordinación y de visualización contribuyen a esta limitación. Por tal motivo el proceso de diseño bioclimático actualmente en el medio de Lima se encuentra desligado de los procesos del ciclo de vida de una edificación. Las grandes edificaciones actualmente usan sistemas de climatización artificial y esto eleva el costo de mantenimiento de ellas. El clima de Lima no es severo como en otras partes del mundo donde tienen climas extremos, esto hace pensar incluir técnicas de climatización natural para poder obtener ahorro energético en el diseño de las edificaciones. El análisis bioclimático propone crear información que sea útil para el diseño y así mejorar el ciclo de vida de una edificación.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo Principal

Realizar un análisis bioclimático de una nueva edificación en Lima para lograr el confort, empleando las herramientas y metodología BIM.

Objetivos Específicos

- Evaluar los factores bioclimáticos en la zona externa de la edificación.
- Evaluar internamente en la sala de estudios los factores bioclimáticos de la edificación.

1.5 HIPÓTESIS

El empleo de la metodología BIM y sus herramientas mejorará el proceso de diseño bioclimático de las edificaciones en Lima.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

Es el estudio de las condiciones climáticas de una edificación. Corresponde a la relación del análisis de las condiciones del tiempo y cómo éstas interactúan con la arquitectura, buscando optimizar la respuesta por la forma volumen y materiales de la envolvente. Las condiciones climáticas son gran importancia para el diseño arquitectónico y pueden ordenarse siguiendo una secuencia de causa y efecto. Entre estas se tiene: el sol, la temperatura, la humedad, el viento, las precipitaciones, la radiación de onda larga y la presión atmosférica. El estudio y análisis previo de estos elementos resulta fundamental para el diseño bioclimático, puesto que sirve para generar planteamientos capaces de resolver problemas de acondicionamiento ambiental de las viviendas o de otras edificaciones. Su conocimiento proporciona las características generales del sitio donde se situará el proyecto. Así mismo, permite establecer las características de la edificación en función de responder positivamente al medio ambiente y prever el posible comportamiento de la misma.

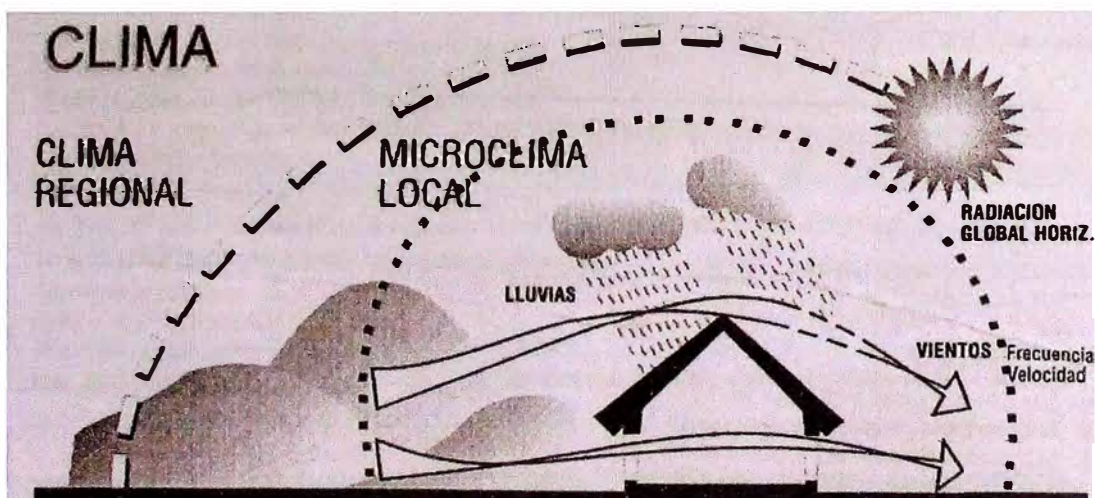


Figura N° 2. 1: Elementos climáticos que afectan a una edificación

Fuente: Curso de Equilibrio termico. FAUA-UNI

2.2 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Es aquella arquitectura que se diseña para aprovechar el clima y las condiciones del entorno con el fin de conseguir una situación de confort térmico en su interior.

Considera el diseño y los elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos, aunque ello implica que no se pueda compatibilizar.

La crisis energética que en la actualidad afrontamos ha ocasionado una infinidad de investigaciones a partir del uso de la energía solar. La idea de concepción bioclimática incluye forzosamente la utilización de las aportaciones solares, pero no se reduce estrictamente a eso. Es ante todo una especie de compromiso cuyas bases son un programa de arquitectura, un paraje, una cultura, unos materiales locales, cierta noción del bienestar y de abrigo, y cuya síntesis es la envoltura habitable.



Figura N° 2. 2 Arquitectura Bioclimática para el control solar.

Fuente: Diplomado. "Arquitectura Bioclimática" .URP

Esta arquitectura tiene por objeto la consecución de un gran nivel de confort térmico mediante: la adecuación del diseño (interposición de elementos que constituyen la envolvente como muros, techos y pisos), la geometría, la orientación y la construcción de edificios a las condiciones climáticas de su entorno. Se trata, pues de una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y con él la contaminación ambiental. Permite establecer un clima interior cercano a las condiciones de confort, sin intervención de medios auxiliares mecánicos. Esto se logra con una correcta interpretación de las condiciones de tres sistemas: el clima, el confort humano y el hábitat, a través de la forma, materia y energía.

La arquitectura bioclimática utiliza como elemento de control térmico el propio diseño arquitectónico, estos elementos son:

- Orientación, protección solar
- Proporción de los vanos acristalados.
- Materiales apropiados.
- Soluciones constructivas estudiadas.

La edificación por si se comporta como una gran máquina que capta energía gratuita, energías renovables y no contaminantes, la reserva y por último la distribuye.

La arquitectura bioclimática tiene como principal dificultad el hecho de que un mismo edificio tiene que dar respuesta integral al acondicionamiento hidrotérmico, es decir, e tanto en condiciones de invierno como en verano.

Cualquier edificios puede, aplicando técnicas bioclimáticas, alcanzar un ahorro de energía convencional sin sobre costo en el precio de la construcción y sobre todo, sin que ello suponga ningún condicionantes estético, o que afecte a la imagen final del proyecto.

Es importante analizar primero cada elemento climático: temperatura de aire, radiación solar, vientos humedad y precipitaciones para luego diseñar, teniendo en cuenta la iteración entre ello. Además debemos saber que manipulando los espacios, ya sea colocando elementos en la fachada, forma y orientación de la casa, relación con el lugar se puede obtener una mayor comodidad sin perjudicar así lo funcional.

Cuando los medios auxiliares de acondicionamientos resultan necesarios, una vivienda con una correcta interpretación de los métodos y técnicas bioclimáticas tendrá un menor consumo energético que aquella que no supo interpretarlos.

2.3 BUILDING INFORMATION MODELING

El glosario “BIM Handbook” (Eastman, 2011) se define a BIM como un conjunto de herramientas, procesos y tecnologías que están facilitadas por una documentación digital e inteligible en un computador acerca de la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación. El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación.



Figura N° 2. 3 Ciclo de vida de una edificación

Fuente: Carlos Jurado. “La estandarizacion como eje de la productividad” 2012

La aparición del diseño asistido por ordenador (CAD) en la década de 1980 anunció un cambio importante en las industrias del diseño y la construcción, un cambio que llevó a los diseñadores e ingenieros lejos del dibujo a mano tradicional y los introdujo de lleno en la era PC.

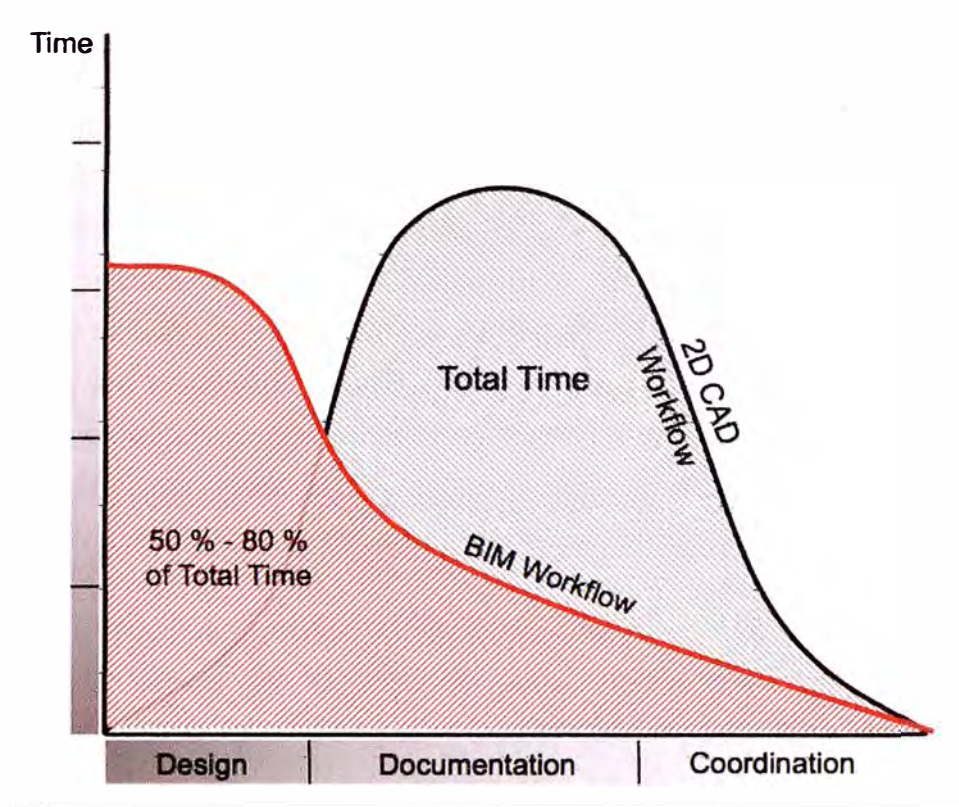


Figura N° 2. 4: BIM vs 2D CAD

Fuente: Graphisoft

El CAD marcó los primeros pasos de los esfuerzos para aprovechar la inteligencia de los ordenadores para economizar el proceso de diseño. Hoy en día, el concepto se ha llevado un paso más allá con el desarrollo de Building Information Modeling (BIM), permitiendo a los equipos de diseño introducir toda la información en los modelos 3D. Esto hace que el software de diseño sea tan útil tanto en las etapas previas a la pre-construcción, construcción, así como durante el proceso de diseño, siempre con la posibilidad añadida de recalcular sin que exista inconveniente, los elementos del modelo diseñado basados en la nueva información que pueda ser integrada.

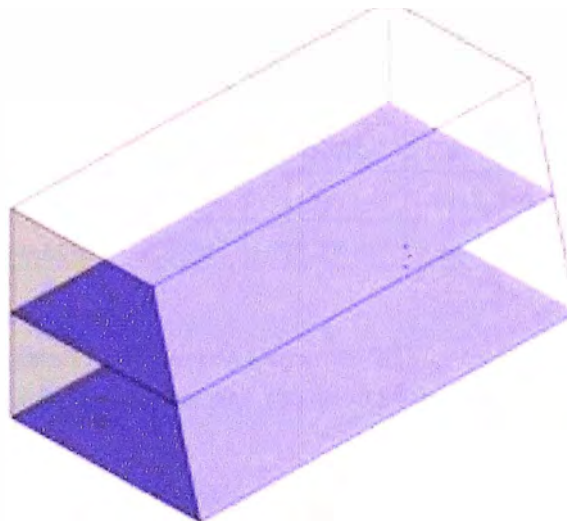
En países como el Reino Unido, las ventajas de BIM han sido reconocidas oficialmente por la Cabinet Office. De hecho, el gobierno inglés tiene la intención de exigir que todos los proyectos de obras públicas se realicen mediante el uso de BIM en 3D (con todo el proyecto, la información de activos, la documentación y datos electrónicos) a partir de 2016.

En los EEUU el gobierno federal ha estimado ahorros por encima de \$15.8 billones anualmente de los procesos integrados. Actualmente los procesos ahorran entre un 5-12% cuando el BIM es usado correctamente.

2.3.1 NIVEL DE DESARROLLO BIM (ND)

La AIA¹ (American Institute of Architects) decidió por un sistema para medir la cantidad y calidad de información, inicialmente se denominó “Nivel de Detalle”, pero este fue cambiado por ND (Nivel de Desarrollo) en el 2013. CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción) define ND como la cantidad de trabajo que se ha desarrollado dentro del modelo así como sus requisitos mínimos. El Nivel de Detalle es acumulativo y debe avanzar de un nivel a otro

- **ND 100:** Los modelos de Nivel 100 (ND-100) incluyen elementos tales como Masas que se utilizarán para estudios preliminares tales como Diseño Conceptual y Etapas (Phases) Generales del Proyecto.



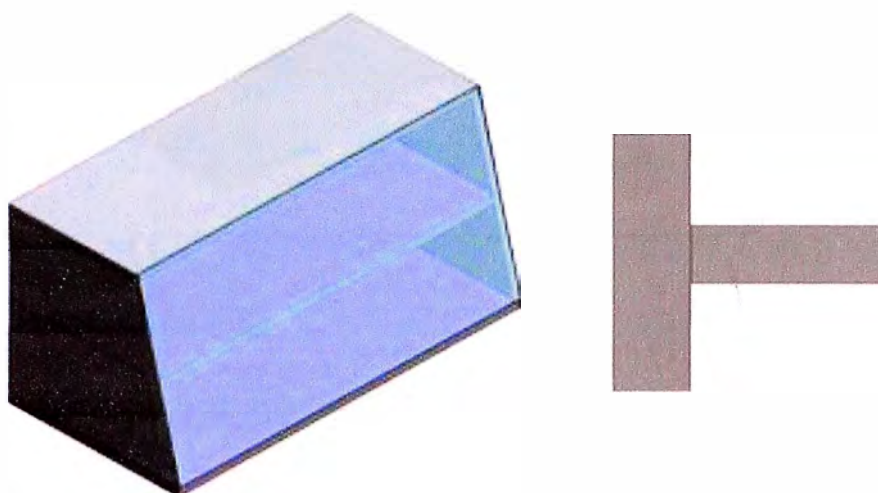
AREA Y VOLUMEN (ND1)		
AREA TERRENO	AREA TECHADA	VOLUMEN
139.35m2	346.03m2	396.44m2

Figura N° 2. 5 Nivel de Detalle 100.

Fuente: Protocolos BIM .CAPECO 2014

¹ AIA Contract Document G202-2013, Building Information Modeling Protocol

- **ND 200:** Los modelos de Nivel 200 (ND-200) incluyen elementos en que los cuales las masas han sido remplazadas por componentes genéricos los cuales indican los anchos y/o espesores finales de los diferentes objetos/elementos de la edificación.

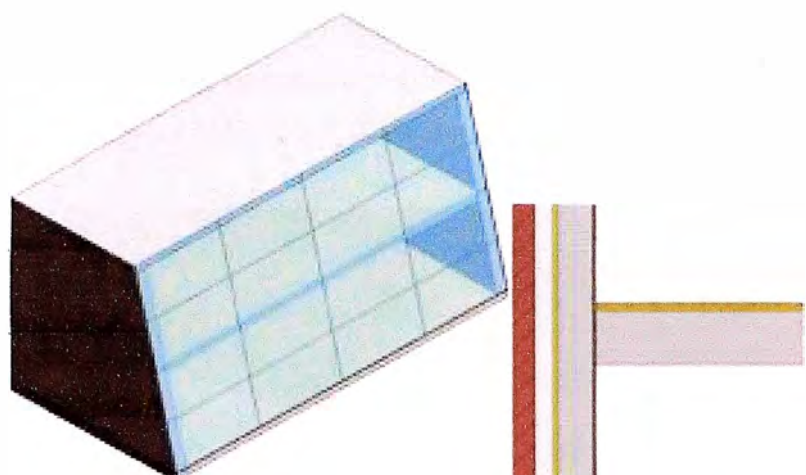


AREA Y VOLUMEN (ND2)					
FAMILIA	TIPO	ANCHO	LARGO	AREA	VOLUMEN
Basic Wall	Muro-0.20m	0.20m	11.89 m	60.97m ²	12.39m ³
Basic Wall	Muro-0.30m	0.30m	12.27 m	70.36m ²	21.50m ³

Figura N° 2. 6 Nivel de Desarrollo 200.

Fuente: Protocolos BIM .CAPECO 2014

- **ND 300:** Los modelos de Nivel 300 (ND-300) incluyen elementos en que los cuales los componentes genéricos han sido remplazados por componentes en los cuales la totalidad de sus materiales han sido definidos. Este nivel tiene análisis específicos de sistemas así como metrados exactos basados en los diferentes materiales pueden ser realizados por la herramienta.



MUROS (ND3)	
MATERIAL	AREA
Masonry Brick	23.50m ²
Metal Stud Layer	38.50m ²

Figura N° 2. 7 Nivel de Ddesarrollo 300.

Fuente: Protocolos BIM .CAPECO 2014.

- **ND 400:** Los modelos de Nivel 400 (ND-400) incluyen elementos en los cuales los componentes ya están totalmente definidos y han sido complementados con detalles que permiten su fabricación y/o construcción e incluyen información 2D como texto, dimensiones, notas, etc.

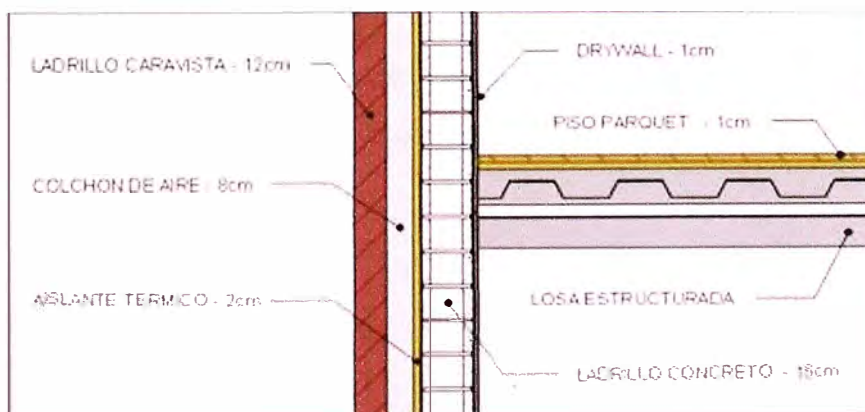
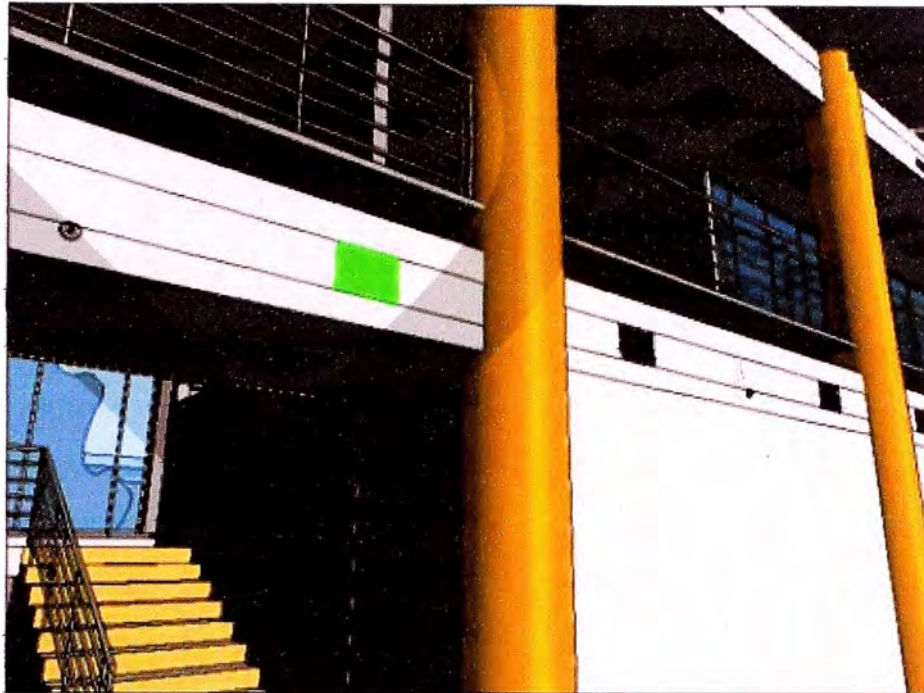


Figura N° 2. 8 Nivel de Desarrollo 400.

Fuente: Protocolos BIM .CAPECO 2014

- **LOD 500:** Los modelos de Nivel 500 (ND-500) incluyen parámetros asociados a todos los elementos de la edificación que permitirán, una vez exportados fuera del entorno BIM, realizar la Programación de Obra así como Mantenimiento y Operaciones del proyecto.



element_ID	revit_ID	last_inspected	next_inspection_due_date	priority	condition
132457383	659832	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132426790	679334	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132447782	650023	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131276003	672363	4/20/2006	1/24/2011	high	fair
132786522	650933	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131028862	667681	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132290073	679911	6/2/2008	9/11/2011	medium	excellent
131189520	640087	6/2/2008	9/11/2011	medium	good

Figura N° 2. 9: Nivel de Desarrollo 500

Fuente: Protocolos BIM .CAPECO 2014

2.3.2 BIM EN EL MUNDO

Gracias a la eficiencia y ahorro de costes que entre otras ventajas viene aportando el BIM a la arquitectura, ingeniería, construcción y las instalaciones, éste revolucionario concepto ha ido ganando terreno hasta consolidarse como principal tendencia mundial metodológica y tecnológica, esperándose que crezca aún más rápido en implantación y aplicación.

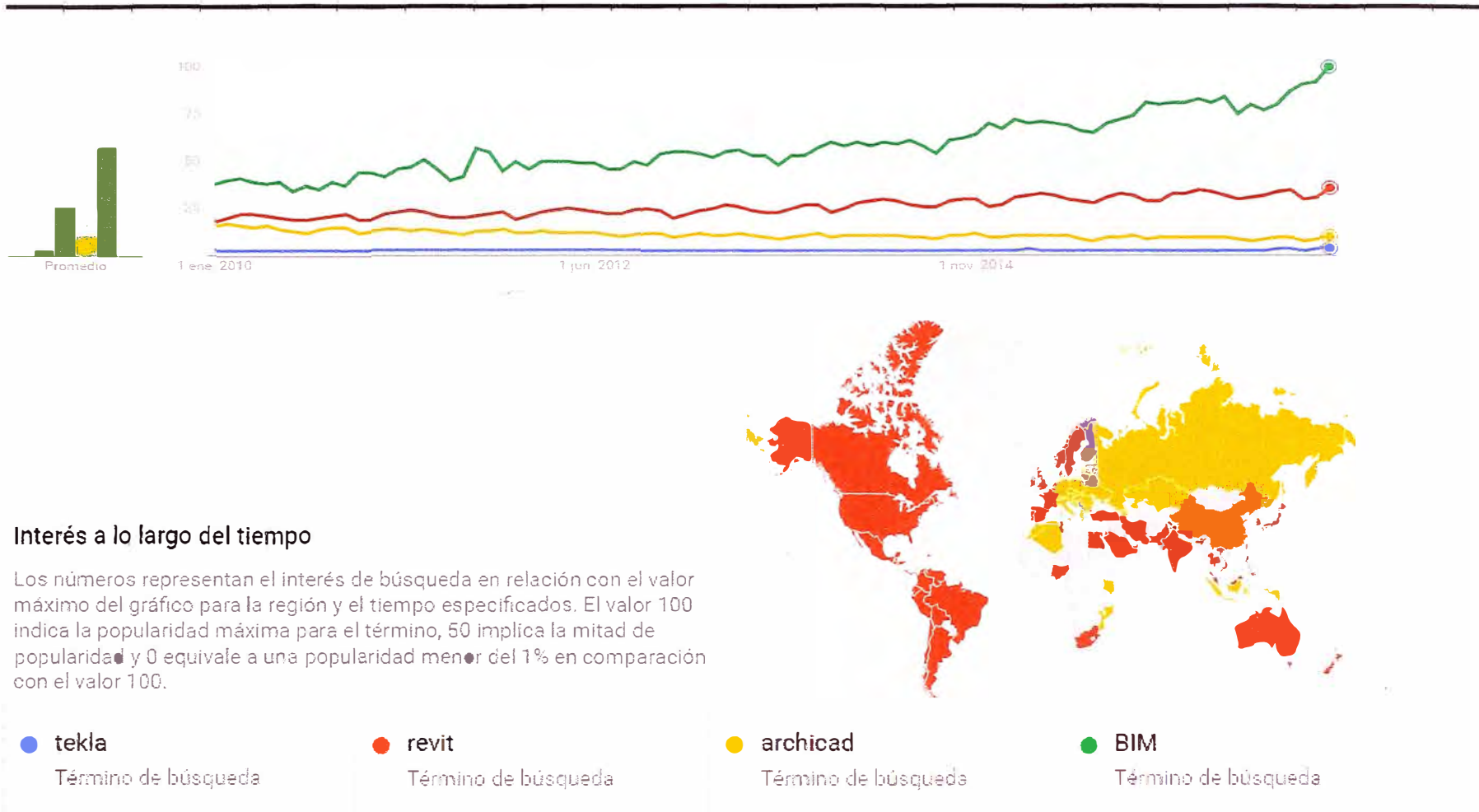


Figura N° 2. 10: Interés de Búsqueda en Google

Fuente: Google Trends. Instituto Cantábrico 2017

Según un estudio de mercado llevado en diciembre del 2016 por Autodesk estima que para el 2020, el mercado BIM crecerá hasta un 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo

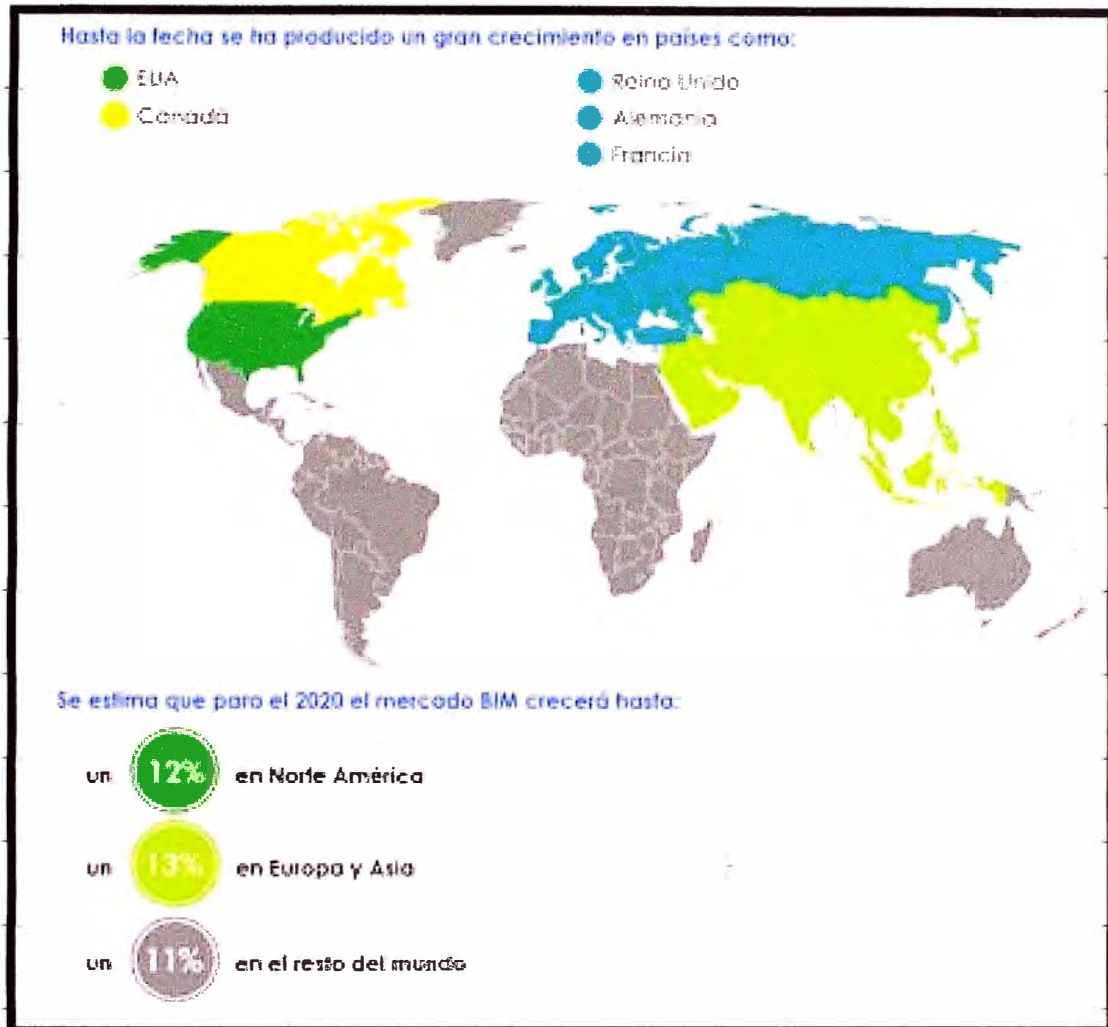


Figura N° 2. 11: Estudio de Mercado BIM proyectado al 2020

Fuente: Autodesk

2.3.3 EI BIM EN EL PERÚ

El uso de la herramienta BIM viene siendo empleado y tomando impulso de renombradas constructoras en el Perú como son Graña y Montero, MARCAN, COSAPI. Debido a esto CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción) mediante el ICD (Instituto de la Construcción y Desarrollo) ha conformado el Comité BIM.

El comité BIM es un grupo técnico que incorpora profesionales que forman parte en todas las etapas de un proyecto, incluyendo a clientes, proyectistas y constructores, con experiencias directas en la aplicación del BIM en el Perú y en proceso de desarrollo. Con la creación de este comité se busca impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana, difundir los avances en el uso de herramientas, experiencias y resultados de la aplicación del BIM, promover las capacitaciones de herramientas BIM en los distintos especialistas y participar en la generación de un mercado con mayor nivel técnico, para beneficio de todos los involucrados.

2.4 GREEN BIM

El Green Building está transformando rápidamente el diseño en la industria de la construcción en los Estados Unidos. Al mismo tiempo, un número creciente de profesionales de la industria están adoptando las ventajas del modelado de información de construcción (BIM). Los equipos de proyectos de construcción verdes van cada vez descubriendo la manera de que las herramientas BIM puedan ayudar a lograr resultados más sostenibles. Estas herramientas proporcionan información inmediata sobre cómo el diseño impacta las decisiones del diseño en el rendimiento de un edificio. La metodología BIM también alienta un proceso de una estrategia crítica de diseño integrado para hacer proyectos más ecológicos. Debido a que la metodología BIM facilita el diseño ecológico, la construcción y los resultados sostenibles, el crecimiento de la construcción ecológica como una práctica generalizada aceptada está ayudando a acelerar la adopción de BIM. El reciente énfasis en la sostenibilidad ha elevado el perfil de la gestión del ciclo de vida de la construcción. Los dueños responsables se están dando cuenta de que esto tiene sentido tanto económica como ecológicamente. Al integrar los datos sobre la esperanza de vida y los costos de reemplazo de los modelos, la dupla de BIM y Gestión de Instalaciones ayuda a los propietarios a entender cómo realizar el seguimiento de equipos, sistemas y componentes para la construcción de un mejor retorno de la inversión durante la vida del edificio.

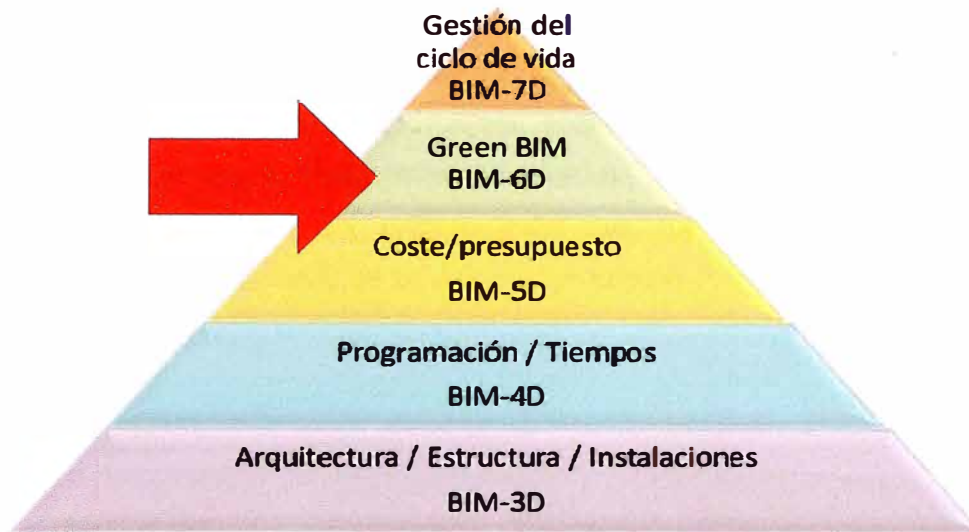


Figura N° 2. 12: Pirámide conceptual BIM

Fuente: Synergis Engineering Design Solutions. 2014

2.5 HERRAMIENTAS DE SIMULACION CLIMÁTICA

Los programas de simulaciones energéticas son poderosas herramientas que los arquitectos, ingenieros e investigadores utilizan para analizar cómo afecta al consumo energético total anual de los edificios los siguientes factores:

- Forma geométrica (geometría)
- Dimensiones
- Orientación geográfica
- Tipo y tamaño de sistemas de climatización y calefacción instalados
- Iluminación

Esta información es vital para tomar decisiones fundamentadas acerca del diseño del edificio y sistemas a instalar que impacten en el consumo de energía, tales como vidrios, iluminación y sistemas HVAC. A menudo realizar estas simulaciones en etapas de diseño o en las primeras etapas del proyecto, permiten implementar mejoras que pudieran parecer pequeñas pero elevan significativamente el rendimiento energético del edificio, máxime si consideramos su ciclo de vida completo.

Es difícil estimar los costos anuales de energía asociados con la operación de un edificio mientras que todavía está en fase de diseño. La respuesta depende de numerosos factores. Contabilizar todas las variables, así como sus interacciones, es una tarea de enormes proporciones, sobre todo porque algunas cambian con cada hora que pasa. Dada esta complejidad, el cálculo exacto de los costos anuales de energía del edificio rara vez fue realizado antes que las computadoras personales se volvieran algo común.

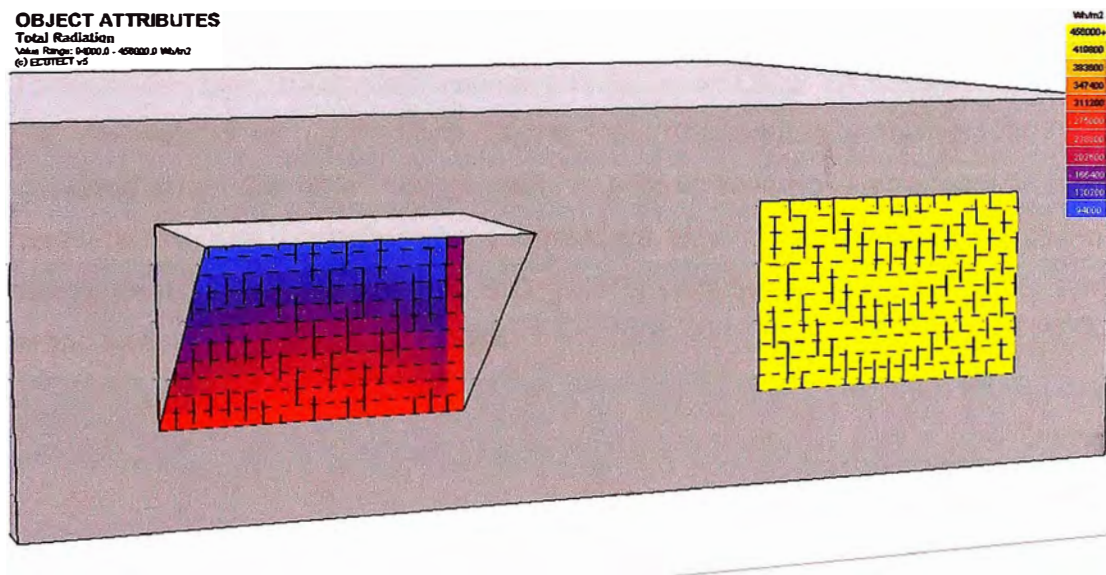


Figura N° 2. 13: Aplicación del simulador para el análisis de radiación.

Fuente: Autodesk Ecotec

Actualmente, numerosas herramientas están disponibles en el mercado y todas ellas difieren entre sí en al menos un aspecto; pudiendo ser sus modelos termodinámicos, su interfaz gráfica con el usuario, propósito de uso, su ciclo de vida de aplicación y la habilidad que estos posean para intercambiar datos con otros software.

2.6 CONFORT TÉRMICO

La norma ISO 7730 define el confort térmico como "aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico". La sensación de confort térmico está relacionada con un estado de satisfacción o comodidad (el sentirse bien) del ser humano frente a unas condiciones determinadas del ambiente higrotérmico que nos rodea.

Los variables ambientales que influyen sobre el confort térmico son las que definen las características climáticas del medio y están representadas por: temperatura, humedad relativa y velocidad de aire. Existen otras variables que representan conceptos circunstanciales como: actividad física de la persona, resistencia y permeabilidad de la ropa, acondicionamiento físico y emocional al lugar. En la actualidad el método Fanger (Thermal Comfort, 1973) es uno de los utilizados para obtener el temperatura optima de un lugar según la vestimenta y humedad. La vestimenta se estudia según el índice de indumento (CLO) y según Fanger el confort se condiciona a los valores de ese índice. Según Wieser (Teatinas de Lima, 2006) para verano e invierno en Lima se consideran 0.55 y 1.00 de valores de CLO. Para Olgay, V. (Arquitectura y Clima, 1963) se considera tener dos zonas de confort, una para invierno y otra para verano. Wieser aplica esa consideración y considera que para Lima se aplican los valores de confort térmico entre 18°C y 22°C para invierno, mientras que para verano será un rango de 21°C a 26°C.

2.7 CLIMA

2.7.1 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DEL PERU

Como señala la “Guía de aplicación de arquitectura Bioclimática en locales educativos” del Ministerio de Educación publicada en el 2008 - “La Presente Zonificación tiene como base la clasificación de Köppen, a la que se ha incluido parámetros de altura, radiación, inversión térmica, arquitectura tradicional, entre otros factores, que permiten tener una aproximación a pisos de equivalencia arquitectónica. La Zonificación corresponde a la clasificación primaria realizada por Rayter - Zúñiga en el 2005. A partir de esta clasificación se determina 9 zonas climáticas para el Perú. Su importancia radica en que en base a esta clasificación, se darán las orientaciones necesarias para el diseño. Cada zona tendrá recomendaciones apropiadas a las condiciones medioambientales”.

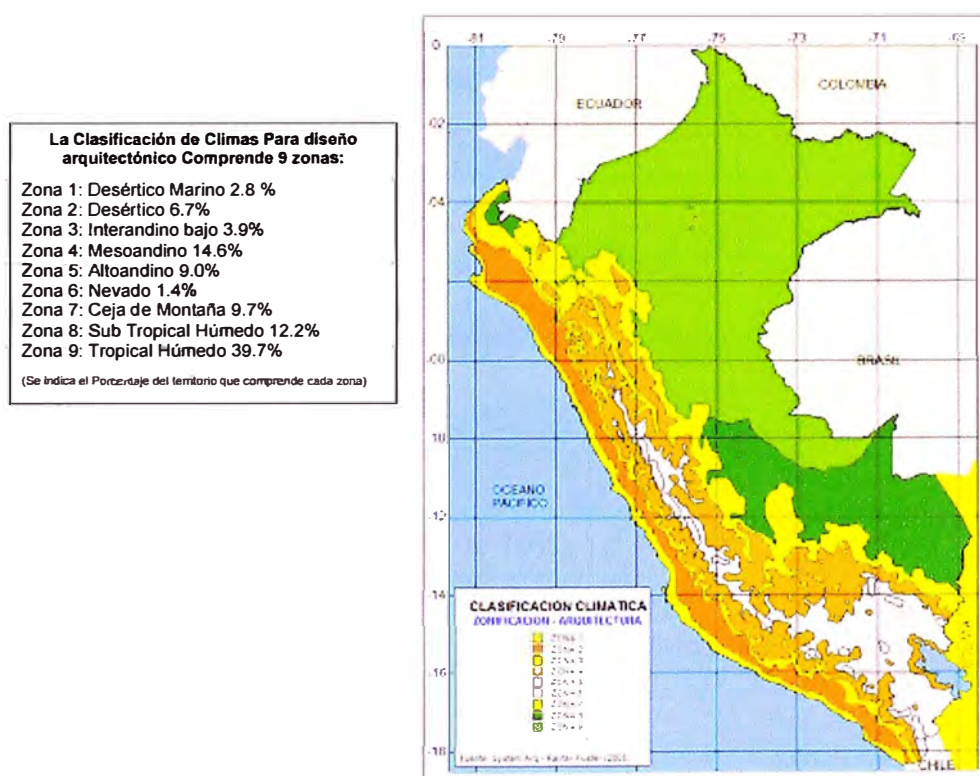


Figura N° 2. 14: Mapa de la clasificación climática del Perú

Fuente: “Guía de aplicación de arquitectura Bioclimática en locales educativos” del Ministerio de Educación publicada en el 2008

2.7.2 ZONA DESERTICO MARINO (LIMA)

La “Guía de aplicación de arquitectura Bioclimática en locales educativos” del Ministerio de Educación publicada en el 2008 señala lo siguiente:

Tipificación:

Clima Semicálido con deficiencia de lluvia todo el año (Terreno muy seco – árido). Nivel de Humedad Relativa alta. Equivalente Clasificación de Köppen: BW, BSs². Comprende casi toda la región de la costa, desde Piura hasta Tacna y desde el litoral del Pacífico hasta el nivel aproximado de 2000 msnm, representa el 2.8% de la superficie total del país. Se distingue por ser su clima con precipitación promedio anual de 150 milímetros y temperatura media anuales de 18° a 19°C, decreciendo en los niveles más elevados de la región.

Ciudades importantes:

Desde Piura, Talara, Bayóvar, Jayanca, Ferreñafe, Tinajones, Lambayeque, Chiclayo, Pimentel, Cayaltí, Casa Grande, Jequetepeque, Laredo, Trujillo, Paramonga, Huacho, Lomas de Lachay, Huaral, Ica, Lima, Cañete, Pampa de Majes, Vitor, La Joya, Moquegua, Pisco, Ocucaje, Palpa y Tacna.

Precipitaciones anuales:

Debajo de 150 milímetros entre Piura y Tacna.
A Excepción de Valles.

Humedad relativa:

Grado de Humedad 4 (Más de 70%)

Promedio anual de Energía Solar Incidente diaria:

Entre 5 a 5.5 KW h/m².

² La clasificación de Köppen define a BSs como “Clima Semiárido” y BW como “Clima Árido”

Promedio de Horas de Sol:

Norte: 5 Centro: 4.5 Sur: 6

Vientos: Velocidad y Dirección Predominante:

Tumbes - Chiclayo 5 m/s, Sur y Sur-Oeste.



Figura N° 2. 15: Playa Roja, Costa desértica de Ica-Perú

Fuente: PERU ABLTURISMO [Fecha de consulta: 06 de marzo 2017]. Disponible en:
<https://www.ablturismo.com/playa-roja-entre-el-desierto-y-el-mar-de-peru/>

2.7.3 RESEÑA HISTORICA DE LAS EDIFICACIONES EN LIMA

Todas las culturas ancestrales manejaron de forma adecuada la integración al medio ambiente donde se encontraban, la geografía, las condiciones del clima local, los posibles materiales que existían en el lugar para hacer sus construcciones, el conocimiento del movimiento aparente del sol, de las estrellas y de la luna. Siempre ha existido una relación esencial del hombre, sus casas y el sol.

Esa situación hizo que se dedicaran a construir utilizando todo lo que tenían en su entorno para poder conseguir edificaciones que proveyeran el bienestar interior, de cobijo a las condiciones externas para los usuarios de estos espacio arquitectónicos, es decir , las edificaciones fueron bioclimáticas, no había otra forma que las hicieran, no tenían como obtener bienestar al interior de otra manera, solo haciendo las edificaciones adecuadas para cada lugar manejando el sol y el clima (las condiciones del lugar) para conseguir que las edificaciones fueran el cobijo perfecto.

Entonces, las construcciones fueron propias para cada lugar, se hicieron así por muchos siglos en las épocas pre-inca, inca y de culturas ancestrales, durante la colonia y parte de la república. La revolución industrial con sus descubrimientos provoco que no se pensara más en proveer de condiciones naturales de bienestar, puesto que con el descubrimiento de la electricidad no hubo más necesidad de pensar en la luz natural, pues el bombillo eléctrico permitió tener luz que se requería en los ambientes. Luego llegaron los ventiladores, las estufas y el aire acondicionado que suplantaron a las condiciones naturales y el pensamiento de los arquitectos para resolver el acondicionamiento ambiental de las edificaciones mudo, de natural a acondicionamiento artificial.

En el artículo “Hola Arquitectura Bioclimática en el Perú” del Mg. Arq. Alejandro Gómez publicada en la revista Par – Proyecto Arquitectónico (Febrero 2012) se señala que: “Durante el siglo XX en el Perú se continuó haciendo construcciones con consideraciones de acondicionamiento ambiental, es decir, se preparaba a la arquitectura con aspectos de ventilación e iluminación natural, con materiales locales (adobe, quincha, madera) hasta que poco a poco se fue dejando de hacer la arquitectura con estas condiciones. Al aparecer el movimiento moderno que promovía la producción masiva de edificaciones, se dio origen al llamado estilo internacional que se extendió por todo el planeta, llevándose en contra los usos y costumbres y la situación climática y geográfica de cada región, gracias a la proliferación de sistemas

artificiales de climatización e iluminación que finalmente son altos consumidores de energía. El llamado estilo internacional fracasó justamente por su falta de integración al lugar, un edificio no podía estar en Tokio y simultáneamente plantearlo en Lima, las situaciones climáticas, de recorrido solar, los usos y costumbres de sus pobladores hacían imposible que puedan funcionar de forma adecuada en ambos sitios y, a veces, no funcionaran en ninguno de los lugares. Este fracaso fue justamente su falta de identificación con el lugar y su dependencia a la climatización artificial.

El siglo XX estuvo marcado intensamente por el desarrollo tecnológico que fundamentaba su quehacer con la despreocupación por aspectos relacionados al acondicionamiento ambiental, de la edificación. Esta situación cambia a partir de la crisis energética mundial, de los años 70 que obliga a pensar a los especialistas en ver la situación de desarrollo de una arquitectura que ahorre energía, que sea más eficiente, para ello se observa que haciendo soluciones bioclimáticas se puede obtener el tan ansiado ahorro de energía.

En el Perú durante el siglo XX se realizó una arquitectura con correspondencia al lugar hasta mediados de la década del 60, había en Lima sistemas de protección solar incorporados para conseguir mitigar la incidencia solar de protección de las edificaciones, como se hacía en la colonia, donde las construcciones consideraban sistemas de protección solar, los toldos y balcones en Lima fueron en sello de la ciudad, que delataban un lugar con gran radiación solar que había que controlar para poder vivir en bienestar.

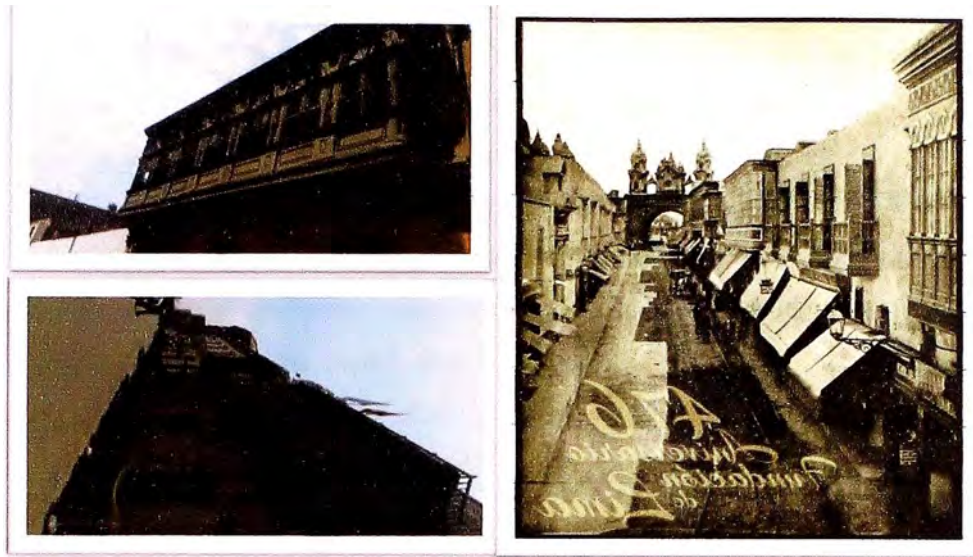


Figura N° 2. 16: Edificaciones históricas en Lima

Fuente: Diario "El comercio".

Existen testimonios de edificaciones de los 60 que muestran es preocupación, la pregunta es por qué se perdió este manejo de control solar, si es evidente que la protección solar es necesaria. Se deduce que la idea de modernidad permitió despreocuparse de la protección solar, además de incorporar sistemas tecnológicos para acondicionar interiormente las edificaciones.

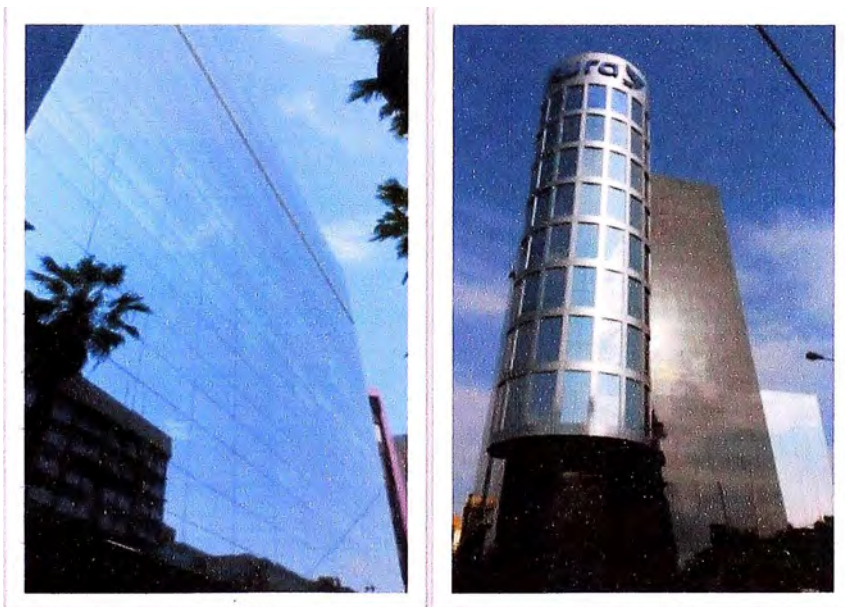


Figura N° 2. 17: Edificaciones en San Isidro

Fuente: Propia

La génesis del estudio de arquitectura bioclimática en Perú se comienza en la Universidad Nacional de Ingeniería. De forma básica se estudiaba los aspectos de acondicionamiento ambiental con el Arq. Luis Miro Quesada y continuando estos principios aun básicos, otros arquitectos incrementaron los conceptos a analizar. El Arq. Juan Romero se involucró en el desarrollo de estos aspectos ambientales en la arquitectura y tuvo como asistente a un joven estudiante que había retornado al Perú. Tito Pesce, quien venía de hacer sus primeros dos años en la Universidad Nacional de Tucumán. Terminado sus estudios, el Arq. Pesce se hace cargo de las asignaturas de Acondicionamiento Ambiental, primero en la UNI y comenzaron a tomar importancia por la incorporación de herramientas para el diseño arquitectónico considerando las condiciones locales. Se estudiaron las cartas solares, los gráficos de confort, se manejó el análisis de balance térmico de las edificaciones, el desarrollo de la iluminación y ventilación natural, promoviendo la aplicación de las energías renovables a los proyectos arquitectónicos.

2.7.4 RADIACION SOLAR EN LIMA

Hasta hace algún tiempo era casi imposible ver circular por Lima taxistas con lentes negros o mangas de tela para protegerse del sol, o gente aplicándose bloqueador para la piel más de una vez al día. Sin embargo, esos tiempos han quedado atrás. La radiación ultravioleta es mucho mayor que antaño debido a que la capa de ozono, que justamente actúa como un filtro protector del planeta ante la radiación solar, se ha debilitado por la contaminación ambiental. Lo que significa que hoy estamos más expuestos a sufrir de cáncer de piel.

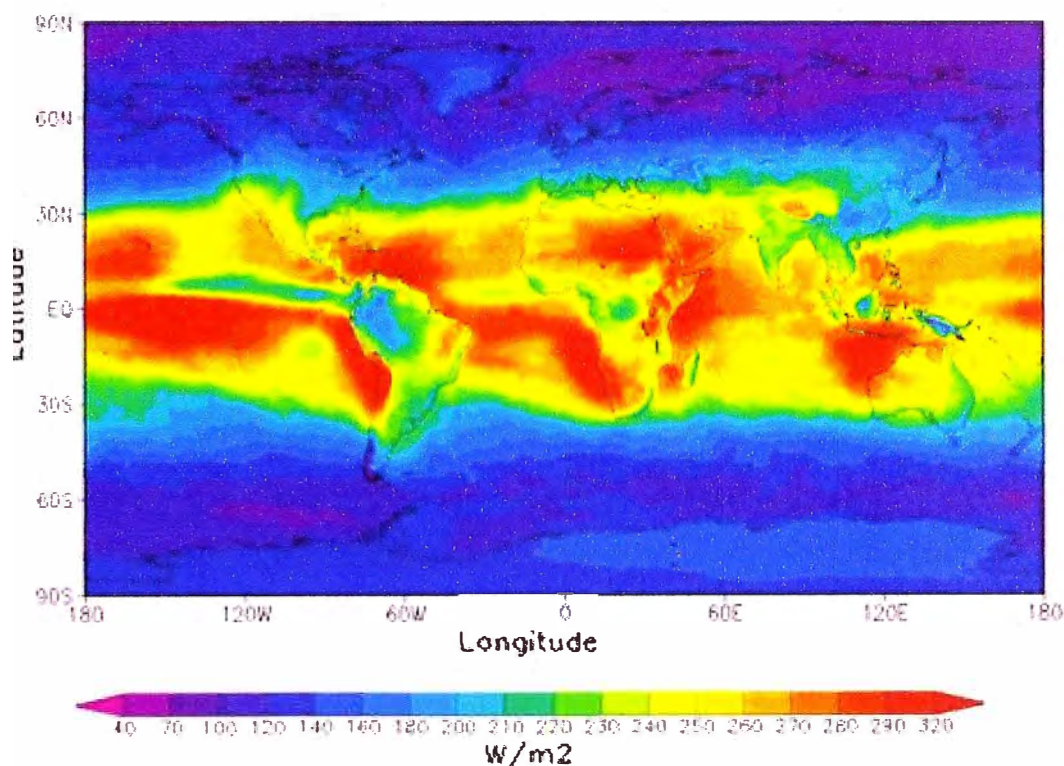


Figura N° 2. 18: Promedio anual global de potencia en radiación solar.

Fuente: Liu et al, 2009

La situación tropical del Perú hace que la ganancia de temperatura sea bastante significativa (se tiene un promedio de radiación solar en el país de 5 Kwh/m², España tiene un promedio de 101 Kwh/m²). Debemos entender este hecho físico real.

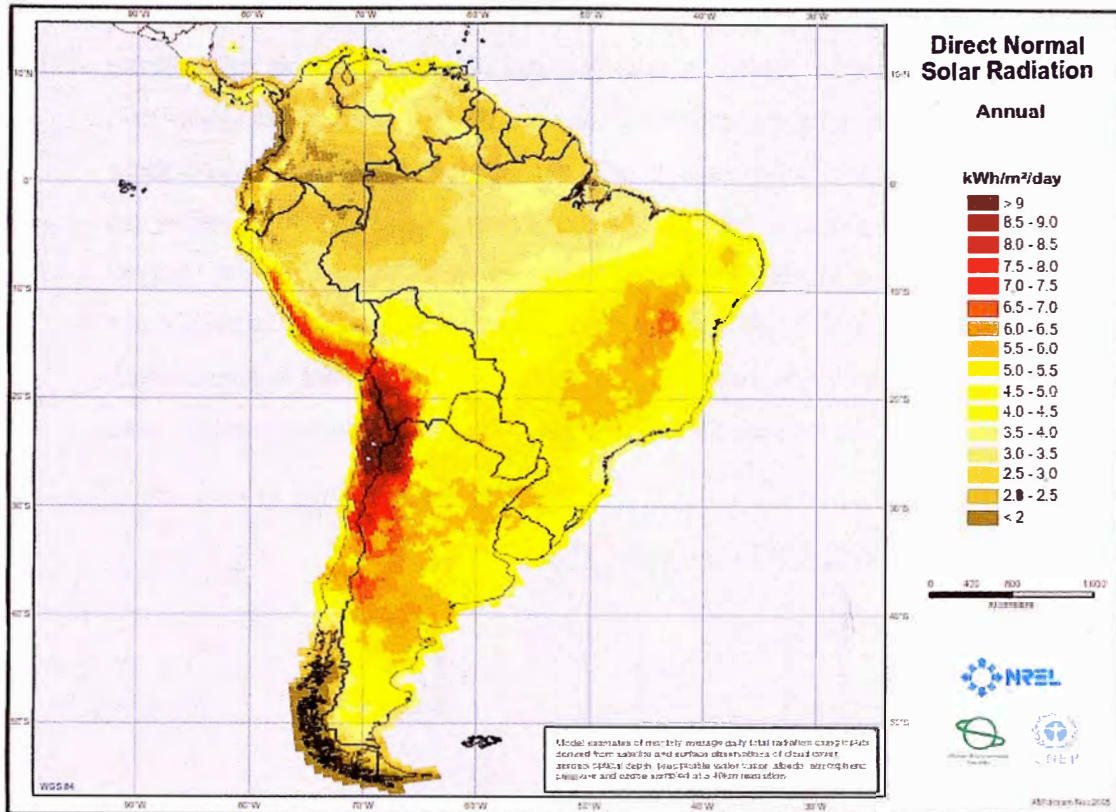


Figura N° 2. 19: Radiación solar directa (kwh/m2/día)

Fuente: Donna Heimiller 2005

Tal vez lo anterior ya se había escuchado alguna vez por los medios de comunicación. Sin embargo, tan dramático como la disminución de la capa de ozono o el aumento de la temperatura en la Tierra, es la confirmación de que el Perú se haya convertido en el país con el mayor nivel de radiación ultravioleta en el mundo, como señala Orlando Ccora, especialista en radiación ultravioleta del Senamhi, que se basa en un estudio realizado por el neozelandés Richard Mckenzie en el 2006.

2.10 VIENTOS Y LA CIUDAD.

El efecto que tiene el viento sobre el trazado urbano y la colocación de los edificios es muy importante para la climatización de los espacios exteriores o interiores.

Los edificios colocados en posición perpendicular a la dirección del viento reciben todo el efecto de la velocidad; pero si los edificios, están girados a 45° de la dirección del viento, se reduce su velocidad de 66% a 50%.

La separación de las edificaciones es también un factor importante en la ventilación de espacios. Si los edificios o viviendas están espaciados a una distancia igual a siete veces su respectiva altura, entonces cada uno tendrá una ventilación adecuada. De lo contrario, si las viviendas están en hilera, entonces se creará un efecto de “sombra viento” a todo lo largo de la casa, que perjudicará la ventilación de las viviendas posteriores. Este efecto es reforzado por la tendencia del viento a canalizarse a lo largo de pasajes de espacios abiertos. Por lo tanto, con esta disposición de viviendas posteriores ya no son ventiladas.

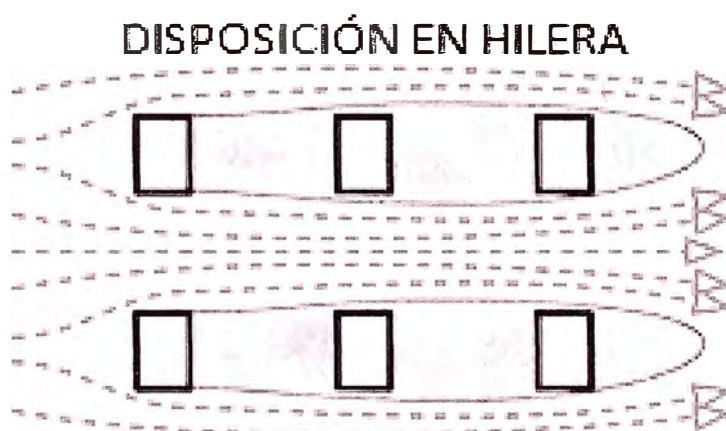


Figura N° 2. 20: Efecto del viento en edificaciones en hilera.

Fuente: Diseño en climas calidos, Konya 1981

Pero una disposición “cuadrada” de viviendas tiene un efecto de ir rebotando o cambiando la dirección del viento, dirigiéndolo a las edificaciones de atrás. Este efecto resulta más eficaz cuando las viviendas están dispuestas perpendicularmente a la dirección del viento, acomodo que resulta adecuado para climas calurosos.

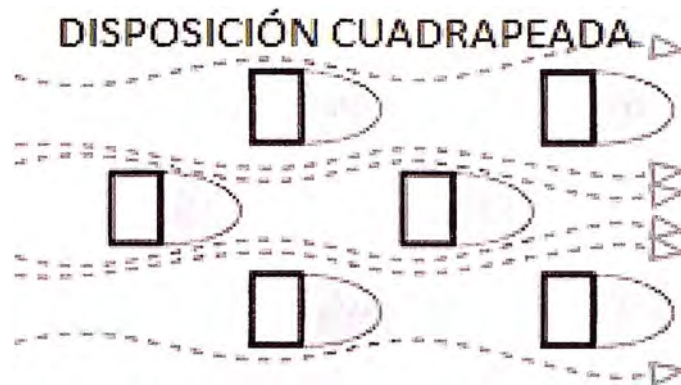


Figura N° 2. 21: Efecto del viento en edificaciones en forma cuadrapeada

Fuente: Diseño en climas calidos, Konya 1981

Puede observarse en los croquis laterales que la disposición inclinada de viviendas frente a una corriente de viento ayuda a protegerlas de indeseables vientos fríos. Si además se coloca una vivienda detrás de la otra, entonces todas las viviendas posteriores están protegidas, ya que recibirán poco viento directo. Esta disposición de viviendas es adecuada para clima frío.

2.10.1 INFLUENCIA DEL VIENTO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES

La disposición de las construcciones y su forma pueden generar localmente o sobre extensiones importantes, fenómenos de aceleración con brucas ráfagas que ocasionan una falta de confort o incluso un cierto peligro para los usuarios. A título de ilustración, mostraremos algunos casos que suceden con frecuencia:

- **Efecto Esquina:** En el ángulo de un edificio de gran altura, las aceleraciones pueden ser elevadas.

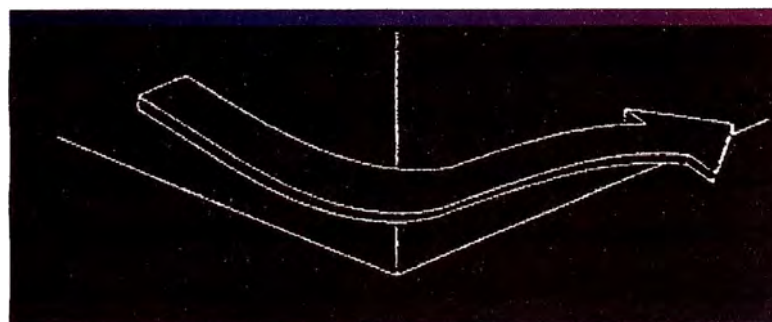


Figura N° 2. 22: Efecto Esquina

Fuente: Arquitectura Bioclimatica, Gustavo Gili 1980

- **Efecto Venturi:** Cuando dos edificios se hallan implantados de manera que formen un colector, se crea una aceleración al nivel del suelo.

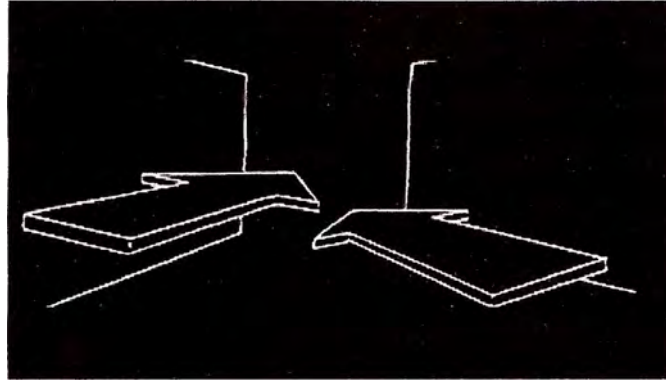


Figura N° 2. 23: Efecto Venturi

Fuente: Arquitectura Bioclimatica, Gustavo Gili 1980

- **Efecto Pilotes:** El viento rodea el obstáculo y es guiado por los pilotes, vuelve a salir más abajo en forma de chorro de aire.

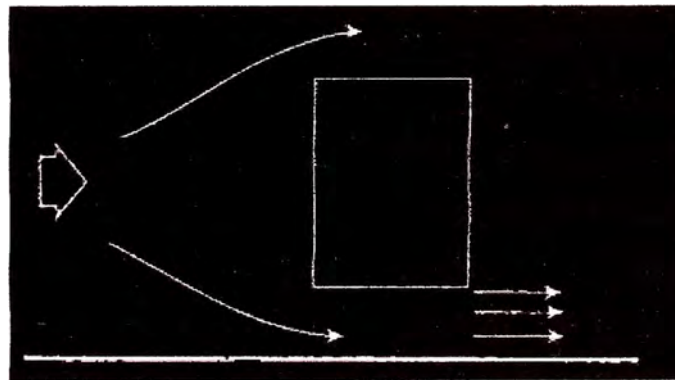


Figura N° 2. 24: Efecto Pilotes

Fuente: Arquitectura Bioclimatica, Gustavo Gili 1980

- **Efecto de rodillo:** Sobre la fachada expuesta al viento de un edificio, este repercute en la parte descendiente de flujo que se organiza en rodillo remoliente de eje horizontal.

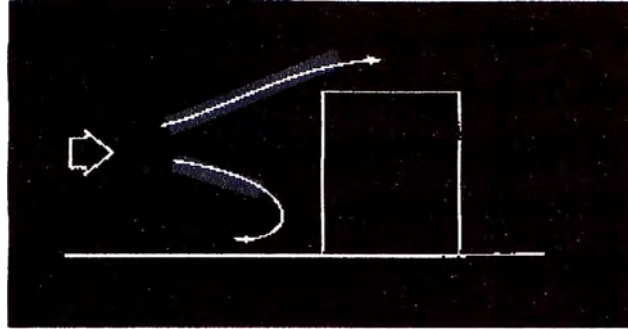


Figura N° 2. 25: Efecto Rodillo

Fuente: Arquitectura Bioclimatica, Gustavo Gili 1980

En pasajes expuestos al viento, es indispensable preocuparse por el impacto del viento desde el principio de los estudios, con el fin de favorecer el urbanismo adaptado y susceptible de preservar el confort de sus usuarios.

2.10.2 EFECTOS DEL VIENTO SOBRE EL HOMBRE

Los efectos del viento sobre el hombre son de dos órdenes: Acción mecánica y acción térmica. Para la acción mecánica, ha habido varios autores que han dado un enfoque relativo a los umbrales de perjuicio (Wise, Melbourne, Joubert, Hunt, Davenport). El más operacional ha sido el que ha dado Gandemer, del C.S.T.B., Nantes, que integra la velocidad media, la turbulencia y la frecuencia de rebasamiento de un umbral en función de la actividad.

A título indicativo se puede tener que:

$V < 4$ m/s: sensación débil

$5 < V < 10$ m/s: no hay perjuicio grave

$10 < V < 15$ m/s: perjuicio grave

$V > 15$ m/s : Peligroso para los peatones

Desde el punto de vista de la acción térmica. Los desplazamientos de aire aceleran los intercambios de dos formas: Por convección entre la superficie de la piel y el medio ambiente, y por evaporación del sudor.

El aumento de la velocidad de aire desplaza la zona de confort térmica hacia unas condiciones más cálidas y más húmedas, para una actividad y una indumentaria dadas.

2.10.3 EFECTOS DE LA VEGETACION

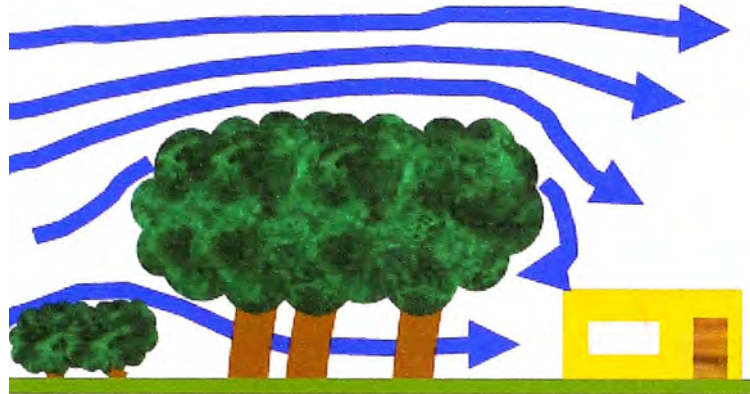


Figura N° 2. 26: Comportamiento del viento con la vegetación

Fuente: Curso Acondicionamiento Climático 1. URP

Disminuye las radiaciones de gran longitud de onda. Las radiaciones absorbidas por el suelo y las fachadas quedan disminuidas al filtrarse la radiación directa. Por esto el calentamiento de las superficies en periodo de calor se ve disminuido y las amplitudes de temperatura quedan amortiguadas.

La masa foliar de la vegetación representa una rugosidad respecto a los movimientos de aire, y una parte del flujo incidente penetra en el interior del follaje resultando filtrado y amortiguado, con lo que disminuyen sensiblemente las velocidades y los fenómenos de remolino. La eficacia del efecto de abrigo depende de la porosidad efectiva del follaje (es decir, la relación de superficie de los orificios sobre la superficie total de la masa foliar ponderada por un coeficiente de pérdida de carga). Es interesante observar que esta porosidad puede variar según las estaciones y las especies elegidas; las hojas de plátano tienen una porosidad que aumenta con la velocidad del viento mientras que las agujas de los pinos se pegan las unas a las otras y forman una pantalla menos porosa.

2.11 GEOMETRIA SOLAR

La geometría solar es uno de los elementos más importantes dentro del proceso de diseño arquitectónico ya que a través del conocimiento del comportamiento de la trayectoria de los rayos solares, tanto en su componente térmica como lumínica, lograremos dar la óptima orientación al edificio, la mejor ubicación de los espacios interiores de acuerdo a su uso, y podremos diseñar adecuadamente las aberturas y los dispositivos de control solar, logrando efectos directos de calentamiento, enfriamiento e iluminación, traducibles en términos de confort humano. Además, debemos considerar que es el sol, indirectamente, el que determina todas aquellas condiciones ambientales que interactúan entre sí para definir todas las características del medio ambiente natural; sin olvidar que la arquitectura está determinada por éste medio ambiente.

La tierra tiene varios movimientos, pero sólo dos de ellos son significativos; El primero es el movimiento de translación orbital alrededor del sol que transcurre en un año solar de 365d 5h 48m 45.19s con una velocidad orbital media de 107,229 km/h. El segundo es el movimiento de rotación que transcurre en un día solar medio de 23h 56m 4.0989s a una velocidad de 465 m/s.

El plano que contiene a la órbita terrestre se denomina "plano de la elíptica", este plano forma un ángulo de $23^{\circ} 26' 21.448''$ ($23^{\circ}27'$) con respecto al ecuador terrestre y de $66^{\circ} 33' 38.5''$ ($66^{\circ}33'$) con respecto al eje de rotación. Debido a que la inclinación del eje de rotación siempre es paralelo a sí mismo a lo largo de su desplazamiento orbital, los rayos solares inciden perpendicularmente sobre la superficie terrestre en un punto distinto cada día del año.

Durante las estaciones cálidas en latitudes como la de Lima, los días son más largos que las noches, mientras que el periodo invernal se caracteriza en oposición con días cortos y noches extendidas. Estas variaciones de horas con o sin sol, se debe a la inclinación del eje terrestre de rotación. Por tanto, no se producen al mismo tiempo en el

hemisferio Norte (Boreal) que en el hemisferio Sur (Austral), sino que están invertidos el uno con relación al otro. Durante la mitad del recorrido de traslación anual, la inclinación del eje de rotación de la Tierra se encuentra volcada hacia el Sol, es decir, con el eje del Polo Norte inclinado hacia el Sol, y el del Polo Sur está en sentido opuesto; entonces las regiones del primero reciben más radiación solar que las del segundo. Posteriormente se invierte este proceso y son las zonas del hemisferio boreal las que reciben menos radiación.

Las cuatro estaciones están determinadas por cuatro posiciones principales en la órbita terrestre, opuestas dos a dos, que reciben el nombre de solsticios y equinoccios. Solsticio de invierno, equinoccio de primavera, solsticio de verano y equinoccio de otoño.

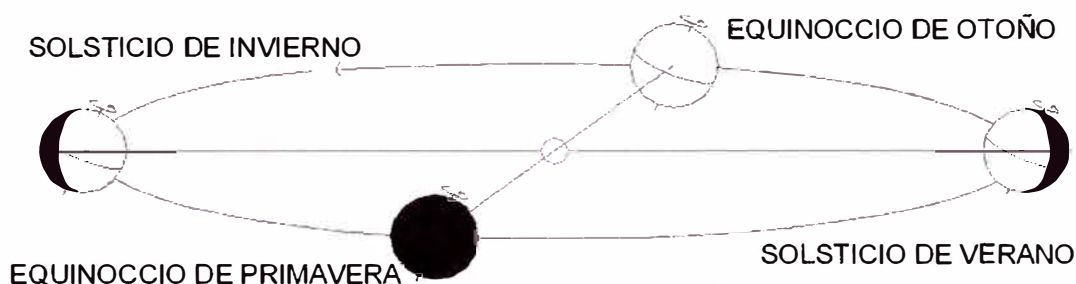


Figura N° 2. 27: Elíptica de traslación y las estaciones.

Fuente: Sobre el movimiento aparente del sol- Gabriel Chiarito

En los equinoccios, el eje de rotación de la Tierra es perpendicular a los rayos del Sol, que caen verticalmente sobre el ecuador. En los solsticios, el eje se encuentra inclinado $23,5^\circ$ de la normal al plano de la elíptica, por lo que los rayos solares caen verticalmente sobre el trópico de Cáncer (verano en el hemisferio norte) o de Capricornio (verano en el hemisferio sur). A causa de la excentricidad de la órbita terrestre, las estaciones no tienen la misma duración, ya que la Tierra recorre su trayectoria con velocidad variable. Va más deprisa cuanto más cerca está del Sol y más despacio cuanto más alejada.

La distancia Sol-Tierra va de 152 a 147 millones de km, lo que representa una variación de algo menos de + 2%. Por esto, el rigor de cada estación no es el mismo para ambos hemisferios, entre otros factores, y determina que el invierno boreal sea un poco menos frío que el austral, y que el verano austral sea algo más caluroso que el boreal.

La pequeña variación de distancia Sol-Tierra a lo largo del año, no determina las diferencias estacionales. Si bien el planeta está más cerca del Sol a principios de enero (perihelio) que a principios de julio (afelio), lo que hace que reciba un 7% más de radiación en el primer mes del año que a la mitad de él; esta no es la causa de la variación estacional. Las diferencias climáticas estacionales responden a las distintas relaciones angulares entre la dirección incidente de la energía proveniente del Sol y el plano de la Tierra que según la inclinación del eje ofertará recepción más normales y directas o tangenciales según cada hemisferio.

En siguiente figura aparece indicada la imagen terráquea que “ve” el sol durante la elíptica de traslación, nótese que en los equinoccios de primavera y otoño el Sol incide a 90° sobre el Ecuador, es decir se encuentra ubicado exactamente en el cenit.



Figura N° 2. 28: Elíptica de traslación y las estaciones.

Fuente: Sobre el movimiento aparente del sol- Gabriel Chiarito

Por tanto, en el Ecuador la dirección incidente del sol a lo largo del año (de invierno a verano) es siempre próxima a la normal y por ello las diferencias climáticas estacionales son mínimas y las horas diurnas y nocturnas son prácticamente iguales.

A medida que la latitud se acerca desde el Ecuador a los Trópicos las diferencias climáticas estacionales comienzan a hacerse más notables, y las horas asoleadas de verano a invierno se diferencian también claramente.

Finalmente, en los Polos, el Sol incide angularmente de manera rasante durante los 6 meses de asoleamiento y luego ocurre la noche austral o

boreal según se trate el hemisferio, con lo que las diferencias climáticas estacionales no son importantes y asistimos a horarios diurnos extendidos de verano y a la larga noche invernal que no “ve” el sol durante 6 meses.

2.12 RADIACIÓN

Los índices de incidencia de radiación solar sobre un sitio tienen un impacto determinante en sus características climáticas. Después de todo, es la radiación solar la que proporciona prácticamente toda la energía que genera los fenómenos atmosféricos. Una muestra de esto es que la tierra puede dividirse en franjas (paralelas al ecuador) con determinados patrones climáticos generales que dependen fundamentalmente del cambio en la incidencia de la radiación solar debido a la latitud. El hombre a través del tiempo siempre mantuvo el concepto que una buena vivienda era aquella que le brindaba protección contra el medio ambiente y además cierto confort térmico.

La consideración del asoleamiento, ha constituido, durante siglos, una de las determinantes en el concepto de las edificaciones. Sabemos que la radiación solar es uno de los factores de mayor influencia sobre el confort térmico. El calentamiento de las superficies expuestas a los rayos solares es desde luego la causa más directa del aumento de la temperatura.

Rafael Martín Lamaison en su publicación “Radiación Solar” en 2004 comenta lo siguiente: “Las cantidades de radiación son expresadas generalmente en términos de exposición radiante o irradiancia, siendo esta última una medida del flujo de energía recibida por unidad de área en forma instantánea como energía / (área x tiempo) y cuya unidad es el Watt por metro cuadrado (W/m^2). Un Watt es igual a un Joule por segundo. La exposición radiante es la medida de la radiación solar, en la cual la radiación es integrada en el tiempo como energía/área y cuya unidad es el KWh/m^2 por día (si es integrada en el día). Por ejemplo, 1 minuto de exposición radiante es una medida de la energía recibida por metro cuadrado sobre un periodo de un minuto. Sin embargo, un minuto de exposición radiante = irradiancia media (W/m^2) x 60 (s) y tiene unidades de Joule por metro cuadrado (J/m^2).”

2.12.1 ANTECEDENTES DE RADIACIÓN EN EL PERÚ

En algunas latitudes donde el clima es extremadamente frío o extremadamente caluroso, este concepto se convierte en el factor primordial para buscar el lugar y luego edificar su vivienda. Por otro lado cabe recordar que las razones no solo han sido “bioclimáticas”, sino también de tipo “simbólico-cultural”.

En la historia del país también existen vestigios de un esfuerzo hacia la protección de la vivienda de los fuertes rayos solares. No hay que olvidar de que el Perú se encuentra ubicado , dentro de los primeros 20° grados al sur de la línea Ecuatorial (entre 0° y 18° exactamente) , y por lo tanto recibimos con más incidencia los rayos solares.

Desde épocas Pre-hispánicas se han encontrado viviendas que se diseñaron específicamente con el fin de proteger al usuario del sol. En los estudios del arqueólogo peruano Julio C. Tello, de la cultura Paraca, en la provincia de Ica; al sur de Lima, encontramos lo que se llama Periodo de las Cavernas donde las viviendas de la pampa se desarrollan bajo tierra. Estas viviendas que se encuentran formando pequeños conjuntos habitacionales se ubican en las ciudades Cabeza Larga o Arena Blanca, y WariKayan. Las ventajas de edificar bajo el nivel de tierra eran sobre todo de protección del sol, en vista del árido de la geografía y del viento (por la presencia del viento Paracas).

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, utilizando modelos de estimación de la irradiación confecciono el Atlas de Energía Solar del Perú, que contiene mapas promedio de energía solar incidente diario a nivel mensual sobre la energía solar incidente horizontal en el territorio peruano en base a un periodo comprendido entre los años de 1975 a 1999. En el mapa de energía Solar Incidente diario, el promedio anual para Lima es de 5500 KW día/m².

2.12.2 CRITERIOS DE CONTROL DEL PROYECTO.

La tarea de un proyectista, más allá del factor económico y social, es el de concebir proyectos usando criterios de sostenibilidad, tratando de crear el mejor clima interior (no es asequible regular las condiciones exteriores). Los ocupantes de un edificio juzgan la calidad del diseño desde un punto de vista tanto físico como emocional. Las sensaciones acumuladas de bienestar o incomodidad contribuyen a formar un veredicto completo sobre la casa, escuela, oficina o fábrica en la que trabajamos. Todo esto es un incentivo para que el proyectista se esfuerce más en conseguir el confort térmico óptimo, que puede definirse como la sensación de bienestar completo físico y mental. Hasta hoy día ha aparecido considerable información para el aspecto físico; pero mucha menos para el aspecto emocional del entorno. Cada proyecto de construcción que se realiza debe corresponder a una ubicación o contexto determinado.

La utilización de la energía solar para el beneficio de una edificación debe estar presente en la concepción de todo proyecto, para ello es necesario conocer de antemano la ubicación exacta en que se encontrará, así como la función que tendrá la obra que se quiere realizar, ya que a cada uso como bien se sabe, corresponde una solución determinada, que a la vez estará influenciada por la ubicación que tenga.

Las dos principales condicionantes son: el lugar, en el que se debe analizar en clima y el microclima y el proyecto, con el fin de determinar criterios generales de diseño.

Para desarrollar un proyecto en general, siempre es necesario la determinación de un lugar, el cual presenta características específicas que faciliten el desarrollo del proyecto o también que el lugar presente cualidades que un proyecto está buscando.

Todo edificio que utilice la energía solar:

- Deberá estar diseñado de manera que pueda absorber o rechazar el calor procedente del sol cuando lo requiera.
- Tendrá una estructura cuyas pérdidas hacia el exterior sean lo más pequeñas posibles.
- Deberá poseer un comportamiento térmico que permita conservar el confort interior, a pesar de las fuerzas climáticas que actúen sobre su protección solar.

2.13 NORMATIVA PERUANA

El Ministerio de Vivienda en conjunto con el sector privado ha hecho posible el lanzamiento de una Norma que brinde información del tipo de construcción que se debe lograr para lograr la sostenibilidad en el sector de vivienda. La falta de normativa ha hecho que el sector de construcción produzca edificaciones durante años sin medidas ni conceptos sostenibles. Países de Sudamérica han venido incluyendo normas de sostenibilidad desde décadas, en Perú se promulgo en la Modificación del Título III del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobado por Decreto Supremo N° 006-2014-VIVIENDA el 9 de mayo 2014.

Tabla N° 2. 1: Zona Bioclimática del Perú.

Zona bioclimática	Definición climática
1	Desértico costero
2	Desértico
3	Interandino bajo
4	Mesoandino
5	Altoandino
6	Nevado
7	Ceja de Montaña
8	Subtropical húmedo
9	Tropical húmedo

Fuente: Norma de Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética, Decreto Supremo N° 006-2014-VIVIENDA

Todo proyectos de edificación debe cumplir con los lineamientos indicados en la norma, donde la clasificación climática define los parámetros ambientales de grandes áreas geográficas, necesaria para aplicar estrategias de diseño bioclimático de una edificación y obtener confort.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE EDIFICACIONES

3.1 METODOLOGÍA BIM Y SU ALCANCE CON EL ANALISIS CLIMÁTICO

La metodología BIM puede intervenir en el desarrollo de edificios y ciudades desde la primera idea de proyecto hasta la demolición del edificio. El BIM centraliza de toda la información referente al edificio o infraestructura en un archivo o modelo BIM que habla sobre la estructura, los materiales, detalles de encuentros, arquitectura, distribución, mobiliario, presupuesto, cálculos de instalaciones, etc. El beneficio de la aplicación en la metodología está en todos sus procesos. La gran biblioteca de los requisitos de la construcción, especificaciones de diseño, e información operacional creada con BIM tiene un valor incalculable, y puede utilizarse para ahorrar dinero en la operación y mantenimiento de las instalaciones. Al final todos los procesos deben de ser capaces de crear edificios con las mejores condiciones económicas y sociales, pero al mismo tiempo se tiene que pensar en el entorno que rodea al edificio y en cómo gestionar las obras de forma eficiente.

El análisis bioclimático en el proceso de vida de una edificación proporciona condiciones informativas para poder trazar las bases a donde se dirige los lineamientos del proyecto. Sin duda contar esa información es una ventaja que tendrá resultados a largo plazo. En la Figura 3.1 se puede observar cómo se proyecta una edificación según su inversión a lo largo de su vida útil. La metodología BIM involucra todos los procesos mediante sus herramientas, esto hace que los estudios sean vinculantes.

El análisis climático vincula directamente el proceso inicial, donde se verán parámetros de diseño según el lugar y condiciones climáticas. También durante la construcción se verá el cuidado de ciertos elementos susceptibles a las condiciones climáticas en corto plazo, luego de este proceso la edificación viene a mostrar los resultados de todas las etapas anteriores en donde pone a prueba real todas las condiciones planteadas anteriormente. En cada uno de estos procesos el uso del modelo BIM es importante, ya que son esos los que logran ser vinculantes.

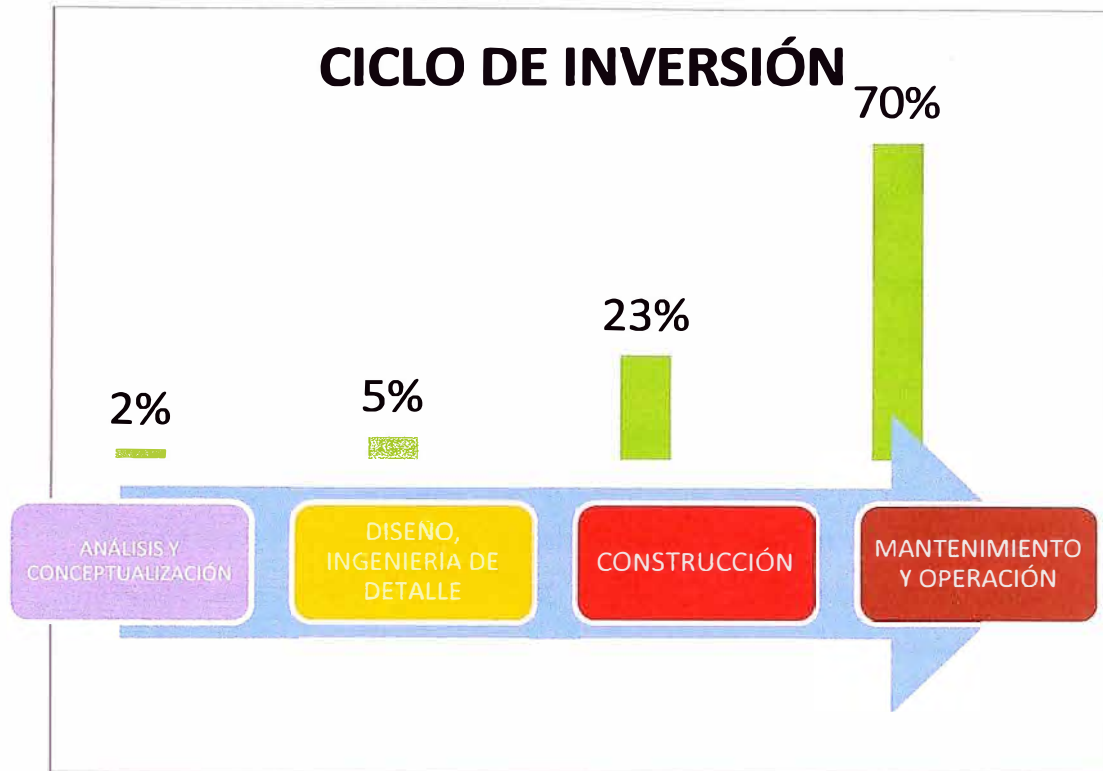


Figura N°3. 1: Ciclo de Inversión en un proyecto de edificación.

Fuente: Comité BIM 2014

El uso de un Modelo BIM empieza desde la planificación de un proyecto arquitectónico, el diseño y construcción del mismo hasta la operación y mantenimiento. Las decisiones que tienen más alcance se toman desde la etapa del análisis y la conceptualización, las cuales son de difícil cambio a lo largo del tiempo.

3.1.1 ANÁLISIS Y CONCEPTUALIZACIÓN

Es el proceso en el cual las aplicaciones de modelado inteligente utilizan un Modelo BIM para determinar la mejor ingeniería basada en especificaciones de diseño. El desarrollo de esta información es la base que pasara al propietario y/o operador de una edificación. Usando software especializado y aplicándolo en un modelo BIM, se podrá determinar un mejor análisis climático que resulte en un mejor diseño respetando las especificaciones normativas requeridas. Esas herramientas de análisis y simulación pueden mejorar el diseño de

un elemento arquitectónico de forma significativa y disminuir el consumo energético durante la vida útil del edificio.

3.1.2 DISEÑO

Es el proceso en el cual una aplicación 3D es usada para crear un modelo inteligente BIM del Proyecto en base a cierto criterio de diseño. El Diseño de Especialidades es el primer paso para conectar la información a una base de datos inteligente de donde se pueden extraer propiedades, cantidades, costos, programación entre otros.

A su vez es el proceso en el cual una aplicación de Detección de Conflictos es utilizada durante el proceso de coordinación interdisciplinaria para determinar los conflictos entre las diferentes especialidades y sistemas que la componen antes de ejecutar la obra y de esta manera resolverlos antes de la construcción.

3.1.3 CONSTRUCCIÓN

Es el proceso en el cual se utiliza un Modelo BIM para representar de manera gráfica, los elementos existentes, temporales y propuestos de un proyecto durante su construcción.

Así mismo, este Modelo BIM se puede vincular con el cronograma de obra para representar el proceso constructivo y los requerimientos de la secuencia constructiva.

Es el proceso en el cual se utiliza maquinaria para pre-fabricar objetos directamente de la información contenida en un Modelo BIM, la cual produce las partes necesarias para ser ensambladas en obra.

3.1.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Es el proceso en el cual la funcionalidad de la estructura de una edificación (muros, columnas, pisos, techo, etc.) y los equipos que la sirven (mecánicos, sanitarios, eléctricos, etc.) son mantenidos durante la operación de la edificación.

Un programa de mantenimiento exitoso mejorara de manera significativa la performance del edificio, reduciendo reparaciones y costos generales.

3.2 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO USANDO HERRAMIENTAS BIM

Es el proceso en el cual aplicaciones de modelado inteligente utilizan un Modelo BIM para determinar la mejor ingeniería basada en especificaciones de diseño. El desarrollo de esta información es la base que se pasara al propietario y/o operador de una edificación

Usando software especializado y aplicándolo en un modelo BIM, se podrá determinar el mejor análisis climático o energético que refleje en un mejor diseño o que respete las especificaciones normativas requeridas.

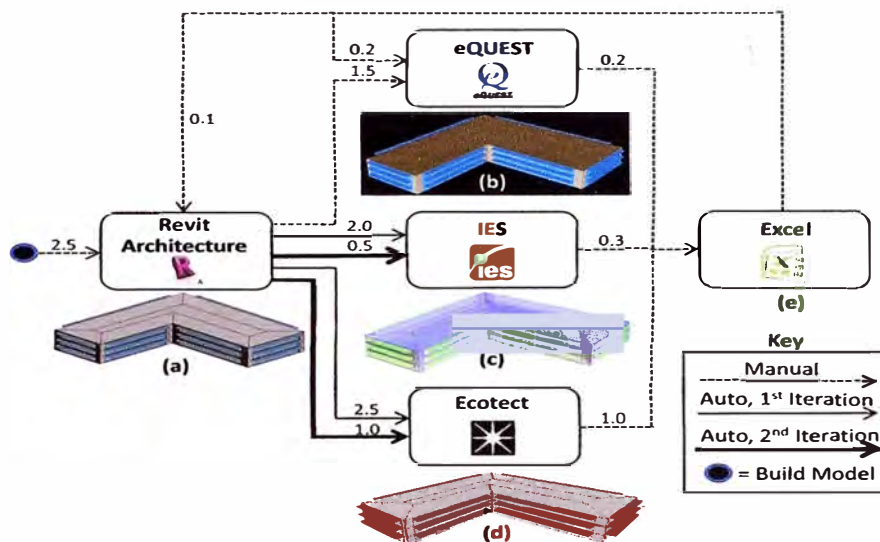


Figura N°3. 2: Modelo Simple de simulación térmica- CIFE

Fuente. CIFE, Paper N° TR 200. (Welle, B., J. Haymaker, and Z. Rogers)

Las herramientas permitirán un mejor panorama para plantear las ideas de diseño que albergarán todos los conceptos de ahorro energético posibles. Debido al modo como se hacen estos análisis se podrán hacer reiterativos y convocar a usar varias herramientas a la vez.

El ciclo analítico está constituido por los principales efectos de la naturaleza sobre la edificación, todo esto teniendo un proceso continuo y reiterativo donde se trata de manejar la información previa a varios conceptos del edificio en su forma y masa.

3.3 HERRAMIENTAS BIM

Se le llaman herramientas al conjunto de instrumentos que se utilizan en la metodología BIM para poder modelar, analizar, crear y gestionar información. Las herramientas que se plantea en la tesis tienen características de poder involucrar aspectos climáticos con modelos 3D.

3.3.1 AUTODESK ECOTEC ANALISYS

Autodesk Ecotect Analysis es una herramienta computacional para diseño y análisis de edificaciones a partir de su modelo BIM, considerando desempeño térmico, lumínico, acústico, de sombras, recursos y costos. Permite evaluar diversas opciones de diseño de una edificación a fin de reducir el consumo energético.

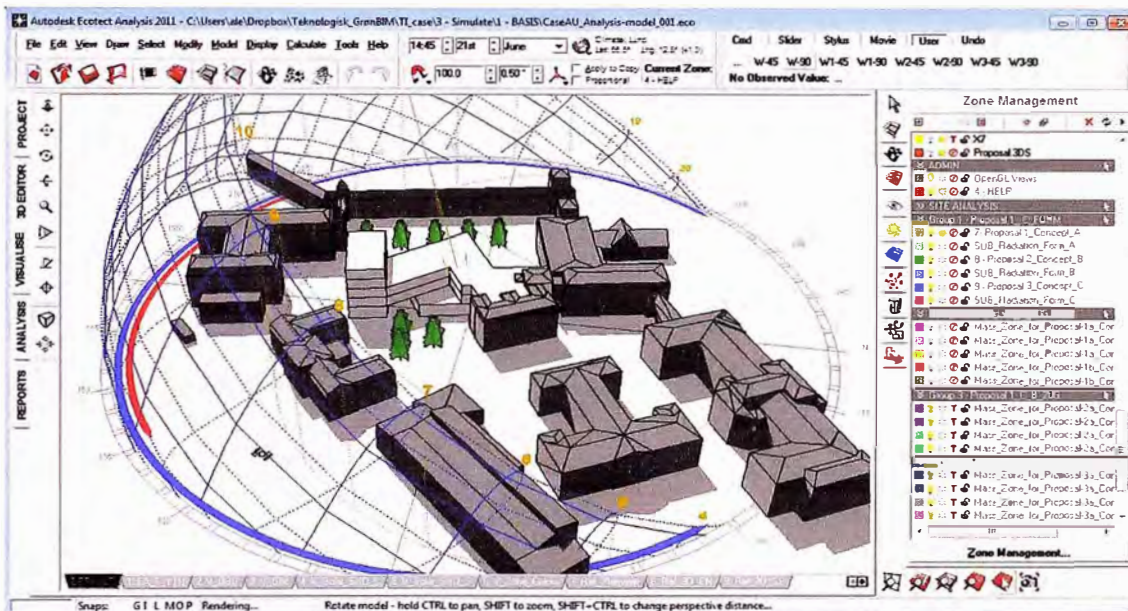


Figura N°3. 3: Interface Autodesk Ecotect

Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=Zo_JemwbqNA

Esta herramienta cuenta con una interfaz amigable para el usuario y distintas posibilidades de análisis. Las utilidades y herramientas más destacadas de Autodesk Ecotect Analysis son:

- Interfaz amigable que facilita el modelado y el intercambio de geometrías complejas.

- Permite la importación de geometrías complejas en formatos 3D-CAD como 3DS y DXF, creados con programas más familiares para el modelado como Revit, ArchiCAD o AutoCAD.
- Cálculos de sombras y radiación visuales.
- Rango amplio de simulaciones sobre acústica, iluminación y consumo Energético.
- Entorno gráfico para la visualización de resultados

La última versión liberada de Autodesk Ecotect es la 2011. Desde entonces no se han liberado actualizaciones.

3.3.2 AUTODESK FLOW DESIGN

Autodesk Flow Design es una herramienta BIM que tiene un túnel de viento virtual en 3D para simular el flujo de aire sobre y alrededor de sus diseños. Se puede importar una amplia gama de formatos de geometría y de imagen y visualizar resultados de flujo en segundos.

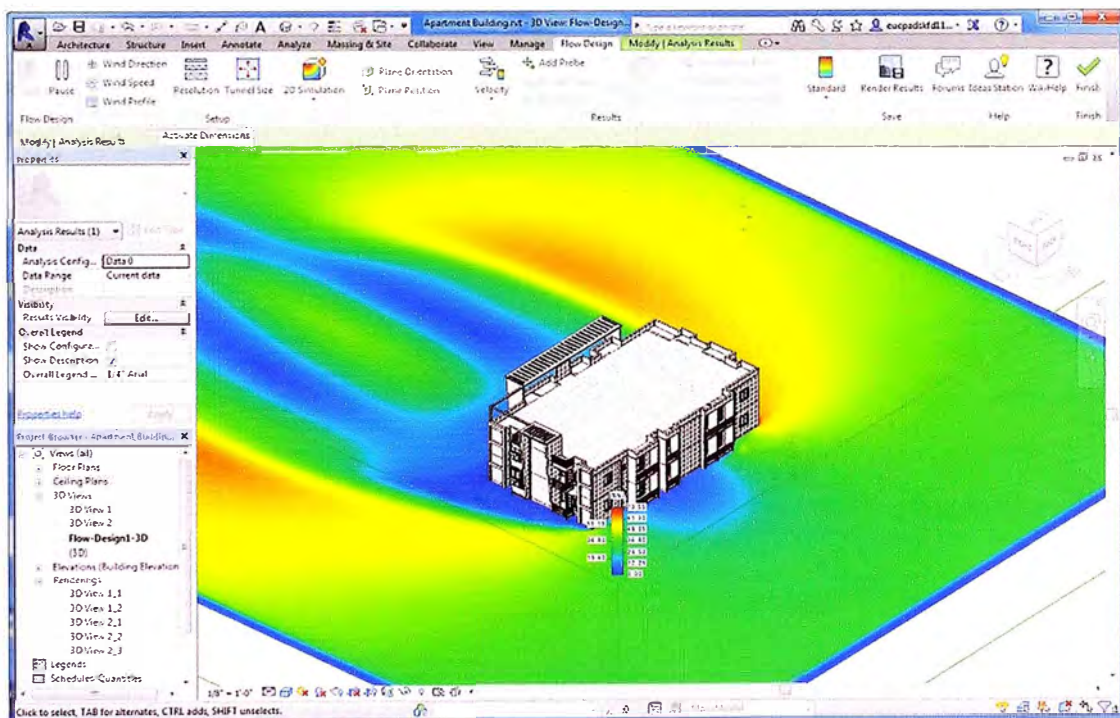


Figura N°3. 4: Interface Autodesk Flow Design

Fuente: <http://knowledge.autodesk.com/support/flow-design/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/ENU/FlowDesign/files/GUID-D00495AD-945E-41CE-835C-99DF7024DA0-htm.html>

Esta herramienta muestra las ráfagas alrededor de los edificios, las estelas detrás de los coches, y el flujo de aire alrededor de los productos más cercanos para ayudar a descubrir y resolver problemas relacionados con el flujo a un costo menor.

3.3.3 AUTODESK VASARI

Project Vasari fue una aplicación independiente construida con la misma tecnología que la plataforma Autodesk Revit. Fue concebida para ser usada por arquitectos y otros profesionales que no necesitan las herramientas completas de producción del software Autodesk Revit Architecture. Centrado en el diseño conceptual de edificios a través del modelado paramétrico y geométrico, Project Vasari soportaba el diseño basado en rendimiento a través del análisis y el modelado integrado de la energía. Tenía un tunnel de viento parecido al Autodesk Flow Design.

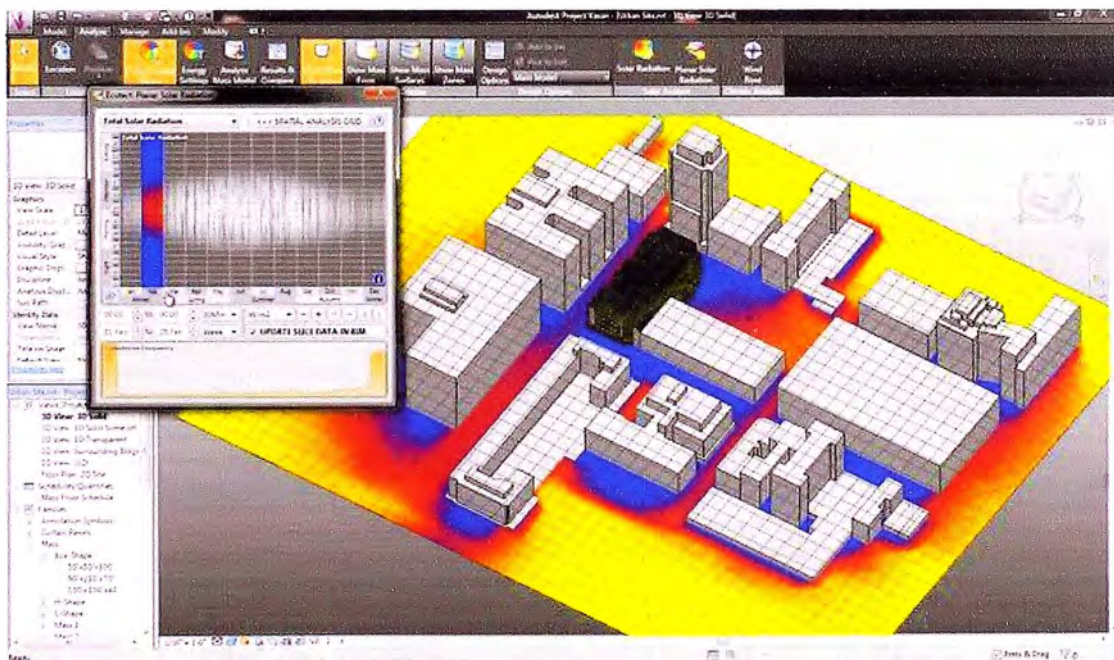


Figura N°3. 5: Interface Autodesk Project Vasari

Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=Zo_JemwbgnA

La herramienta estuvo a prueba hasta mayo del 2015, luego de eso sus aplicaciones fueron reproducidas en otras herramientas de Autodesk. Para Autodesk es muy importante que en ciertas ciudades se pueda contar con el análisis de viento, que básicamente es la influencia que

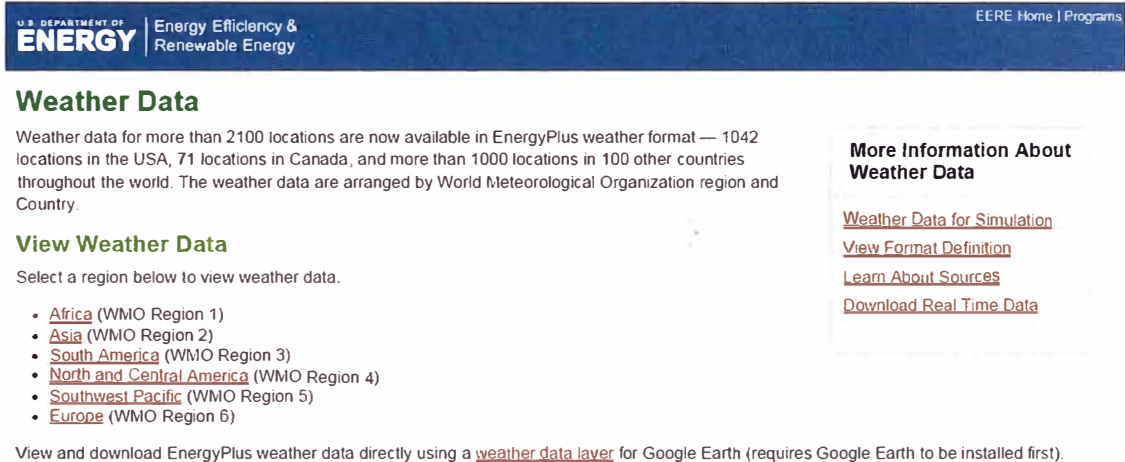
tienen los vientos sobre las edificaciones y para hacerlo, Ecotec Wind Tunnel, que es una simulación digital de un túnel de viento.

3.4 SIMULACIONES BIM

3.4.1 CLIMA

Para poder extraer los datos climáticos de una ciudad y representarlos a través del programa informático de Autodesk Ecotect es necesario obtener el archivo de clima de dicho lugar. Para ello existen diferentes fuentes donde encontramos dichos archivos de clima, entre ellas:

- Energy plus. Los archivos de clima se pueden descargar directamente de la página web sin costo alguno. Descargar el fichero ZIP que se encontrará en dicha página web y extraer el archivo en EPW.



The screenshot shows the EnergyPlus website interface. At the top, there is a blue header with the U.S. Department of Energy logo and the text 'Energy Efficiency & Renewable Energy'. Below the header, the main content area is titled 'Weather Data'. It contains a paragraph stating that weather data for more than 2100 locations are available in EnergyPlus weather format. Below this, there is a section titled 'View Weather Data' with a sub-instruction to 'Select a region below to view weather data.' followed by a bulleted list of regions: Africa (WMO Region 1), Asia (WMO Region 2), South America (WMO Region 3), North and Central America (WMO Region 4), Southwest Pacific (WMO Region 5), and Europe (WMO Region 6). To the right of the main content, there is a box titled 'More Information About Weather Data' containing links for 'Weather Data for Simulation', 'View Format Definition', 'Learn About Sources', and 'Download Real Time Data'. At the bottom of the page, there is a note about viewing and downloading data directly using a weather data layer for Google Earth.

Figura N°3. 6: Energy Plus Website

Fuente: <https://energyplus.net/weather>

- Meteonorm 5.1. Es un programa informático que contiene una de las bases de datos climáticos más completas. El programa es de pago pero se puede descargar de la página web una versión de prueba que te permite descargar los datos climáticos de las principales ciudades en el mundo. Sin embargo da la oportunidad de ver el funcionamiento

del software y el tipo de información que se puede conseguir.
<http://meteonorm.com/download/software/>

A continuación se explica el funcionamiento básico de Meteonorm (versión 5.1) y cómo extraer de él archivos de clima. En primer lugar, es importante tener en cuenta los parámetros que se puede proporcionar Meteonorm:

- Ta: Temperatura del aire (°C)
- Gh: Radiación Global (w/m²)
- FF: Velocidad del viento (m/s)
- Td: Temperatura del punto de rocío (°C)
- RR: Precipitación (mm)
- Rd: Días con precipitación >0.9mm
- Sd: Duración de la insolación efectiva (h)
- DD: Dirección del viento (°)

Meteonorm, aunque es una amplísima base de datos, evidentemente no dispone de todos los datos meteorológicos de cualquier lugar. En estos casos, el programa interpolará ficheros de clima de ciudades cercanas para generar un archivo de clima aproximado.

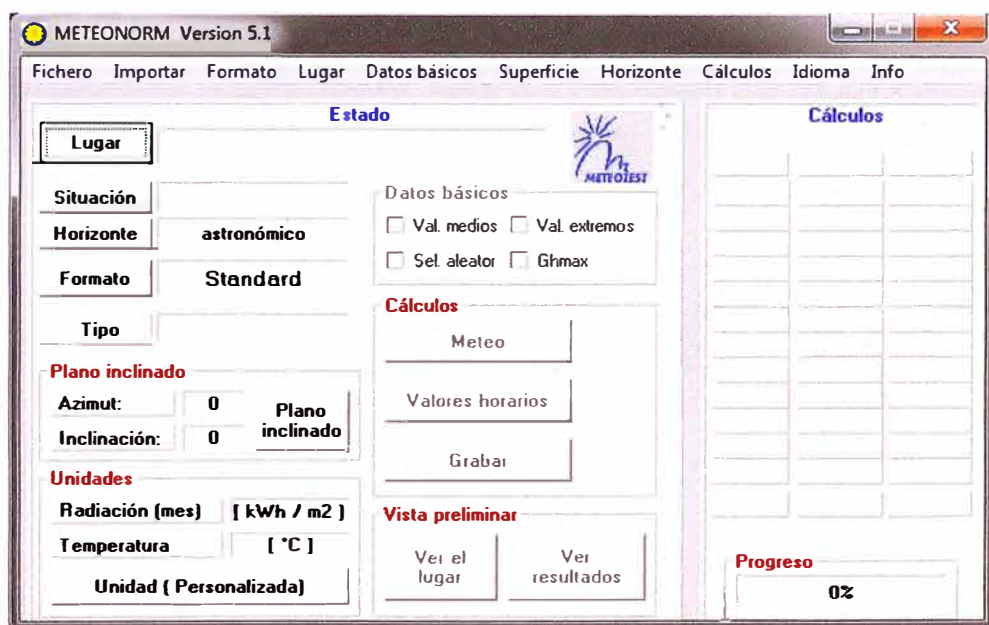


Figura N°3. 7: Interface Meteonorm

Fuente: Meteonorm

El Weather Tools es la aplicación de Autodesk Ecotect donde se almacenan los climas de las diferentes ciudades del mundo que tiene el programa, si le faltara alguno lo obtendríamos mediante el Meteonorm.

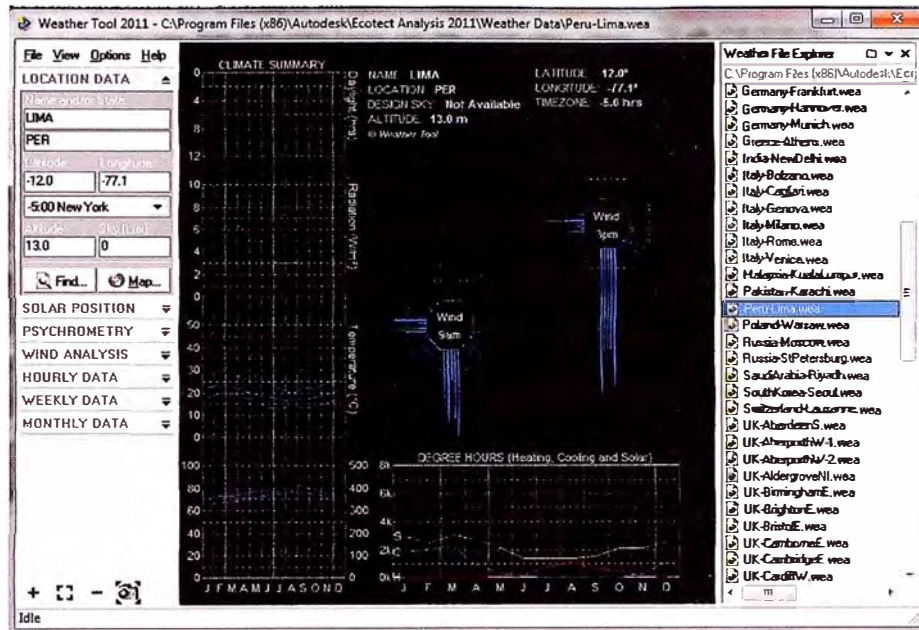


Figura N°3. 8: Weather Tool

Fuente: Autodesk Ecotect

La superficie donde se efectúa el análisis puede ser cualquier plano e inclusive volúmenes, esta elección se hace con las “GRID” o rejillas que proporciona el programa de análisis. Estas rejillas indican los valores del análisis, donde la precisión mejora cuando se hace más pequeñas las rejillas.

Tipo de ajuste



Figura N°3. 9: Tipos de “GRID” o rejillas de analisis

Fuente: Autodesk Ecotect.

3.4.2 ANÁLISIS DE RADIACIÓN

El simple hecho de que una edificación tome una forma tendrá influencia en la cantidad de radiación que impactara sobre esta. Esta situación habilita a que la estética no predomine sobre los diseños, si no el ahorro energético o

protección del confort. Manteniendo una misma área se puede comparar como se comportaría el impacto de la radiación sobre la superficie de una edificación según su sección prismática. La cantidad de radiación se expresa más sobre la que tenga mayor superficie expuesta. Geométricamente la que menor lo expresa es la de sección circular. Eso puede empezar como un simple criterio pero la simulación y las herramientas pueden dar situaciones en donde encontremos formas favorables o desfavorables para los objetivos del diseño. En edificaciones la cantidad de energía usada para extracción de calor en veranos tiene una relación directa con la cantidad de radiación ingresa por las paredes o vanos. Este criterio invita a pensar que la geometría cilíndrica presentaría menor ingreso de radiación a sus ambientes. La decisión de que la edificación tome una forma parecida a una de las tres da una idea como respondería su comportamiento en climas extremos. Un ejemplo similar ocurre con el cuerpo humano, las personas en climas fríos tienden a cerrar manos con un puño, entrelazan los brazos alrededor de su cuerpo o se encogen tratando de tener menos área expuesta por donde puedan perder calor. Para climas cálidos las personas buscan los lugares donde tengan menor exposición a la radiación directa.

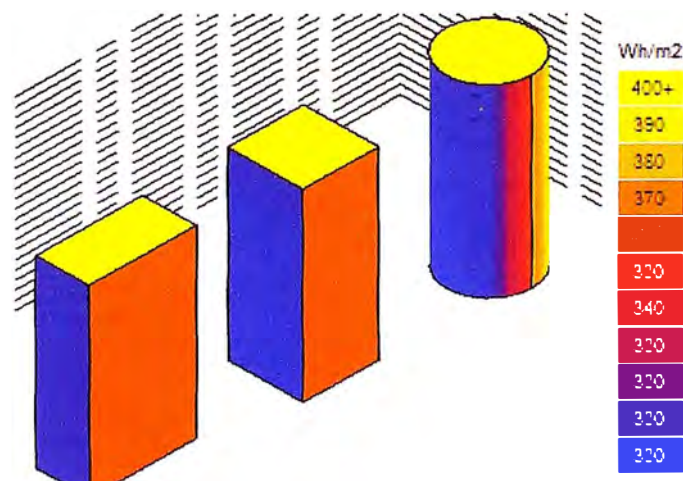


Figura N°3. 10: Impacto de la radiación sobre la volumetría

Fuente: Propia usando Autodesk Ecotect 2015

3.4.3 ANÁLISIS DE VIENTO

Las masas al ser formas de pre diseño rápido pueden invitar a imaginar las diferentes combinaciones que podrían hacer la geometría y la simulación, también podría mostrar el accionar del viento para algunas situaciones.

Estas situaciones podrían dar ideas como actúa el flujo del viento con determinadas geometrías de impacto. Las consideraciones no serán precisas como lo podría hacer un laboratorio aerodinámico, pero representa un aporte al libre conocimiento de los especialistas que aporten a la mejora de cómo se conciben las edificaciones.

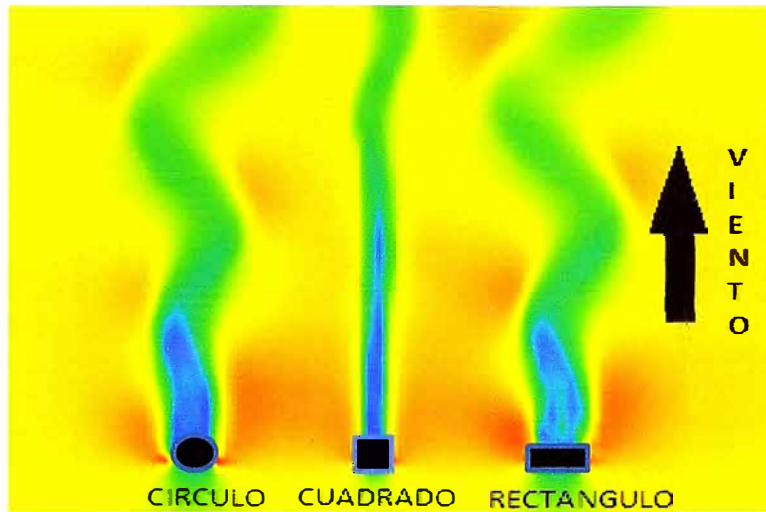


Figura N°3. 11: Vista en planta sobre Impacto del viento en los volúmenes

Fuente: Elaboracion propia usando FLOW Desgin 2015

Las herramientas de modelado conceptual son una forma fácil de crear volúmenes nuevos pero al considerar el estudio de proyectos existentes, necesitaría una forma fácil y directa de hacerlos sin la necesidad de planos o de trabajos de dibujo manual. El enlace de la herramienta y su ubicación se lograra a través de la WEB. La ubicación del modelo se logra mediante un mapa mundial que se puede conectar a la sesión del programa. Este mapa tiene almacenado las imágenes satelitales de las ciudades en el mundo.



Figura N°3. 12: Imagen satelital FIC-UNI

Fuente: Propia usando Google Earth 2016

3.4.4 ANÁLISIS DE SOMBRAS

Los movimientos aparentes del sol tienen un estudio que se puede lograr con la herramienta Autodesk Ecotec Análisis, esa herramienta permite mediante un modelado de la geometría básica saber cómo se comportaría una misma edificación en distintos lugares del planeta con respecto a sus sombras. Con las sombras se generan formas y casos donde los criterios varían respecto al lugar donde se analice. Para lugares donde el sol está inclinado con respecto al cenit la luz puede solo beneficiar a unos ambientes en particular y otros no. Esta herramienta controla los tiempos, de esta manera las estaciones climáticas pueden ser analizadas, y según la edificación puede tener cierto criterio según su uso. Por ejemplo para casas de playas la sombra es algo importante según los ambientes. La ubicación de las piscinas sin recibir sombras durante la estación de verano.

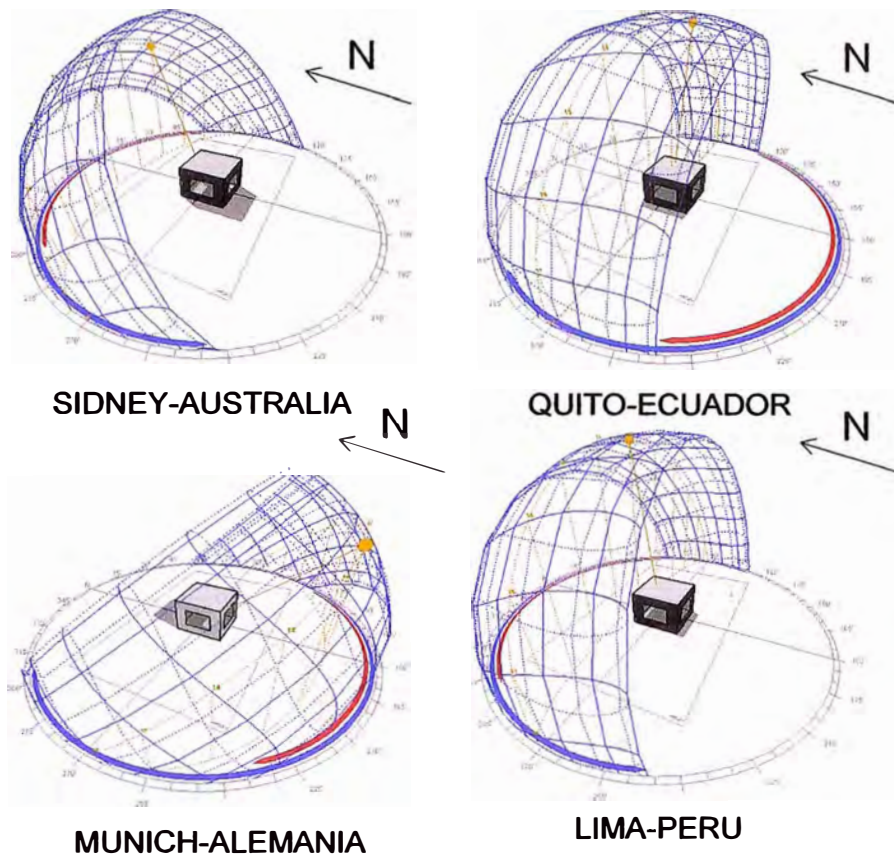


Figura N°3. 13 : Movimiento Aparente solar

Fuente: Autodesk Ecotect

En la herramienta se pueden generar sombras para cualquier hora y día del año. Para usar esta herramienta no es necesario aun colocar los climas aún, solo bastaría con saber la latitud y su longitud de la ciudad que se va a estudiar.

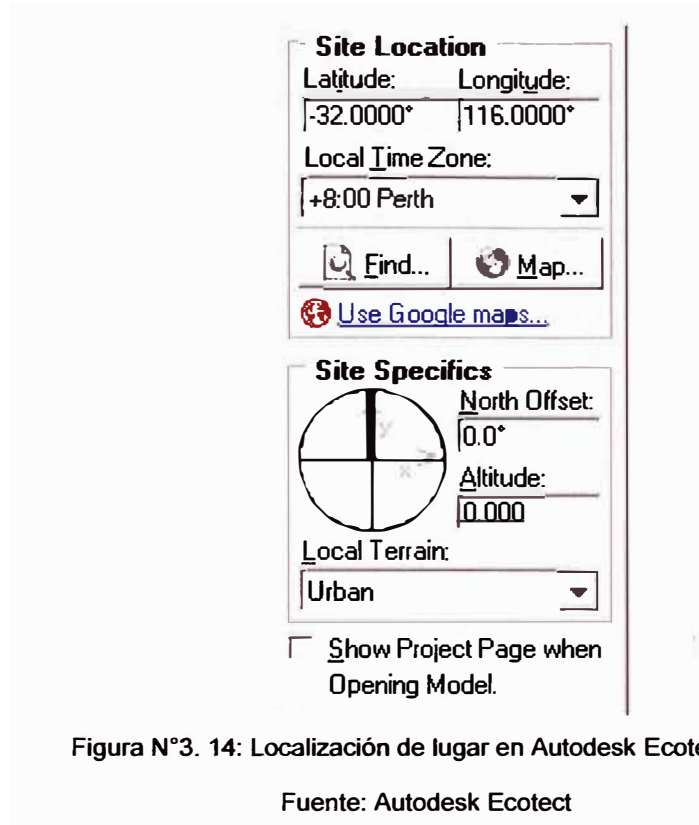


Figura N°3. 14: Localización de lugar en Autodesk Ecotect

Fuente: Autodesk Ecotect

3.4.5 ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN

Actualmente, el modelo predominante usado para el análisis de iluminación natural de edificios es el Factor Luz Diurna (FLD), que no considera la orientación ni el clima. A través de él se busca alcanzar valores mínimos recomendados según el destino de uso del recinto. Esto ha conducido al diseño de edificios altamente vidriados, que habitualmente presentan serios problemas de sobrecalentamiento y deslumbramiento en sus espacios interiores. Ambos fenómenos son esencialmente dinámicos y, por tanto, pueden presentar variaciones importantes entre una hora y otra. Los indicadores en que debe basarse el diseño de la iluminación natural en edificios, no solo deben entregar una idea de los valores mínimos, sino que también de los máximos, para dar cuenta de los riesgos de deslumbramiento mencionados. Se trata entonces, de caracterizar la iluminación natural del edificio a través de métricas dinámicas que consideren en el tiempo las variaciones climáticas del lugar.

El FLD para estos ambientes depende de la luz del cielo en cierto lugar. Por ejemplo para el Perú el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en la norma EM.110 y capítulo 6, divide al país en 9 zonas bioclimáticas.

Tabla N° 3. 1: Iluminación del cielo en Zonas Bioclimática del Perú.

Zona bioclimática	Iluminación Exterior Promedio
1	5500 Lm.
2	6000 Lm.
3	7500 Lm.
4	8500 Lm.
5	9000 Lm.
6	10000 Lm.
7	7500 Lm.
8	7500 Lm.
9	7500 Lm.

Fuente: Norma de Confort Lumínico y Térmico

Según la tabla de clasificación de zonas bioclimáticas del Perú, Lima se ubica en un lugar donde el cielo es menos despejado y disminuye el ingreso de la iluminación a la ciudad.

La iluminación según el RNE, debe tener valores mínimos para que se pueda tener confort lumínico en ciertos ambientes. Muchas escenas naturales tienen una iluminación bastante compleja, con sombras y puntos destacados que producen lecturas de lux diferentes en distintas partes de la escena. Por ello, es importante tener en cuenta que una lectura de lux no indica las condiciones de iluminación de una zona completa, ni tampoco sobre la dirección de la luz.

$$E_{int} = FDL * E_{ext}$$

Dónde:

- FLD: El Factor de Luz de Día (%)
- E_{ext} : Iluminación Exterior (Lux)
- E_{int} : Iluminación Interior (Lux)

Si el cielo tiene un promedio de 5500 lux para los cálculos en la zona bioclimática “Desértico Marino”, los 250 de lux que necesita en el interior para poder hacer actividades académicas serían un porcentaje del total de la luz del cielo.

Tabla N°3. 2: Cuadro de iluminación mínima

Norma A 040 , Norma EM 010	
AMBIENTES	ILUMINANCIA (lux)
Aulas	250
Sala de Lectura	300
Sala de Computo	500
Oficinas de trabajo intenso	750

Fuente: RNE, Norma A 040, Norma EM 010.

Con los valores de la Tabla 3.2 se obtiene en porcentajes los valores que se requieren para poder realizar ciertas actividades. Para la sala de lectura el Factor Luz Diurna (FLD) debe tener un 5.4%, para salas de computo 9.09% y para lugares de trabajo intenso 13.6%.

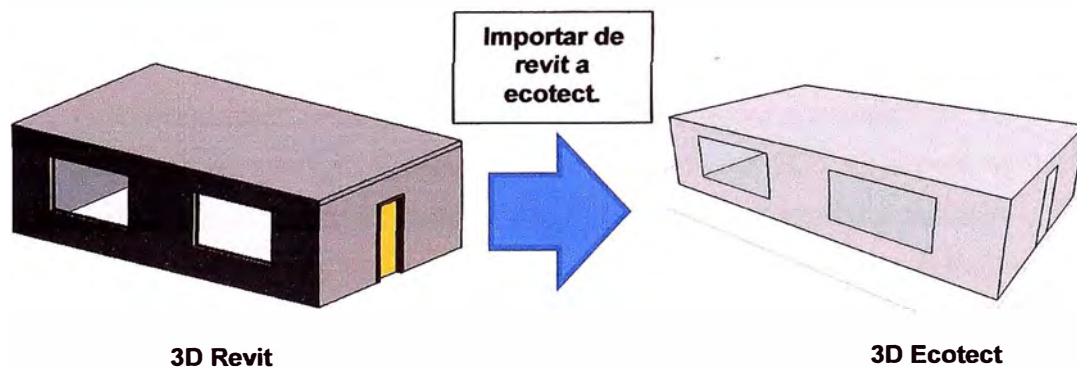


Figura N°3. 15: Comparación de la calidad de modelado con Ecotect y Autodesk Revit

Fuente: Elaboración propia Autodesk Ecotect y Autodesk Revit.

La herramienta BIM permite de manera rápida crear los ambientes de análisis. El factor FLD se mide en el interior del ambiente y genera resultados que para la Fig. 3.19 muestra valores bajos por su poco acceso a la luz natural.

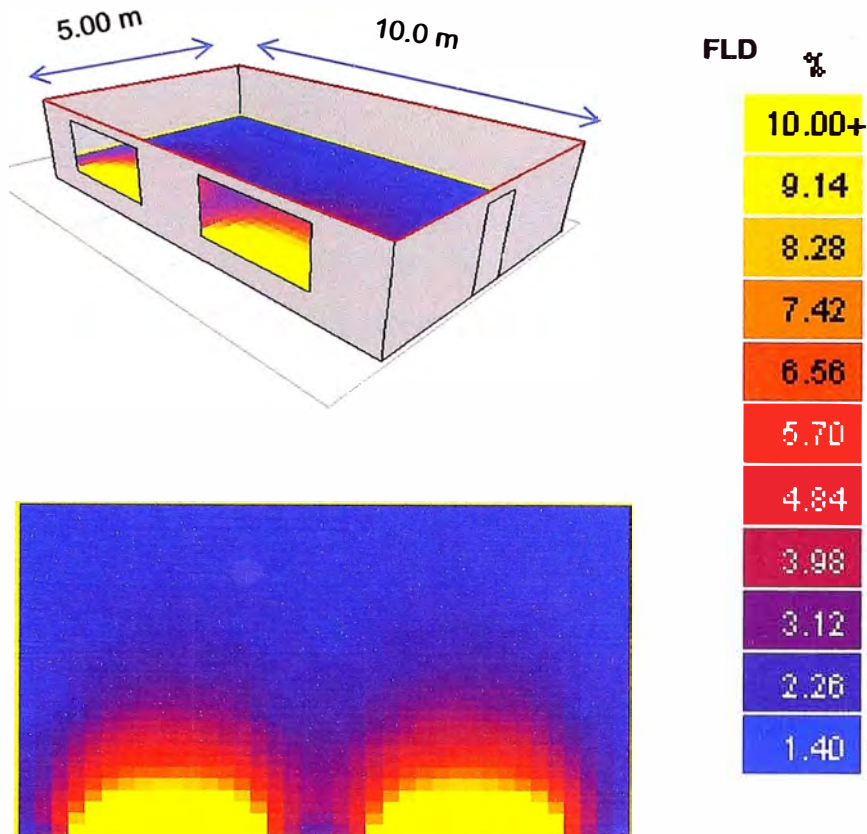


Figura N°3. 16: Análisis de iluminación de ambiente con 2 ventanas
Fuente: Propia usando la herramienta Autodesk Ecotect.

Para ambientes cerrados simplemente se da nuevos accesos de luz para poder llegar a tener los valores mínimos del factor FLD. El simple hecho de colocar vanos podría implicar la mejora de la calidad del espacio.

Tener accesos de luz en distintas orientaciones genera que el FLD se regularize logrando una mejor distribución de la luz. La idea es ver las zonas que son necesarias adecuar luz artificial.

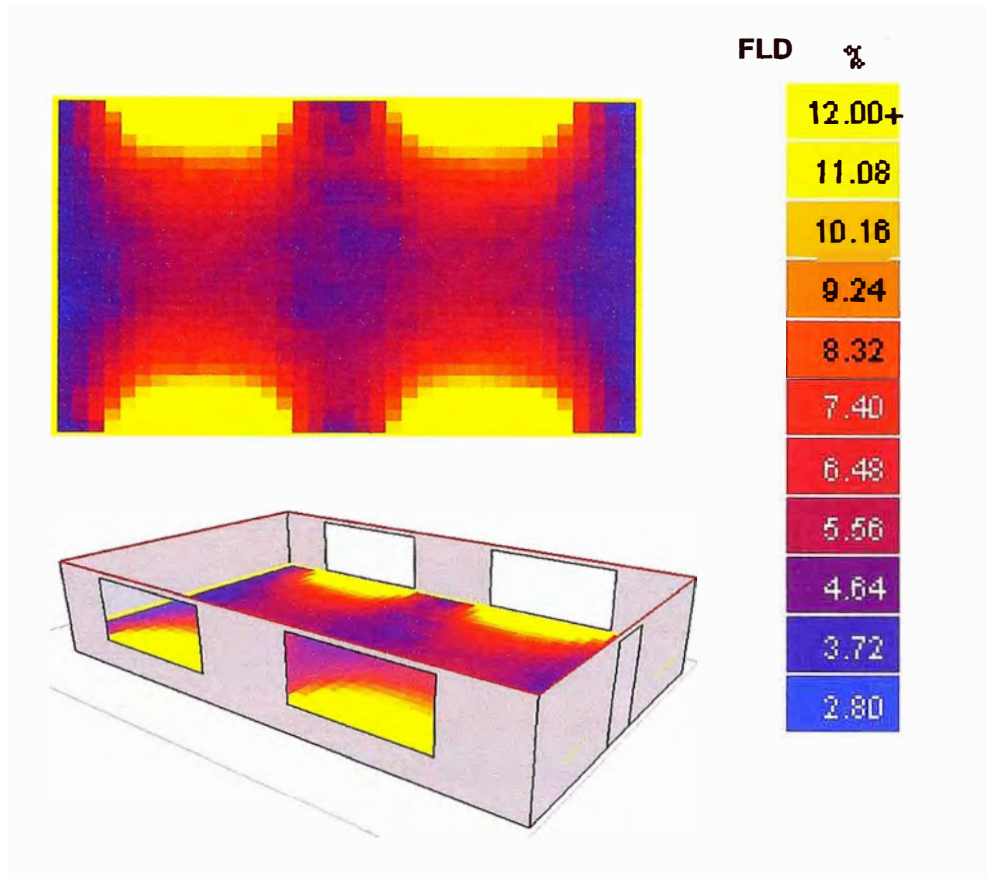


Figura N°3. 17: Análisis de iluminación de ambiente con 4 ventanas

Fuente: Elaboración propia usando la herramienta Autodesk Ecotect.

En la Figura N° 3.20 se observa el aumento del Factor de Luz Diurna debido a la aparición de 2 ventanas.

3.4.6 ANÁLISIS DE INSOLACIÓN

Una de las formas que genera mayor discomfort en las edificaciones es cuando la radiación incide directamente al interior de los ambientes. Esto genera una insolación a zonas donde supuestamente se protege a los usuarios. Para calcular la radiación solar incidente sobre una superficie se puede usar varios métodos, uno de ellos es a través de la herramienta "solar access analysis". En donde permite seleccionar el periodo o fecha que se desea hacer el estudio, también los valores acumulados, promedios y extremos. Según el nivel de precisión que elijamos para el análisis de insolación el tiempo de espera de los resultados será distinto.

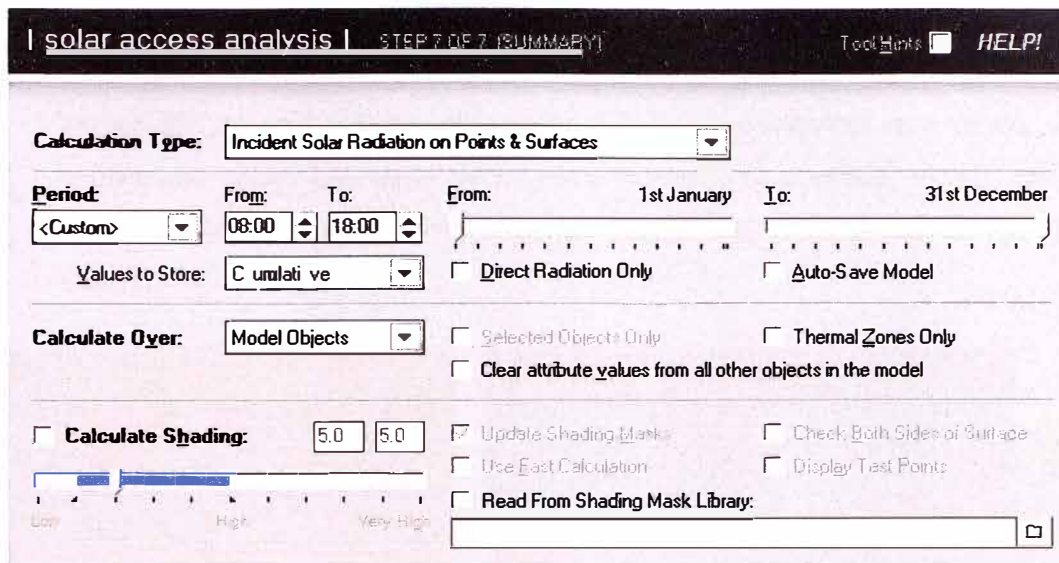


Figura N°3. 18: Resumen de solar access analysis

Fuente: Autodesk Ecotect.

La protección solar es muy importante para lograr el confort en los ambientes. Los aleros y cortasoles son algunas de las formas de protección solar, estos deberán ser bien orientados y controlados. El uso de la herramienta BIM genera mejores opiniones para lograr el confort, así se logra una tarea continua donde los diseñadores puedan debatir las técnicas y teorías de protección solar.

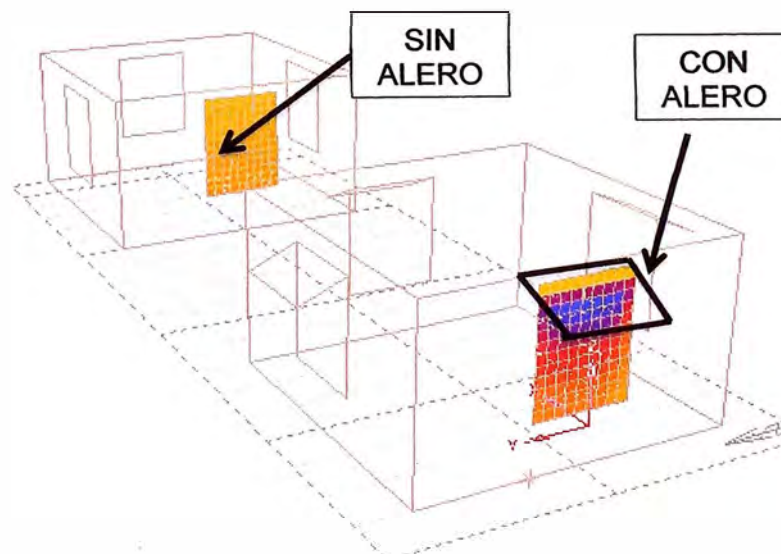


Figura N°3. 19: Análisis de radiación para las ventanas.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

La cantidad de energía que ingresa por lo vanos será una forma de calentar los ambientes. En climas tropicales se genera un sobregasto en extracción de aire caliente que habrá sobre los ambientes con vanos sin protección solar. La herramienta permite cuantificar estos valores para poder hacer comparaciones numéricas de las mejores opciones de diseño.

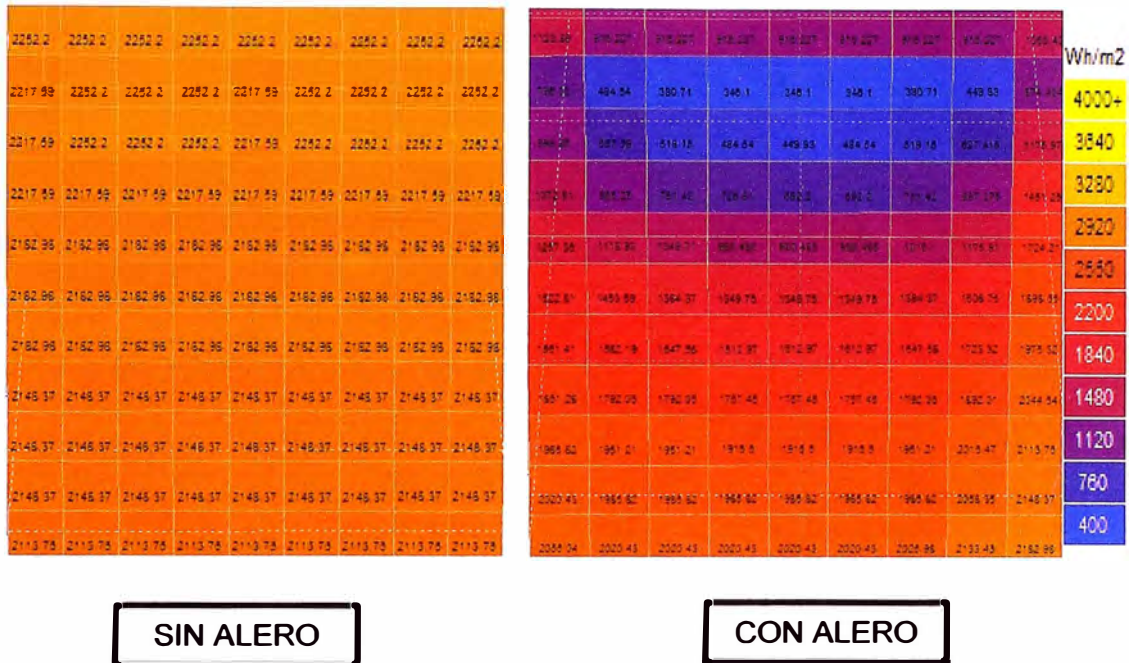


Figura N°3. 20: Resultados del analisis de radiacion

Fuente: Elaboración propia usando la herramienta Autodesk Ecotect 2011

En la ventana sin alero la radiación promedio anual en Lima nos muestran valores de 2182 Wh/m2, en la ventana con alero los valores disminuyen a un promedio 1440 Wh/m2, según el SENAMHI para Lima la radiación promedio en el día es de 5500 Wh/m2. Los valores encontrados son menores que el promedio diario.

3.4.7 ANÁLISIS DE TÉRMICO

El análisis de temperatura en una edificación permite controlar la ganancia o pérdida de calor en los ambientes interiores según el clima del lugar, los materiales y su forma geométrica. La temperatura debe contrastar con la zona de confort térmico, el cual se adecua a las

condiciones socios ambientales del lugar, y los materiales deben ser usados de acuerdo a las características climáticas del lugar.

La herramienta BIM tiene cargado el clima del lugar, esa estadística sirve como un modo de control de la temperatura en la herramienta. Los datos cargados pertenecen a la parte exterior de la zona, la interacción de la herramienta BIM consiste en calcular el cambio que habrá dentro de los ambientes.

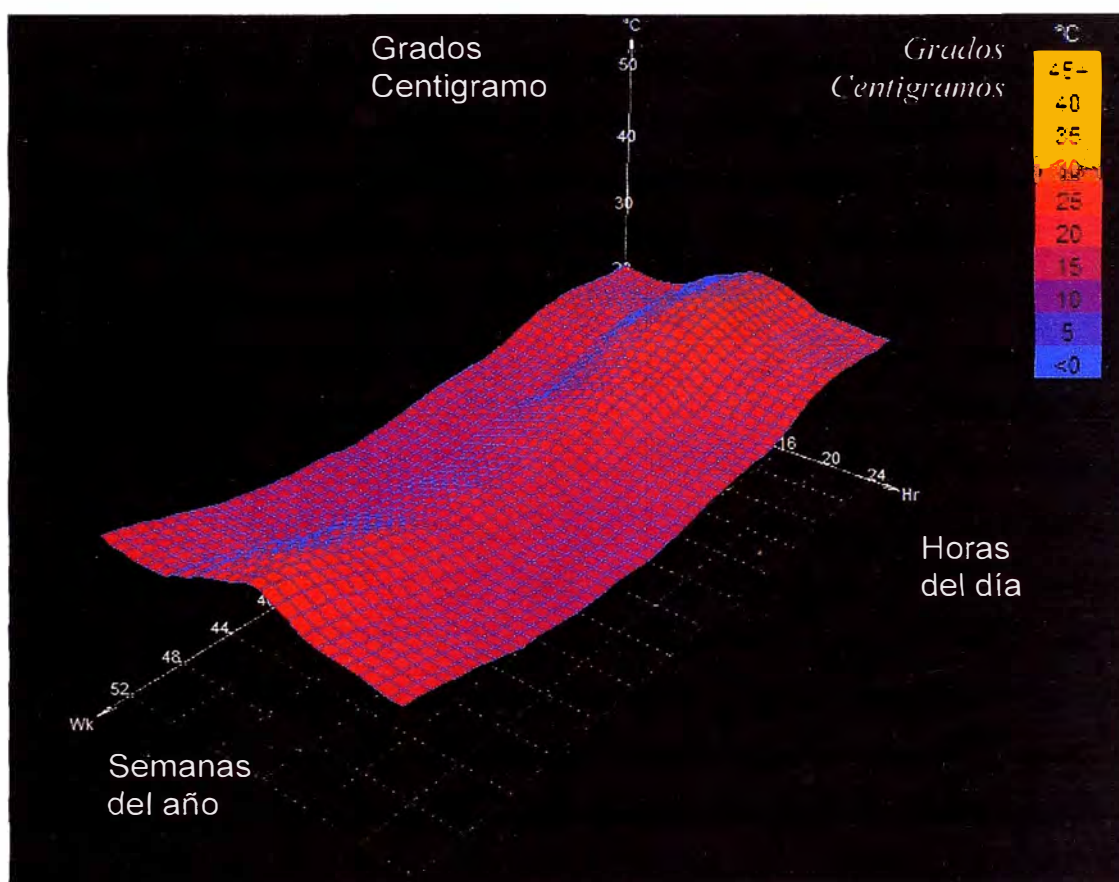


Figura N°3. 21: Promedio de temperatura durante un año.

Fuente: Autodesk Ecotect.

Las temperaturas con las que Autodesk Ecotect trabaja se muestran en la Figura 3.24, esos datos provienen de la data de Energy Plus.

Energy Plus tiene una data mundial de los climas de las ciudades más importantes del mundo.

La herramienta BIM trabaja con zonas térmicas que envuelven a un ambiente con materiales. Los materiales serán administrados según el diseño, los espesores de cada material (ladrillo, madera, concreto, etc.) y su calor específico serán colocados en unos cuadros de datos como muestra la Figura 3.25.

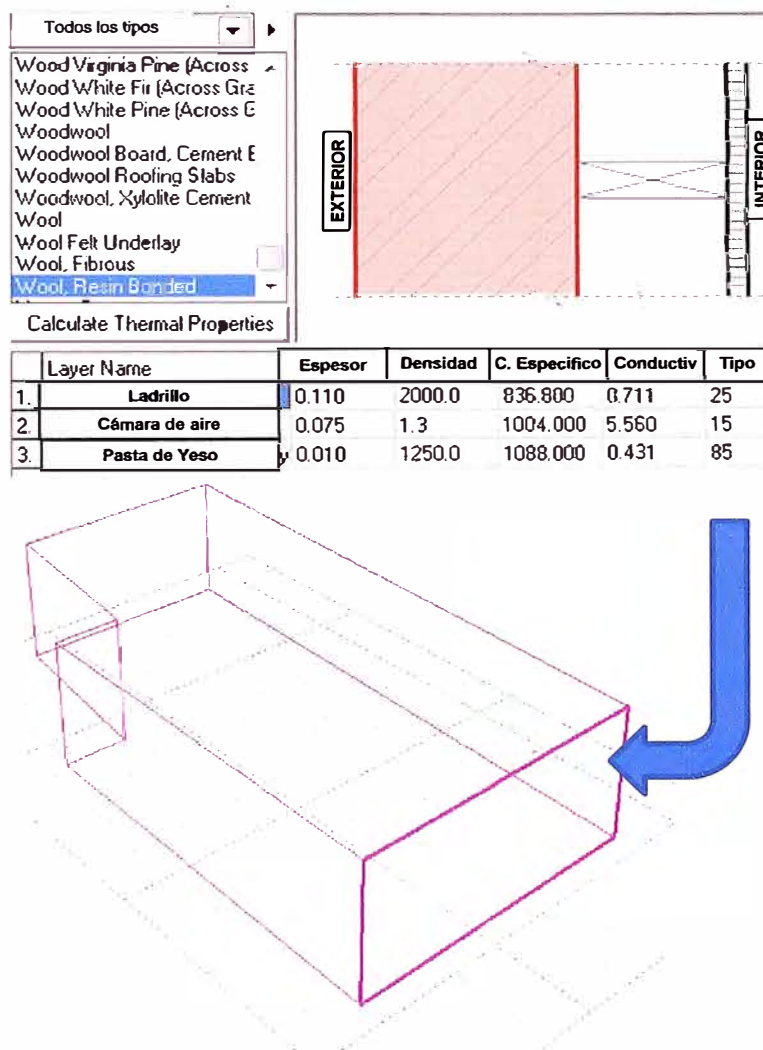


Figura N°3. 22: Materiales de un muro de una Zona térmica.

Fuente: Elaboración propia Autodesk Ecotect

Cada zona térmica da un resultado en donde se permite observar la diferencia de temperatura promedio del ambiente seleccionado con la temperatura exterior, la herramienta tiene cuadros de comparación que se pueden analizar varias zonas a la vez.

Para la Figura 3.26 se tiene una zona térmica modelada con material noble, también llamado tabiquería simple.

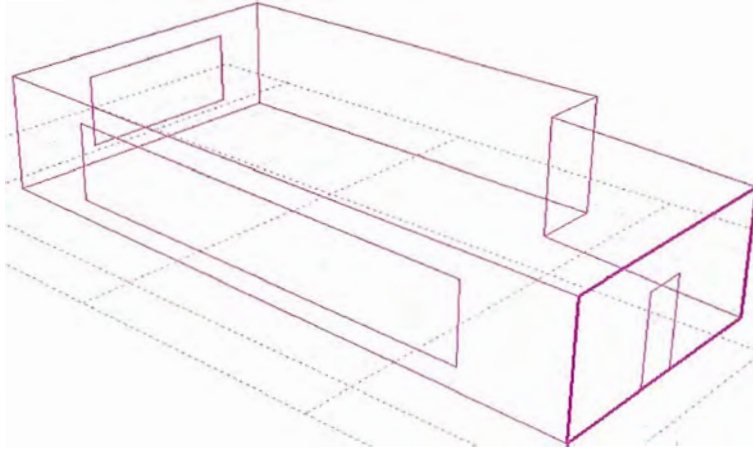


Figura N°3. 23: Zona térmica para el análisis.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

Al analizar el ambiente se observa en la Fig. 3.24 que sus temperaturas interiores del ambiente para un día caluroso son cercanas a la zona de confort térmico de Lima que varía según Wieser entre 18°C y 26 C°

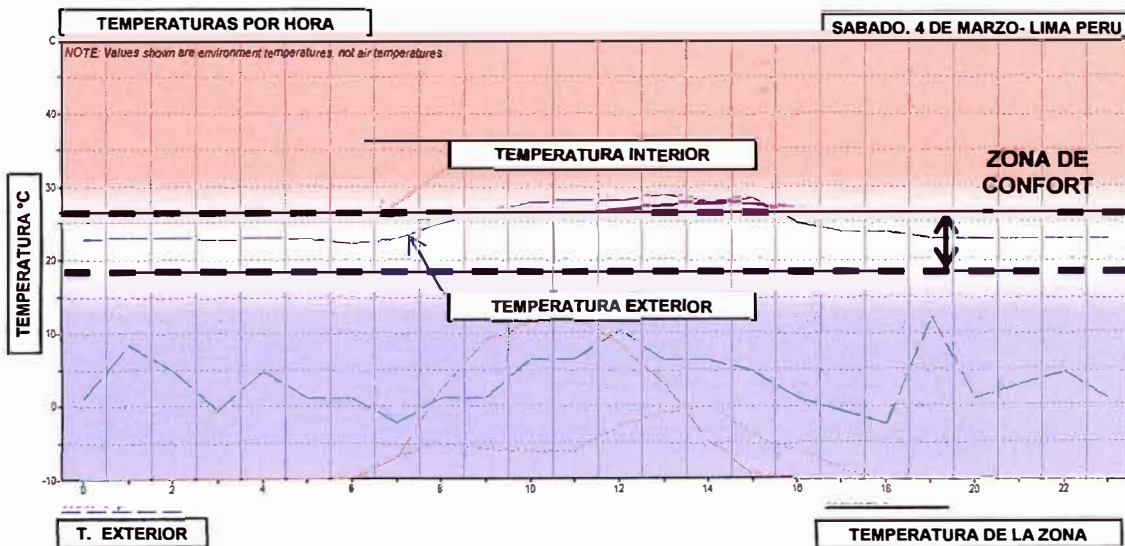


Figura N°3. 24: Cuadro de temperatura de la Zona térmica para la tabiquería.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

Cuando se reemplaza los muros de tabiquería por muros de vidrio simple las temperaturas interiores aumentan, ver Figura N°3.25. Este aumento

es producto al efecto invernadero producido por la radiación que ingresa directamente al ambiente quedando atrapado el calor, eso produce que las temperaturas salgan de la zona de confort entre las 8 a.m. y 4 p.m.

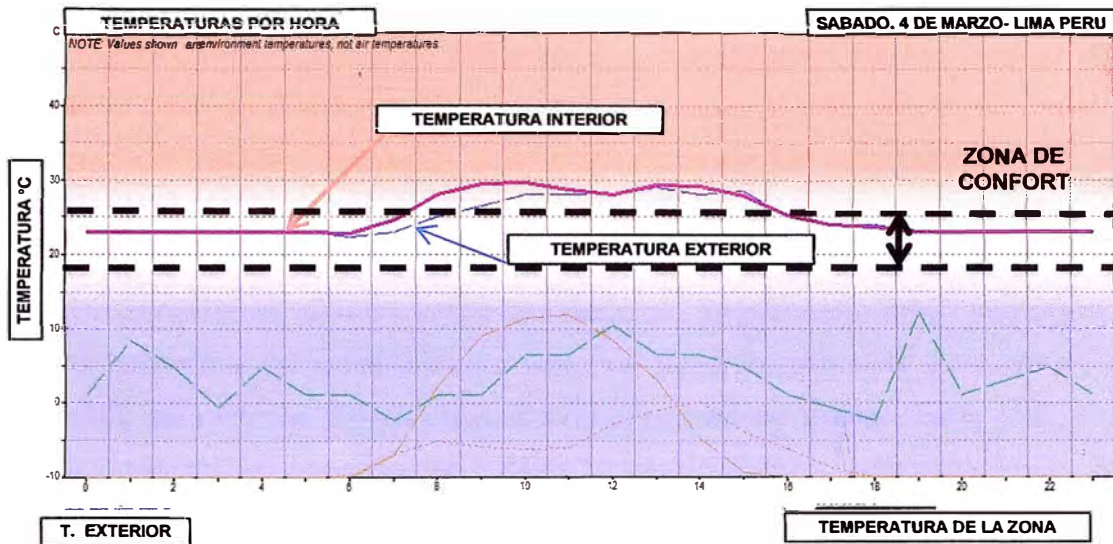


Figura N°3. 25: Cuadro de temperatura de la Zona térmica para vidrio.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

CAPÍTULO IV: CASO DE APLICACIÓN DEL ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE UNA EDIFICACIÓN

4.1 PROYECTO CIIFIC

El proyecto CIIFIC (Centro de información e Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil) es una edificación proyectado a ocho niveles que en su interior albergarán ambientes dedicados a la preparación de los estudiantes como la biblioteca, centro de cómputo y el instituto de investigación de las diversas especialidades de Ingeniería Civil. Constará de salas de estudios, biblioteca, aulas de aprendizaje, oficinas administrativas, etc. El proyecto CIIFIC ha servido para la aplicación del modelamiento BIM con Revit Arquitectura, Estructuras y MEP (3D) así como la pre-construcción de la estructura usando Tekla (4D). En esta oportunidad se estudiará el análisis bioclimático de la edificación (6D). El CIIFIC es una edificación sobre aisladores sísmicos que aíslan el movimiento sísmico en la cimentación del resto de la edificación.

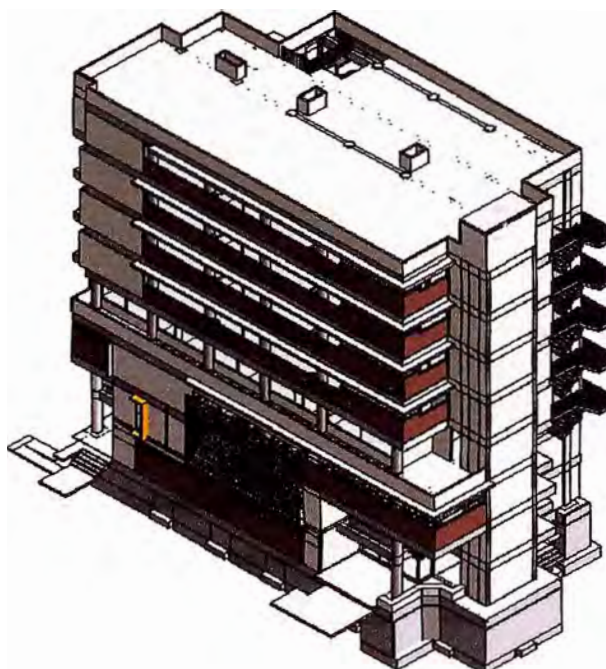


Figura N°4. 1: Modelo del CIIFIC

Fuente: Laboratorio DCV (Diseño y Construcción Virtual) usando Autodesk Revit.

4.1.1 UBICACIÓN

Ubicación: Rímac, Lima, Perú

Altitud: 113 msnm

Latitud: 12° 01' 17.6" S

Longitud: 77° 03' 0.1" O

El CIIFIC se encuentra en el campus de la Universidad Nacional de Ingeniería ubicada en la Av. Túpac Amaru 210 en el distrito de Rímac, Lima, Perú.



Figura N°4. 2: Ubicación del proyecto

Fuente: Laboratorio DCV (Diseño y Construcción Virtual) usando Autodesk Autocad.

4.2 DESARROLLO DEL MODELO BIM

Para el desarrollo del modelo del CIIFIC se hizo uso de la aplicación Autodesk Revit; el modelo fue elaborado por el Laboratorio DCV (Diseño y Construcción Virtual) de la Universidad Nacional de Ingeniería, iniciando en el periodo en el que el proyecto se encontraba en la construcción. Se tomó como base los planos y especificaciones entregadas contractualmente, luego de tres meses y medio se obtuvo el modelo para estudio el cual gradualmente se fue actualizando a lo largo de la investigación.

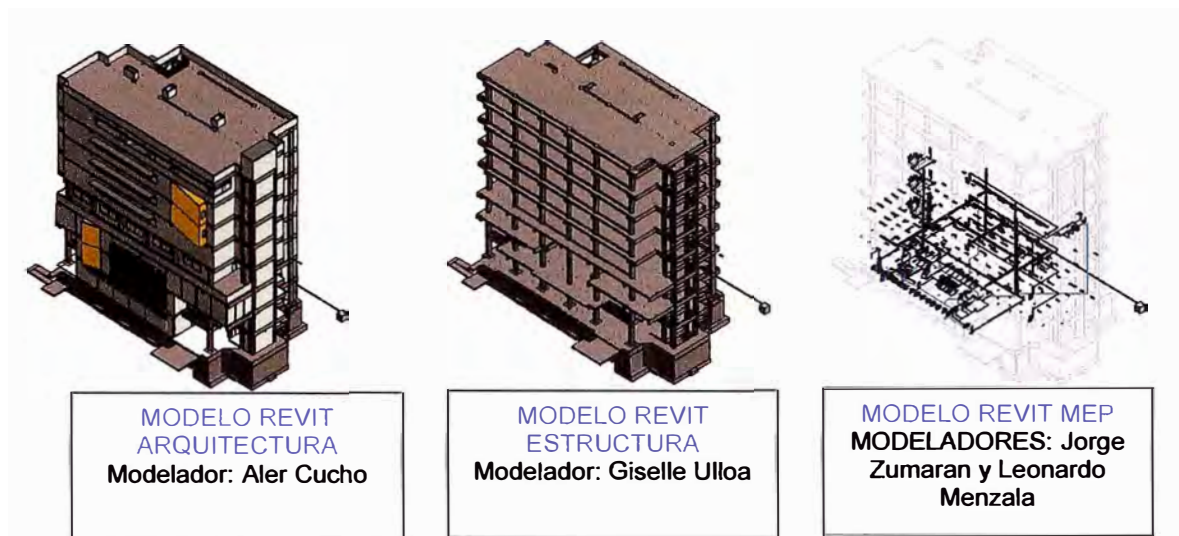


Figura N°4. 3: Modelo BIM- CIIFIC

Fuente: Laboratorio DCV (Diseño y Construcción Virtual) usando Autodesk Revit.

La estructura tiene un modelado en base a elementos de concreto armado, que en su base tiene como soporte los aisladores sísmicos. El modelado estructural se basa en reuniones de planificación detalladas donde se puede generar la mejor toma de decisiones con reuniones interactivas de ingeniería concurrente (Reunión ICE).

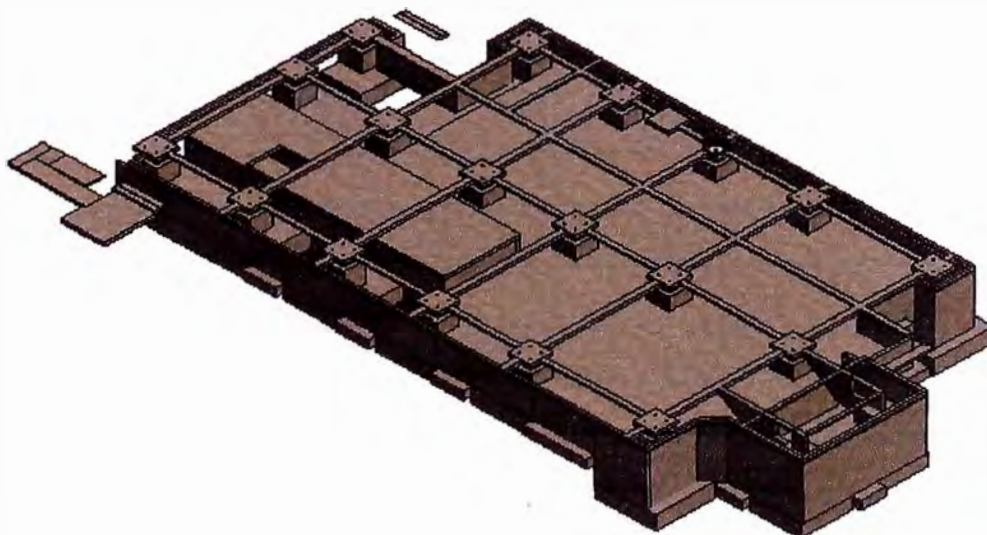


Figura N°4. 4: Cimentación del CIIFIC

Fuente: Laboratorio DCV (Diseño y Construcción Virtual) usando Autodesk Revit .

Los elementos particulares como son los aisladores se modelan desde un creador de familia donde se detalla las principales formas particulares, y hacer que el modelo sea lo más paramétrico posible. Sus dimensiones y sus materiales deben tener acceso para el cambio de información. Eso genera que el modelo proporcione más información que podrá ser utilizada en otros proyectos.

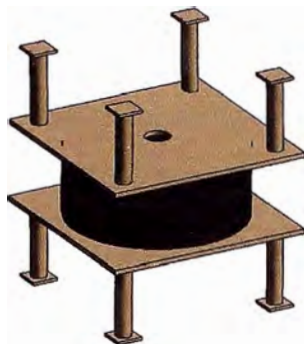


Figura N°4. 5: Modelo BIM de aislador del CIIFIC

Fuente: Laboratorio DCV (Diseño y Construcción Virtual) usando Autodesk Revit.

La metodología BIM permite representar los interiores del proyecto, y darle la distribución adecuada según el diseño en congruencia con el análisis climático. Los materiales para mostrar el acabado se muestra en un catálogo de las herramientas Autodesk Revit donde se puede asignar materiales para luego planificar que colores y materiales con un resultado visual.

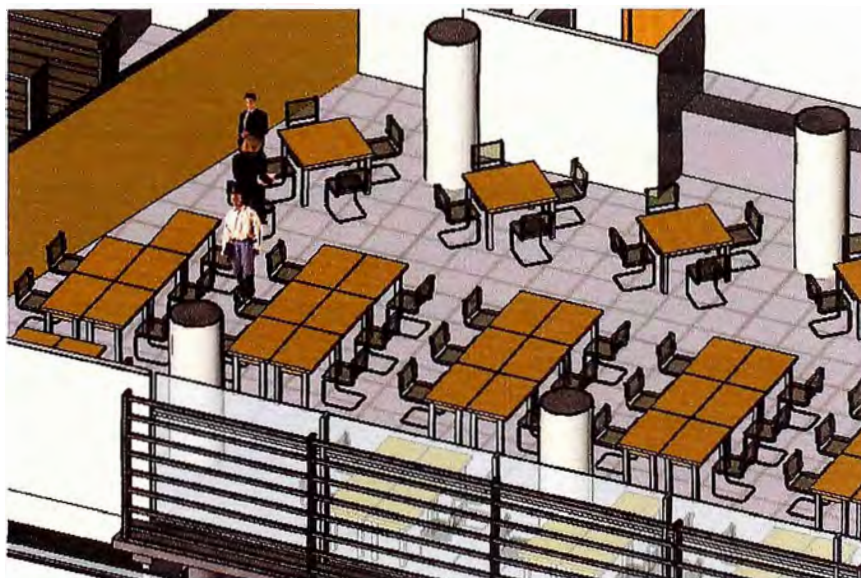


Figura N°4. 6: Modelo BIM del CIIFIC

Fuente: Laboratorio DCV (Diseño y Construcción Virtual) usando Autodesk Revit .

Los sistemas eléctricos, mecánicos y sanitarios están modelados con el objetivo de hacer las interferencias con las demás especialidades para planificar las mejores decisiones en obra donde los problemas tendrán un mayor tiempo para poder resolverlos. Estas especialidades se trabajan de manera independiente, y luego enlazados a un modelo central donde se conectan mediante un punto fijo elegido por el grupo.

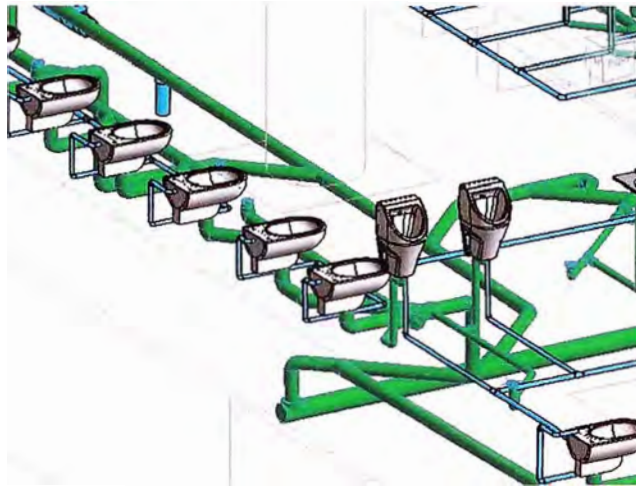


Figura N°4. 7: Modelos de sistema sanitario del CIIFIC

Fuente: Laboratorio DCV (Diseño y Construcción Virtual) usando Autodesk Revit

El análisis climático aumentará la información del proyecto, no solo en la parte constructiva si no en su comportamiento en el futuro. Se tomará el modelo inicial del CIIFIC y se modelará su geometría y forma necesaria para poder hacer el análisis BIM explicado en el capítulo III.

4.3 ANÁLISIS SOLAR

Según su latitud ubicamos el proyecto en la herramienta de simulación donde se puede observar el Movimiento Aparente del Sol (M.A.S.).

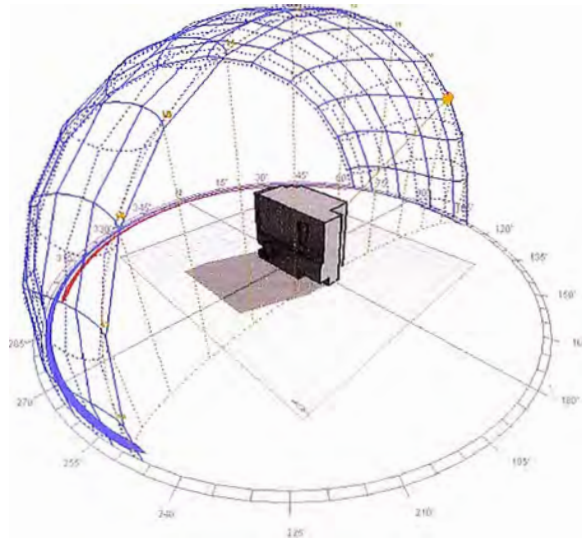


Figura N°4. 8: Vista perspectiva del M.A.S.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

El análisis solar muestra que para los meses de verano, enero y febrero donde encontramos las más altas temperaturas, no habrá sombras hacia el lado Sur, esto significa que para la fachada Sur del CIIFIC estará afectada durante esos días.

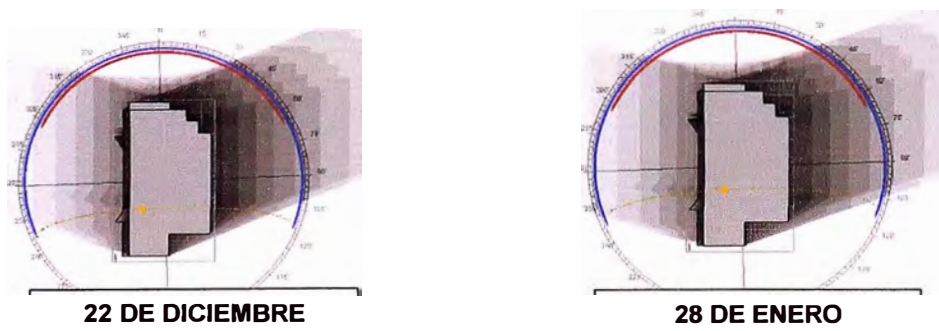


Figura N°4. 9: Proyección de sombras de 8:00 am -6:00 pm para días de verano.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

En horario de trabajo de (8:00 am - 6:00 pm) las proyecciones de las sombras muestra que en las mayores sombras se proyectaran sobre la dirección Este. Esto concluye que el sol se expresara con más intensidad para el lado opuesto (Oeste). Para los días de invierno sucede lo contrario la fachada Sur siempre tendrá sombra.

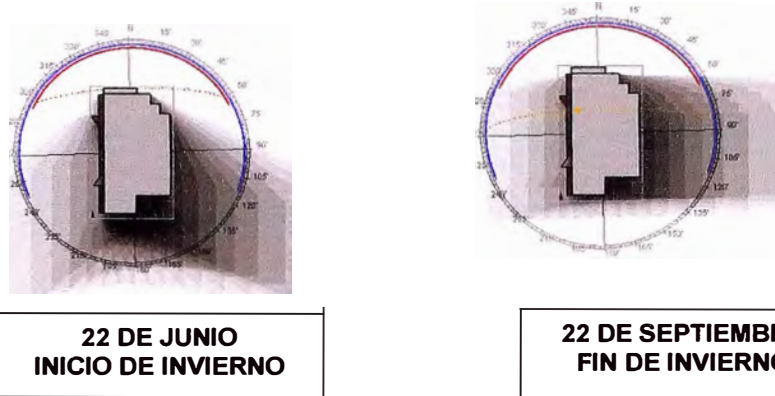


Figura N°4. 10: Proyección de sombras de 8:00 am -6:00 pm para un días de invierno.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

El CIIFIC tiene tres estructuras contiguas que son, por el Norte con el Laboratorio de Mecánica de Suelos, por el Sur con parte del Pabellón G-2, por el Oeste con el pabellón G-5.

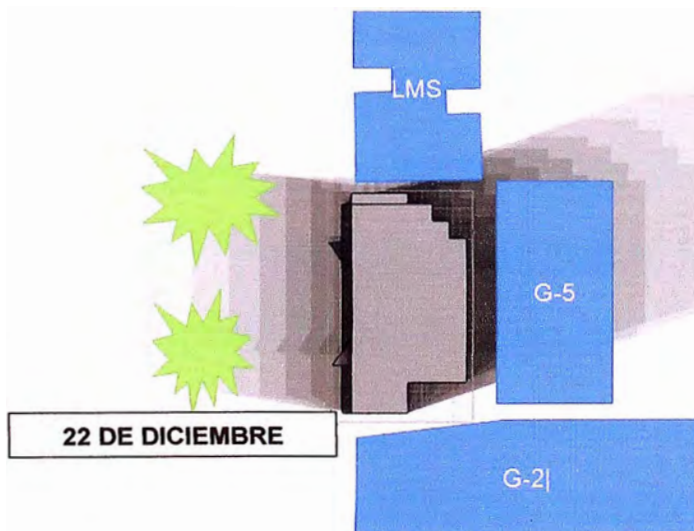


Figura N°4. 11: Proyección de sombras para un día verano con las estructuras vecinas del CIIFIC.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

La fachada principal estará mirando hacia el Oeste, donde se ubican dos árboles de una estimada altura que servirán de protectores naturales solares para los ambientes que limitan al lado Oeste. El pabellón G-5 tiene vanos orientados al Oeste que se verán beneficiadas por la construcción del CIIFIC.

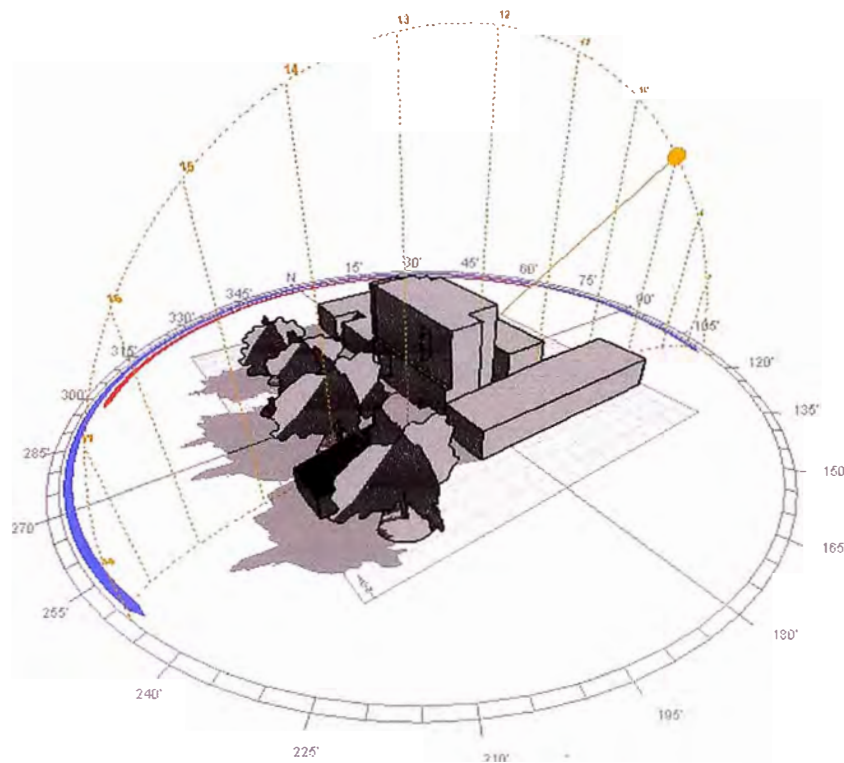


Figura N°4. 12: Perspectiva 3D del entorno del CIIFIC

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect

4.3.1 MEDICIÓN DE LAS SOMBRAS DEL CIIFIC

El CIIFIC ha logrado cambios en el aspecto de la forma como se ilumina los ambientes cercanos que conforman un confort o discomfort en algunos ambientes de acuerdo a algunos términos.



Figura N°4. 13: Sala de estudios (4to piso del pabellón G-5). Fecha 18/10/14 - 4.00 p.m.

Fuente: Elaboración propia

Para el año 2014, se observa en la figura N° 4.13 que en sala de estudios, ubicado en el cuarto piso del pabellón G-5, los rayos caen directamente sobre las mesas de los estudiantes que prefieren estudiar usar otras mesas donde hay sombra como se observa en la fig. N° 4.14.



Figura N°4. 14: Sala de estudios (4to piso del pabellón G-5). Fecha 18/10/14 - 3.00 p.m.

Fuente: Elaboración propia



Figura N°4. 15: Sala de estudios (4to piso del pabellón G-5). Fecha 18/10/16 - 4.00 p.m.

Fuente: Elaboración propia

Para el año 2016 las condiciones mejoraron en la sala de estudios del pabellón G-5, el intenso ingreso de los rayos ya no se dan en las tardes debido a que el CIIFIC está protegiendo el ingreso del sol.



Figura N°4. 16: Sala de estudios (4to piso del pabellón G-5). Fecha 18/02/16 - 3.00 p.m.

Fuente: Elaboración propia

4.4 ANÁLISIS DE VIENTO

4.4.1 ROSA DE VIENTO DE AUTODESK

La rosa de los vientos cuadro muestra la distribución de la velocidad del viento, dirección del viento y la frecuencia relativa de un rango de fecha y hora determinada. La gráfica comprende 16 cuñas angulares, cada uno representando un arco de $22,5^\circ$ alrededor de todo el círculo. El radio global de cada cuña representa el porcentaje de tiempo que el viento vino desde esa dirección durante el período de cálculo.

El gráfico se genera a partir de datos meteorológicos por hora recuperados de la estación meteorológica que ha seleccionado para su proyecto, o la estación meteorológica más cercana a la ubicación del proyecto en este caso Lima. Estos datos se descargan automáticamente del mapa virtual que tiene Autodesk.



Figura N°4. 17: Rosa de Vientos de Autodesk.

Fuente: Autodesk Revit

El gráfico se genera a partir de datos meteorológicos por hora recuperados de la estación meteorológica que ha seleccionado para su proyecto, o la estación meteorológica más cercana a la ubicación del proyecto en este caso Lima. Estos datos se descargan automáticamente del mapa virtual que tiene Autodesk. Esta rosa de viento nos indica que los vientos provienen desde el Sur.

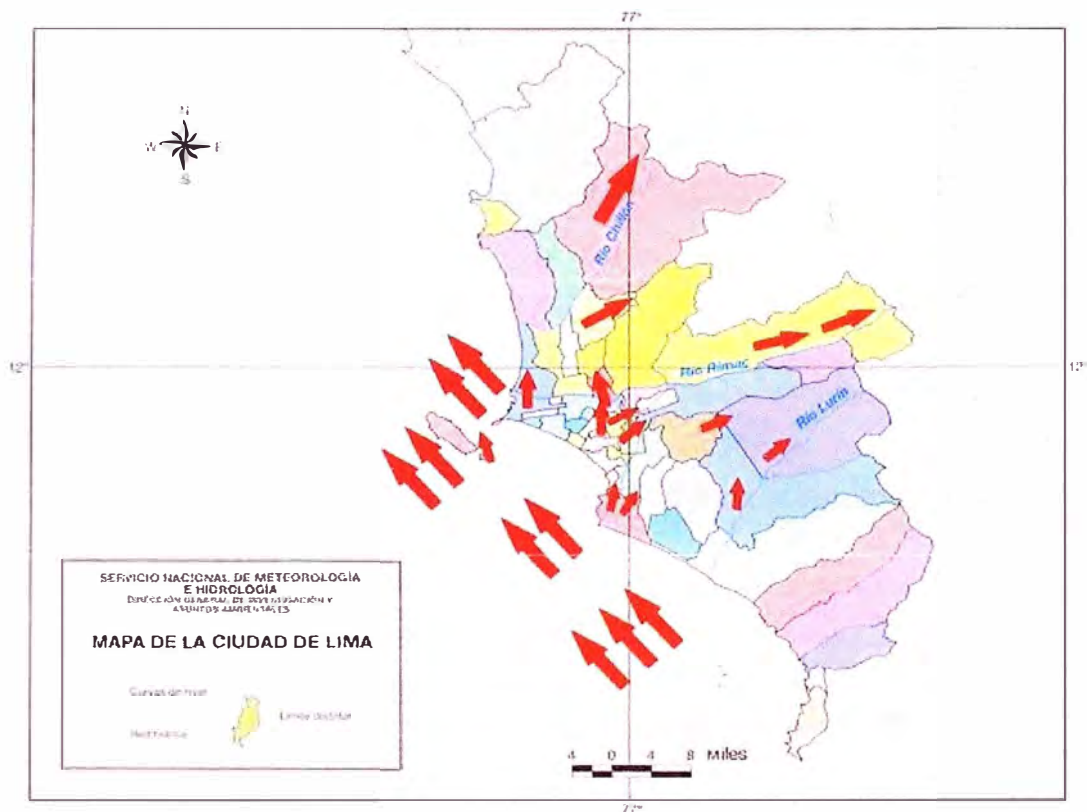


Figura N°4. 18: Vientos predominantes en cuenca atmosférica de Lima Metropolitana, 2009.

Fuente: SENAMHI

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) los vientos que predominan la metrópoli de Lima provienen del Sur y se direccionan hacia el Norte, Noreste y Noroeste.

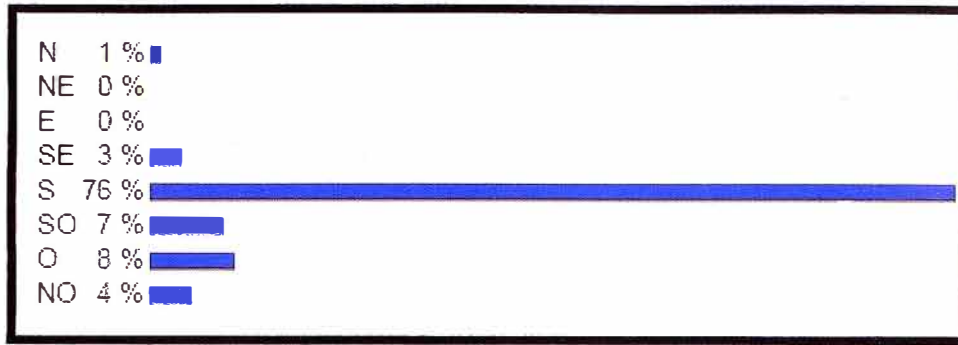


Figura N°4. 19: Estadística de la dirección del viento para el año 2016, Aeropuerto Jorge Chávez.

Fuente: <http://www.woespana.es/weather/maps/>

Como se muestra la figura anterior los vientos medidos en el Aeropuerto Jorge Chávez para el año 2016 tienen como origen predominante el Sur.

4.4.2 EFECTO VENTURI

Cuando dos edificios o paramentos se hallan implantados de manera que formen un colector, se crea una aceleración al nivel del suelo. Al estrecharse, el pasadizo entre los dos edificios provoca una aceleración del flujo.

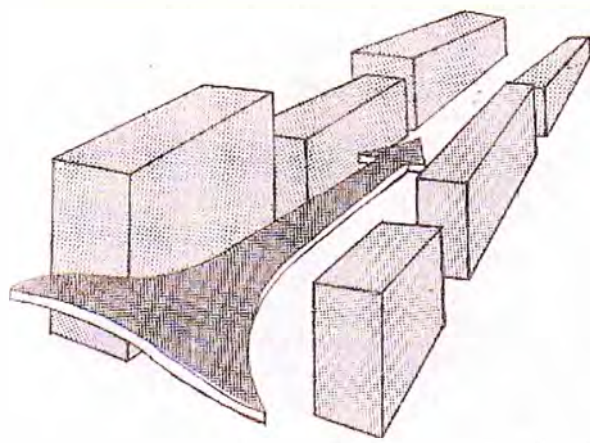


Figura N°4. 20: Efecto Venturi

Fuente: Arquitectura Bioclimática. Universidad Ricardo Palma

La rosa de vientos y el túnel de viento de Autodesk aplicados sobre el modelo de masas que representan las edificaciones cercanas a la Facultad de Ingeniería Civil arrojan un resultado semejante al efecto Venturi.

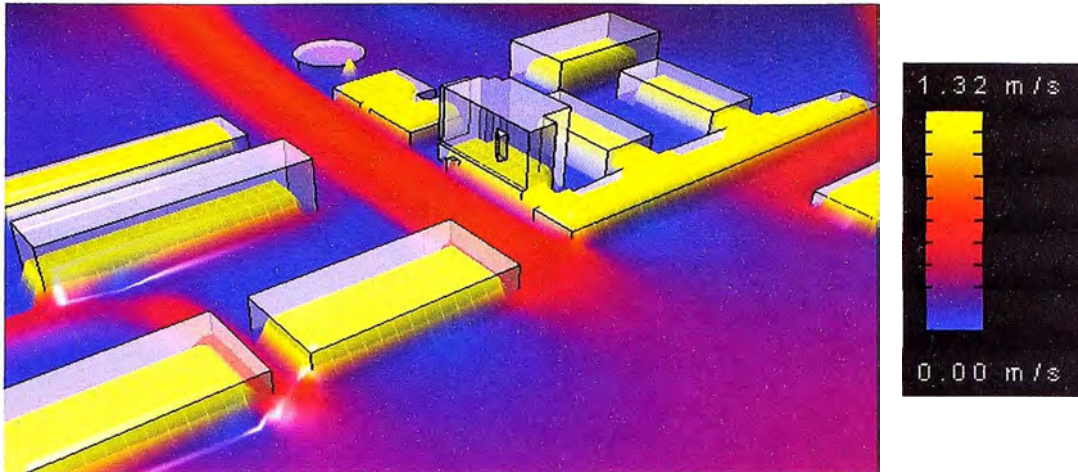


Figura N°4. 21: Simulación de viento del CIIFIC

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Flow Design

En la herramienta BIM la simulación muestra un aumento de velocidades en el corredor de que se encuentra el CIIFIC. Estas velocidades aumentan por el efecto Venturi creado por la distribución de edificaciones. Este efecto es conocido por provocar fuertes ráfagas de viento en zonas comerciales o avenidas.

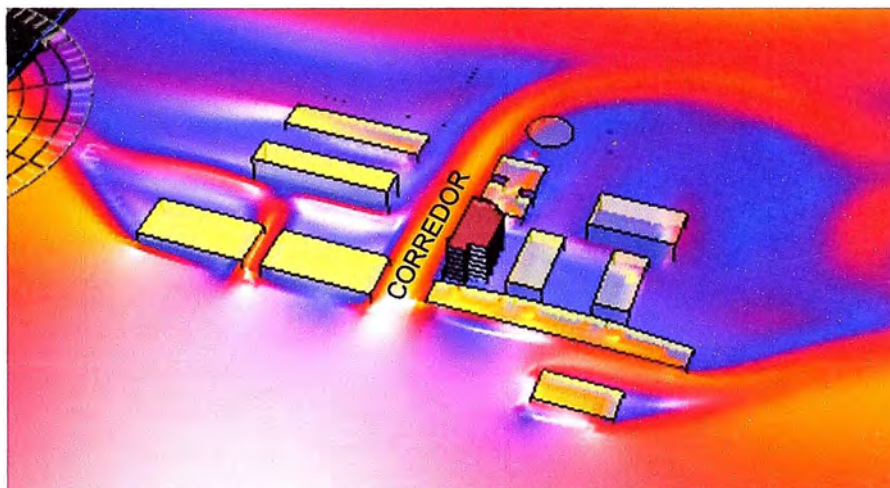


Figura N°4. 22: Simulación de viento del CIIFIC

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Flow Design.

De acuerdo a la dirección del viento predominante y las edificaciones del campus universitario se produciría el efecto Venturi en el corredor (Ver Fig. N° 4.22), sin embargo la vegetación podría disminuir cuantitativamente ese tipo de fenómeno.

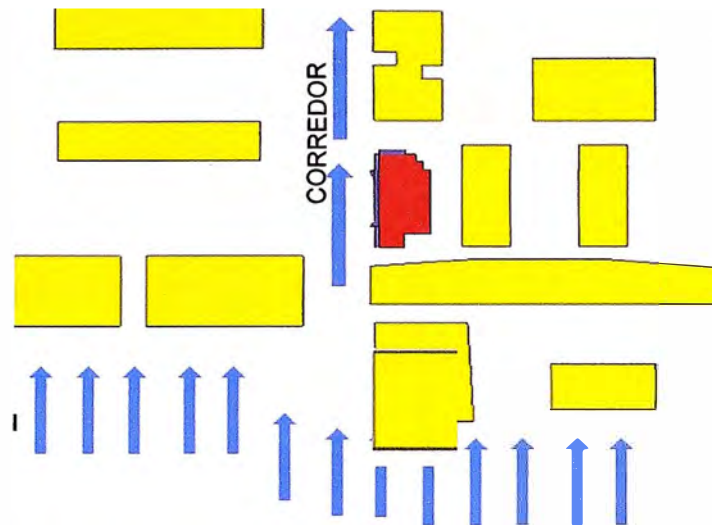


Figura N°4. 23: Esquema de dirección de velocidades.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Revit.

Para la simulación del túnel de viento se utilizó las velocidades eólicas registradas en la estación meteorológica más cercana (Campo de Marte), de similares condiciones y datos actuales.

Tabla N° 4. 1: Velocidades de viento de la estación meteorológica del campo de marte.

Día/mes/año	Velocidad del viento (m/s)	Día/mes/año	Velocidad del viento (m/s)
01-jul-16	2.5	15-jul-16	---
02-jul-16	2.39	19-jul-16	2.18
03-jul-16	2.15	20-jul-16	2.01
04-jul-16	2.22	21-jul-16	2.28
05-jul-16	2.16	22-jul-16	1.79
06-jul-16	----	23-jul-16	2.18
07-jul-16	1.83	24-jul-16	2.37
08-jul-16	2.11	25-jul-16	2.68
09-jul-16	1.73	26-jul-16	2.08
10-jul-16	1.65	27-jul-16	2.34
11-jul-16	2.48	28-jul-16	2.48
12-jul-16	1.46	29-jul-16	2.56
13-jul-16	2.14	30-jul-16	2.83
14-jul-16	1.61	31-jul-16	2.43

Fuente: SENAMHI - Oficina de Estadística.

Las velocidades medidas en la estación del campo de marte son tomadas a una altura de 10m sobre el piso. Esas medidas deben ser modificadas para una altura menor a 2m, altura donde el humano siente el efecto del viento. Para lograr lo anterior, se utilizó la siguiente fórmula propuesta por el ingeniero alemán Jean Molly que modifica la velocidad de acuerdo a su altura.

$$V/V_r = (H/H_r)S_f$$

Dónde:

V_r = Es la velocidad del viento a la altura referencia u original.

H_r = Es la altura referencia u original.

V = Es la velocidad del viento a la nueva altura.

H = Es la nueva altura donde la nueva velocidad se desea calcular.

S_f = Es el factor de corte.

Para zonas urbanas $S_f = 0.31$.

Tabla N° 4. 2: Velocidades de viento de la estación meteorológica del campo de marte modificadas a una altura de 1.8 m.

Día/mes/año	Velocidad del viento (m/s)	Día/mes/año	Velocidad del viento (m/s)
01-jul-16	1.47	15-jul-16	-----
02-jul-16	1.40	19-jul-16	1.28
03-jul-16	1.26	20-jul-16	1.18
04-jul-16	1.30	21-jul-16	1.34
05-jul-16	1.27	22-jul-16	1.05
06-jul-16	-----	23-jul-16	1.28
07-jul-16	1.08	24-jul-16	1.39
08-jul-16	1.24	25-jul-16	1.57
09-jul-16	1.02	26-jul-16	1.22
10-jul-16	0.97	27-jul-16	1.38
11-jul-16	1.46	28-jul-16	1.46
12-jul-16	0.86	29-jul-16	1.50
13-jul-16	1.26	30-jul-16	1.66
14-jul-16	0.95	31-jul-16	1.43

Fuente: Elaboración propia.

La mediana y el promedio de los datos a una altura de 1.8 m son 1.28 m/s \approx 1.3 m/s, con ese dato se simuló el túnel del viento.

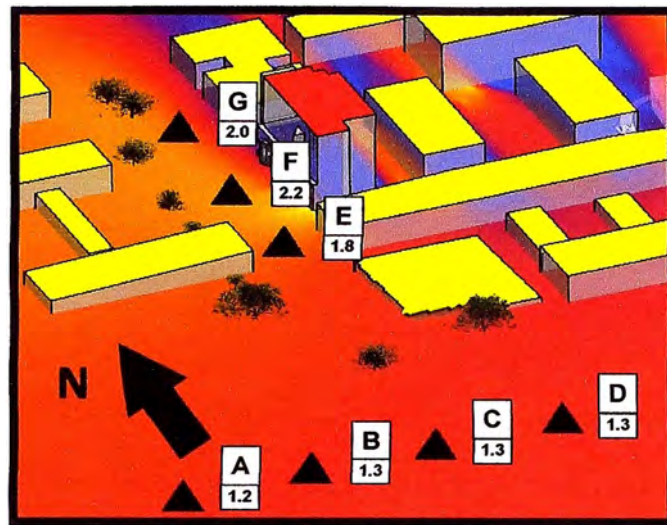


Figura N°4. 24: Control de velocidades.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Flow Design.

Para tener una idea del aumento del viento se colocó puntos de control dentro del túnel de viento, 4 puntos en la entrada del corredor (A, B, C y D) y 3 puntos en el mismo corredor (E, F y G).

Tabla N° 4. 3: Velocidades de entrada.

PUNTOS DE ENTRADA	A	B	C	D
V(m/s)	1.2	1.3	1.3	1.3

Elaboración propia.

Tabla N° 4. 4: Velocidades de Salida.

PUNTOS DE SALIDA	E	F	G
V(m/s)	1.8	2.2	2.0

Elaboración propia.

Para los puntos de entrada el viento esta con una velocidad de 1.3 m/s y en el corredor aumentas hasta 2.0 m/s en promedio. Valorizado en % el viento aumenta en 50%.

4.4.3 VEGETACIÓN DE LA ZONA

El proyecto tiene acceso a un corredor con una importante concentración de vegetación del campus universitario, en dicho acceso se puede

encontrar un paseo de árboles y dirección perpendicular al viento dominante. Esto significa el aumento de la rugosidad del terreno para con el viento.

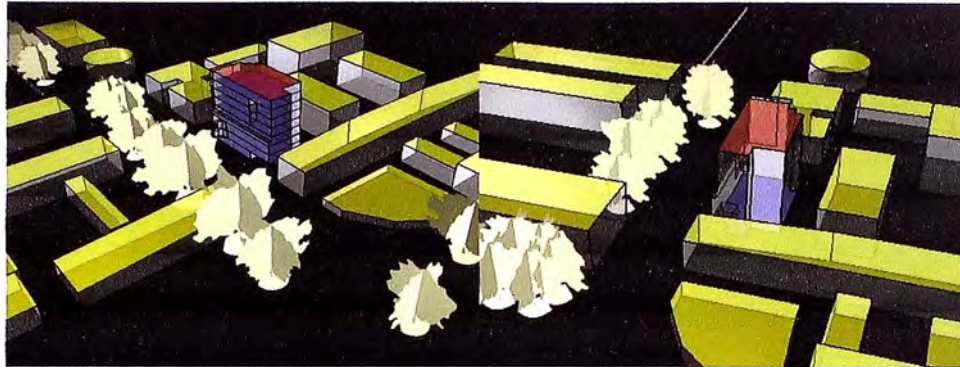


Figura N°4. 25 Modelación de la vegetación.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Revit.

Las ráfagas tratan de evitar el contacto con toda rugosidad. La rugosidad sobre el nivel del suelo aumentará con la masa vegetativa.

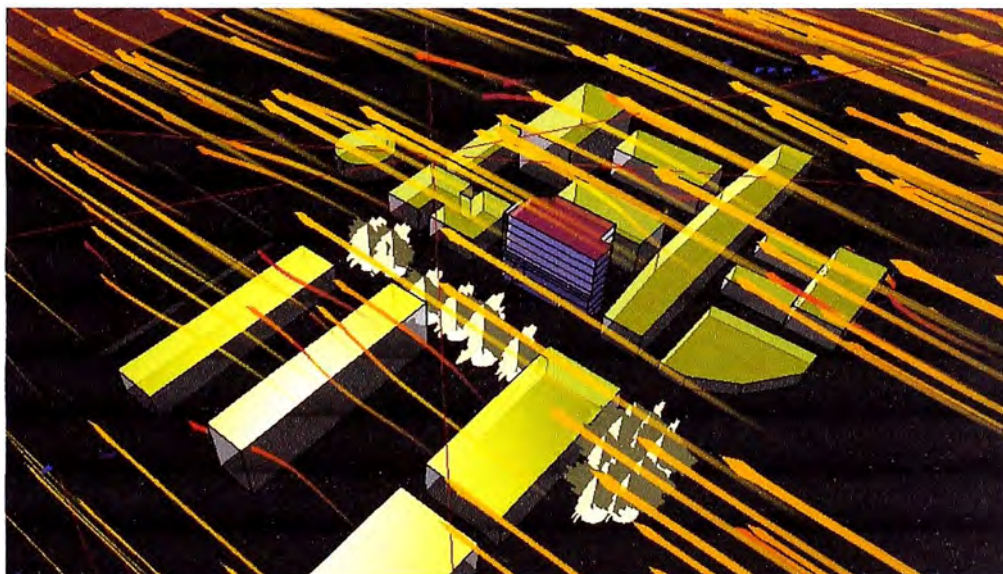


Figura N°4. 26: Vientos esquivando las masas conceptuales.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Revit.

Los vientos disminuirán en razón proporcional al aumento de la vegetación en la zona. Esta disminución colabora con el confort de las zonas alrededor del CIIFIC, lo cual evita vientos grandes en sus vanos.

Se toma las medidas a los mismos puntos de control (A, B, C, D, E, F y G) de la primera parte donde solo se consideraba la distribución de estructuras, más no, la de la masa vegetativa.

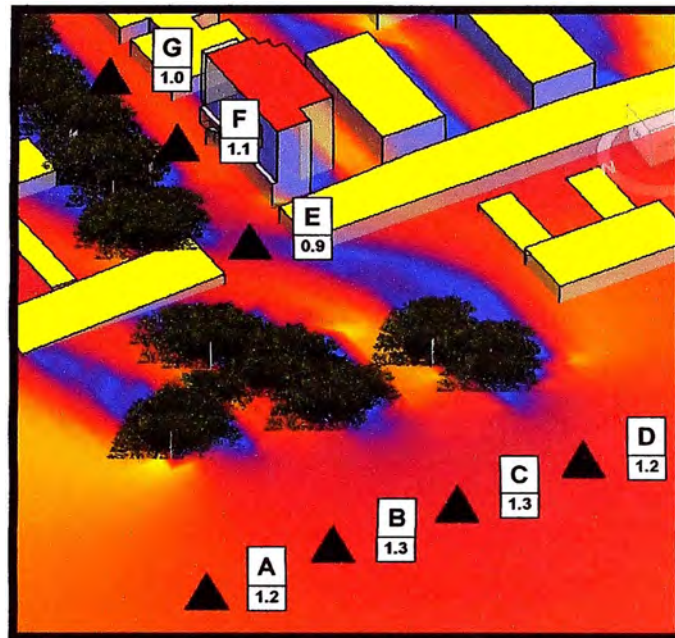


Figura N°4. 27: Simulación túnel de viento.

Fuente: Elaboración propia Autodesk Flow Design.

Con similares características se coloca el viento y se obtiene como resultado que la velocidad en los puntos E, F y G disminuye en un 25% a comparación de la velocidad de entrada.

Tabla N° 4. 5: Velocidades de entrada.

PUNTOS DE ENTRADA	A	B	C	D
V(m/s)	1.2	1.3	1.3	1.2

Elaboración propia.

Tabla N° 4. 6: Velocidades de salida

PUNTOS DE SALIDA	E	F	G
V(m/s)	0.9	1.1	1.0

Elaboración propia.

4.4.4 MEDICIÓN DE CAMPO

La zona analizada fue medida mediante un anemómetro manual para revisar que las velocidades de simulación guarden coherencia con los valores medidos el mes de julio del año 2016.



Figura N°4. 28: Anemómetro-termómetro digital GM816-30m/s (65MPH)-BENETECH.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°4. 29: Simulación túnel de viento.

Fuente: Elaboración propia.

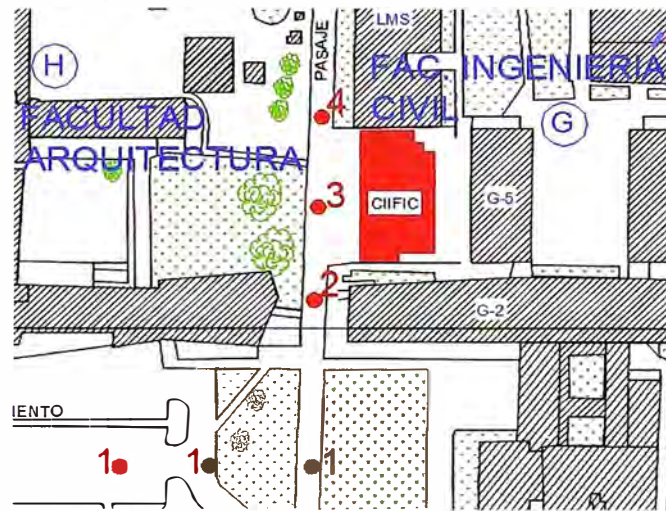


Figura N°4. 30: Planta de zona analizada.

Fuente: Propia

Se tomaron las medidas en los puntos de la simulación en el mes de julio, fueron 12 días en los cuales se tomó las velocidades máximas de ese día en cada punto.

Tabla N° 4. 7: Mediciones de viento en Julio 2016

Ptos. de Control	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)
1	1.2	0.9	1.1	1.2	1.0	1.0
2	1.5	1.4	1.6	1.5	1.6	1.3
3	1.7	1.6	1.9	1.7	1.7	1.7
4	2	2.3	2.4	2.1	2.4	1.8

Ptos. de Control	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12
	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)	Velocidad (Máx.)
1	1.2	0.9	1.1	1.2	1.0	1.0
2	1.5	1.4	1.6	1.5	1.6	1.3
3	1.7	1.6	1.9	1.7	1.7	1.7
4	2	2.3	2.4	2.1	2.4	1.8

Elaboración propia.

El promedio de la medición es de 1.6 m/s que es un valor cercano a los 1.57 m/s y 1.15 m/s que son los promedios de la primera y segunda simulación.

4.5 ANÁLISIS DE RADIACIÓN

Para tener un análisis comparativo se usó como objeto de estudio el pabellón G-5 para poder hacer el análisis de radiación antes de la construcción del CIIFIC y después del mismo.

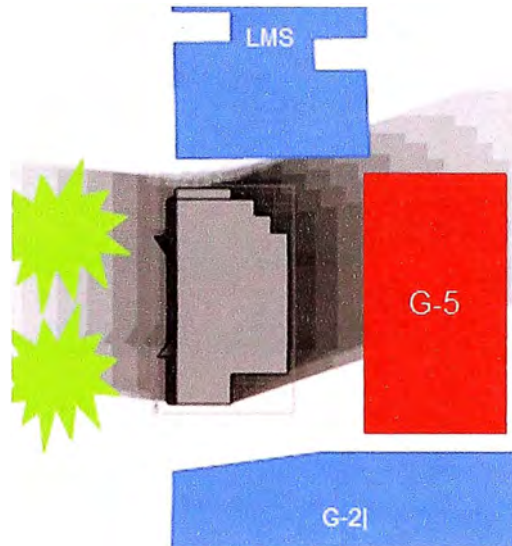


Figura N°4. 31: Ubicación del Pabellón G-5

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

El pabellón G-5 se ubica al Este del CIIFIC, y durante años ha sufrido la acción del Sol para las orientaciones Este y Oeste.



Figura N°4. 32: Perspectiva del pabellón G-5 el año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

Sus ventanas no cuentan con protección solar donde se tomó como medida de emergencia colocar cortinas para evitar el impacto directo del sol, pero esto producía el uso de luz artificial en horas que no son necesarias.



Figura N°4. 33: Sala de estudios del pabellón G-5 el año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

En el cuarto piso los vanos dejaban entrar radiación directa y causaba discomfort en los alumnos. Todo esto debido a que para sus orientaciones Oeste y Este no hay sistemas de protección solar, ni cortinas.

4.5.1 IMPACTO DE RADIACIÓN EN EL PROYECTO

El CIIFIC resulta un nuevo obstáculo para el asoleamiento del pabellón G-5, en algunas posiciones del sol el CIIFC le dará sombra al pabellón G-5 y esto reduciría la radiación solar que le llegaba a impactar.

Con el análisis de radiación solar se puede cuantificar la cantidad de radiación recibida en una superficie por unidad de área. El impacto se puede medir comparando simulando la radiación solar sin el CIIFIC y otra simulación con el CIIFIC.

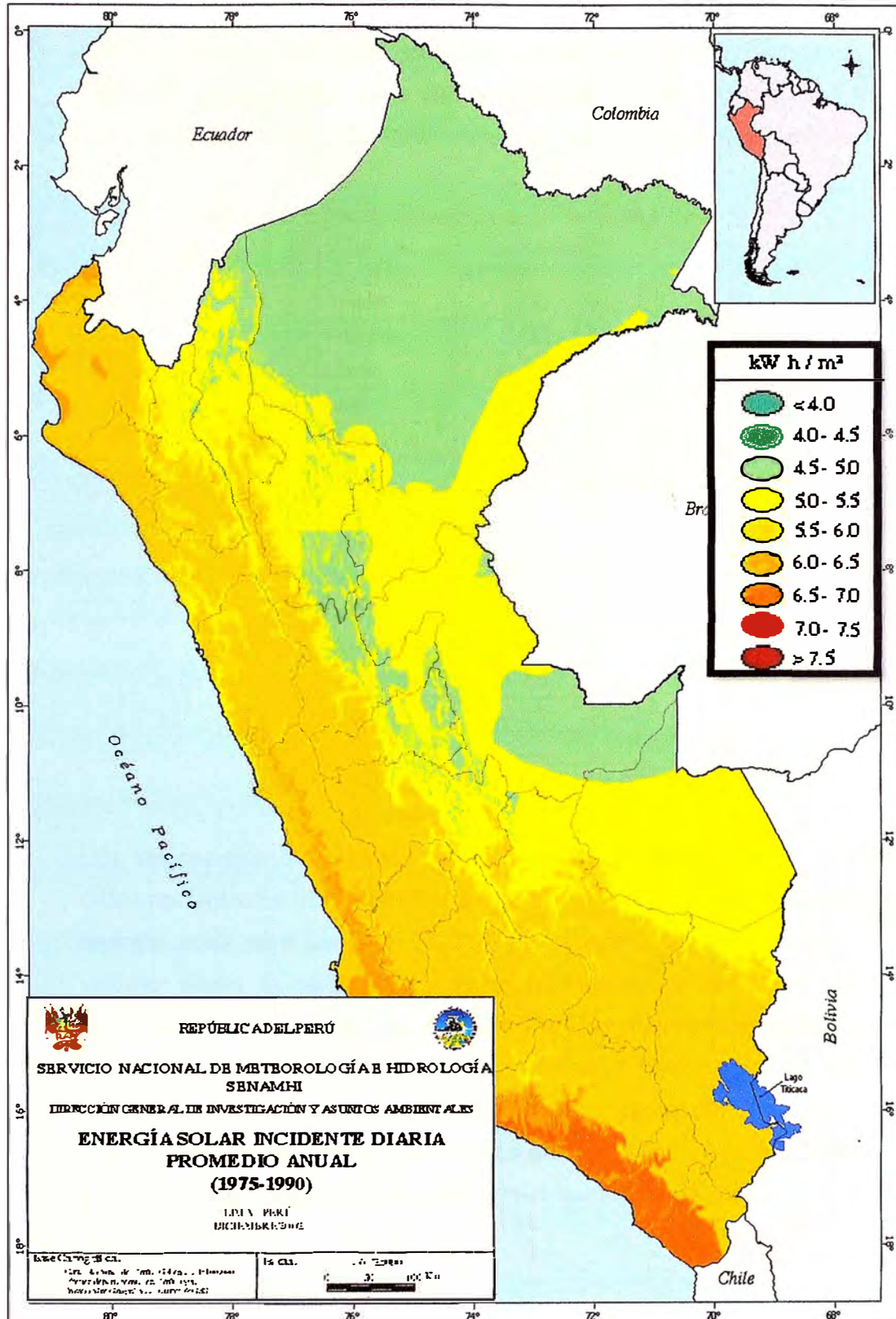


Figura N°4. 34: Energía solar incidente diaria, promedio anual.

Fuente: SENAMHI.

Para el SENAMHI la energía solar incidente que en promedio cae al año sobre la región Lima están entre los valores están entre 5 KWh/m² y 6 KWh/m², comparando estos valores con las demás regiones del Perú, Lima se sitúa en una zona medianamente captadora de energía solar.

Tabla N° 4. 8: Radiación solar promedio diario para Lima.

Mes	kWh/m ²
Enero	5.36
Febrero	6.06
Marzo	6.56
Abril	6.38
Mayo	6.03
Junio	4.84
Julio	4.5
Agosto	4.47
Septiembre	5.03
Octubre	4.63
Noviembre	4.5
Diciembre	4.74
Anual	5.26

Fuente: NASA. (www.eosweb.larc.nasa.gov)

Los valores que se publican en una de las páginas web de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) da un promedio de energía solar para Lima de 5.26 KWh/m² como promedio anual. Esos valores serán la referencia para poder comparar los datos que el Autodesk Ecotect arrojaría en sus análisis. Los valores que se dan en los meses de verano son los más altos del año. Los meses de febrero, marzo, abril y mayo son los meses con mayor promedio, y también para esos meses se desarrollan actividades en la facultad como el examen de admisión y las clases normales del primer semestre del año.

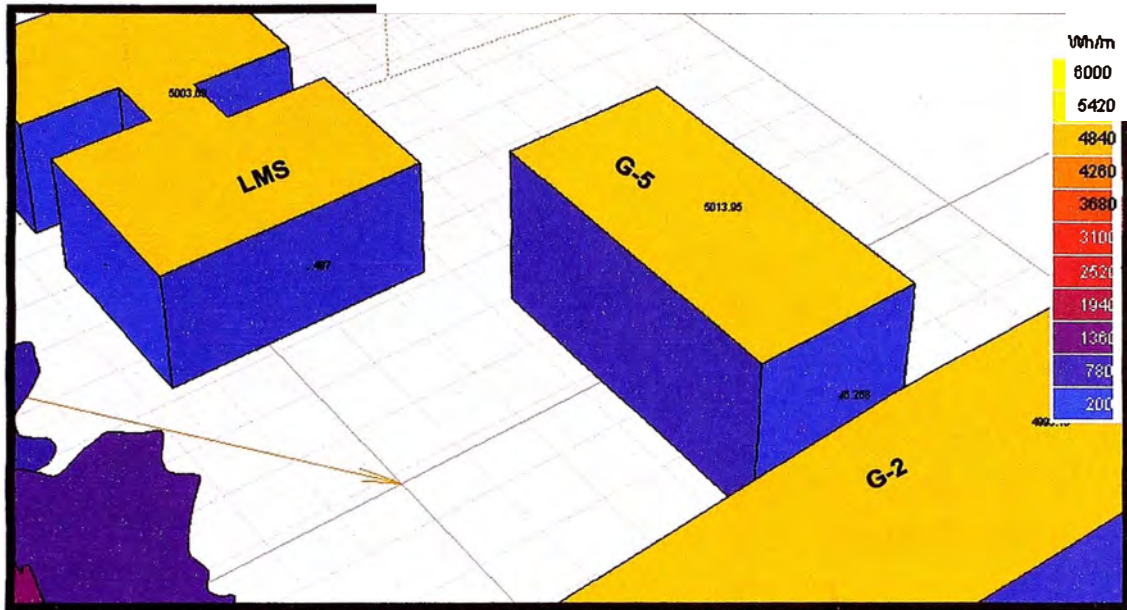


Figura N°4. 35: Simulación del promedio anual de la radiación solar en los techos de la FIC-UNI.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

La simulación de la radiación sobre los techos de los pabellones G-5, G-2 y LMS arrojan valores alrededor de los 5 KWh/m² el cual es un valor cercano a los datos que se muestra en el SENAMHI y en la página web de la NASA.

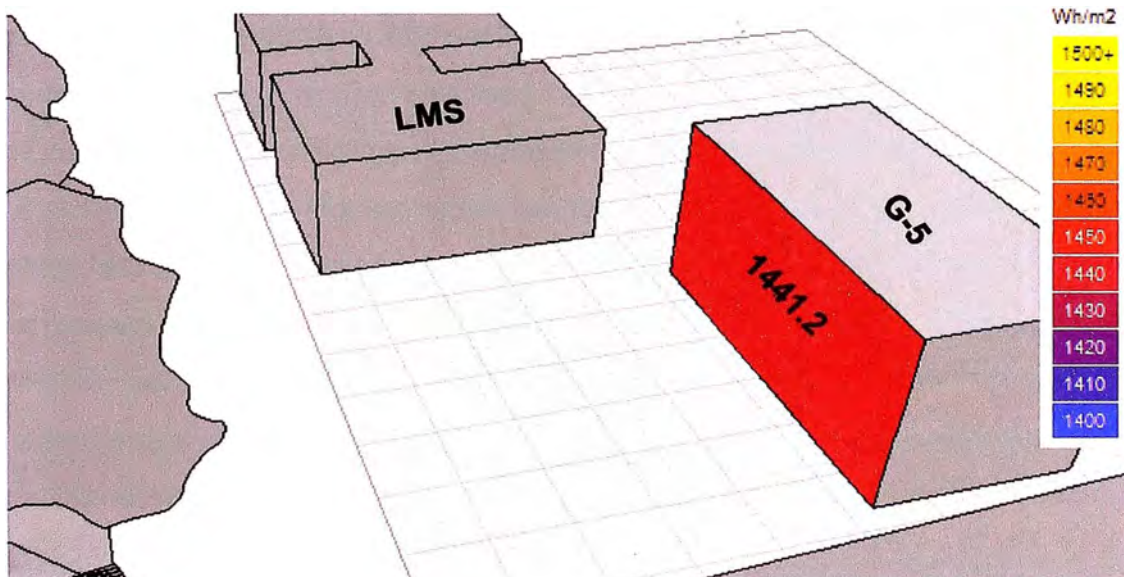


Figura N°4. 36: Análisis de energía solar sobre la fachada Oeste del pabellón G-5 sin el CIIFIC.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.



Figura N°4. 37: Perspectiva del pabellón G-5 en el año 2017.

Fuente: Elaboración propia.

El pabellón G-5 por la fachada Oeste recibe al día como promedio diario en el año un valor 1441.2 Wh/m². Si se practica el mismo ejercicio para con el CIIFIC la energía que podría caer la misma superficie del pabellón G-5 disminuirá a un promedio de 528.8 Wh/m².

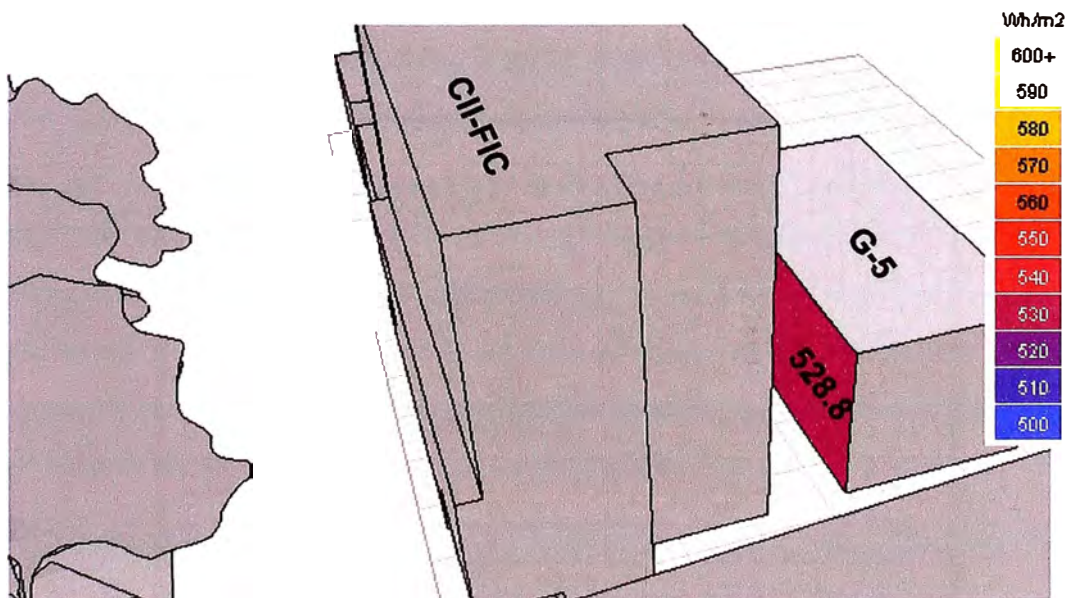


Figura N°4. 38: Análisis de energía solar sobre la fachada Oeste del pabellón G-5 con el CIIFIC.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

4.6 SALA DE ESTUDIO

La sala de estudios se encuentra en el 2do y 3er nivel del CIIFIC y tienen un área de 250 m². Es una de las zonas más importantes del proyecto y con más aforo del proyecto. Se considera que el confort en esa zona es de gran importancia para el proyecto.

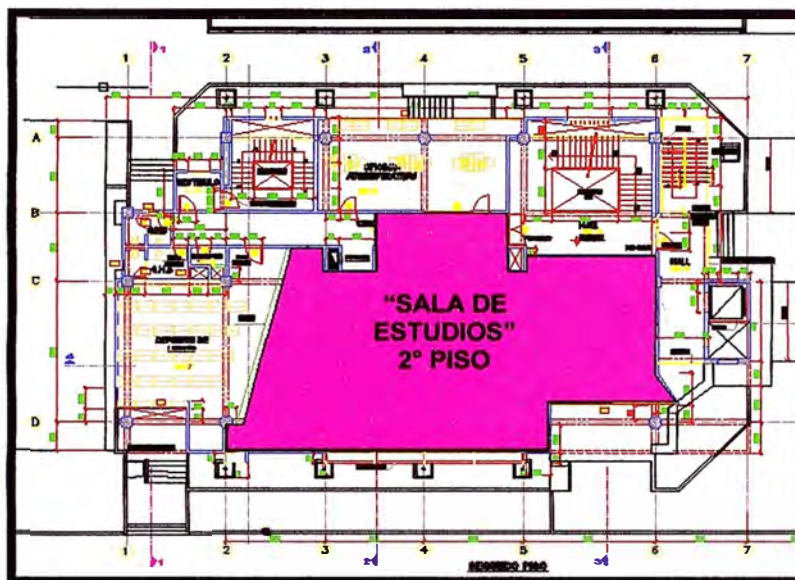


Figura N°4. 39: Sala de estudios, piso 2.

Fuente: Elaboración del Arq. Oswaldo Nuñez usando Autodesk Autocad.

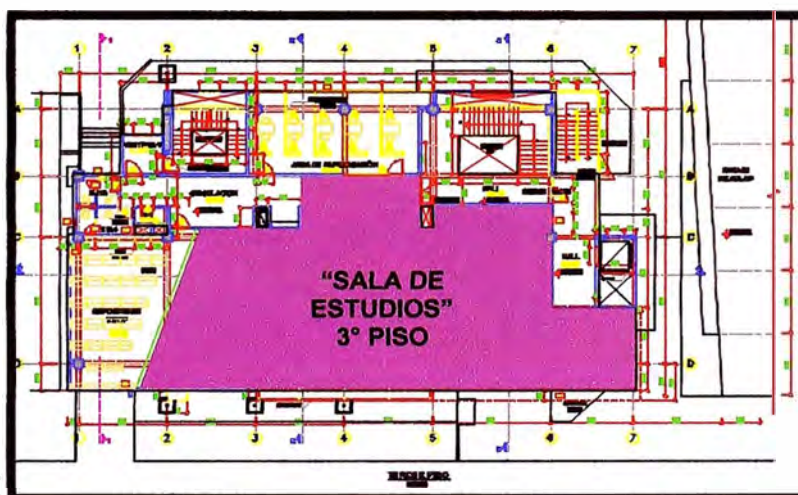


Figura N°4. 40: Sala de estudios, piso 3.

Fuente: Elaboración del Arq. Oswaldo Nuñez usando Autodesk Autocad.

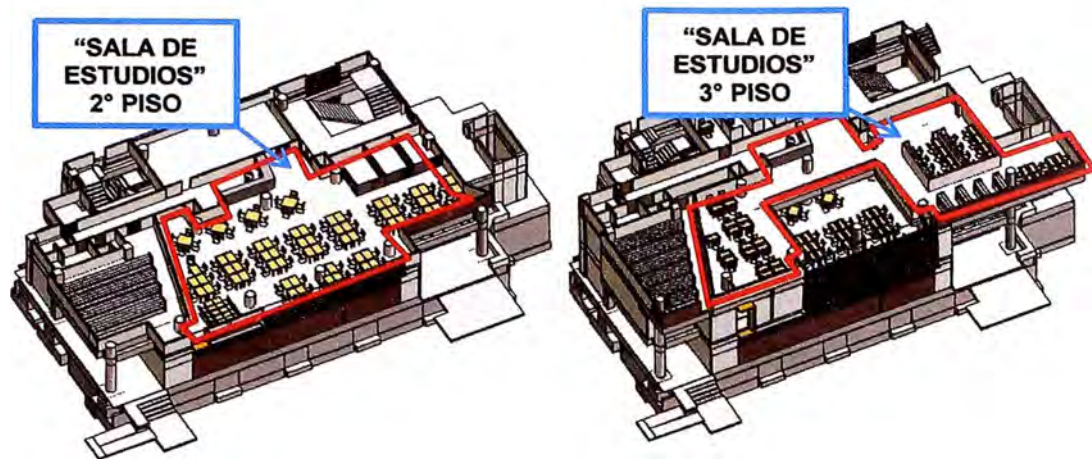


Figura N°4. 41: Corte 3D del modelo BIM en el Nivel 2 y 3.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Revit.

4.7 ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN NATURAL

El análisis de iluminación natural se hizo a través del estudio del FLD (Factor de luz diurna) en la sala de estudio. Las imágenes de la simulación en planta se muestran a continuación:

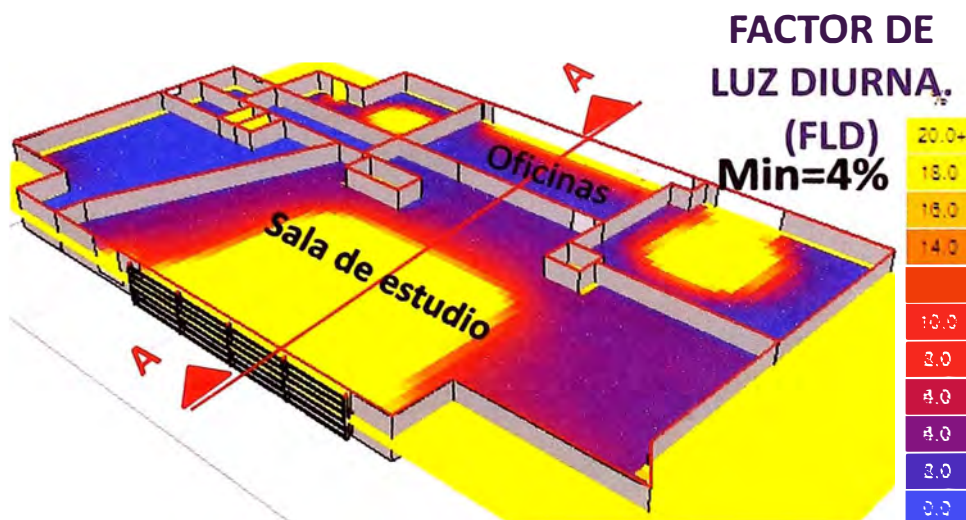


Figura N°4. 42: Análisis de iluminación nivel 2

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

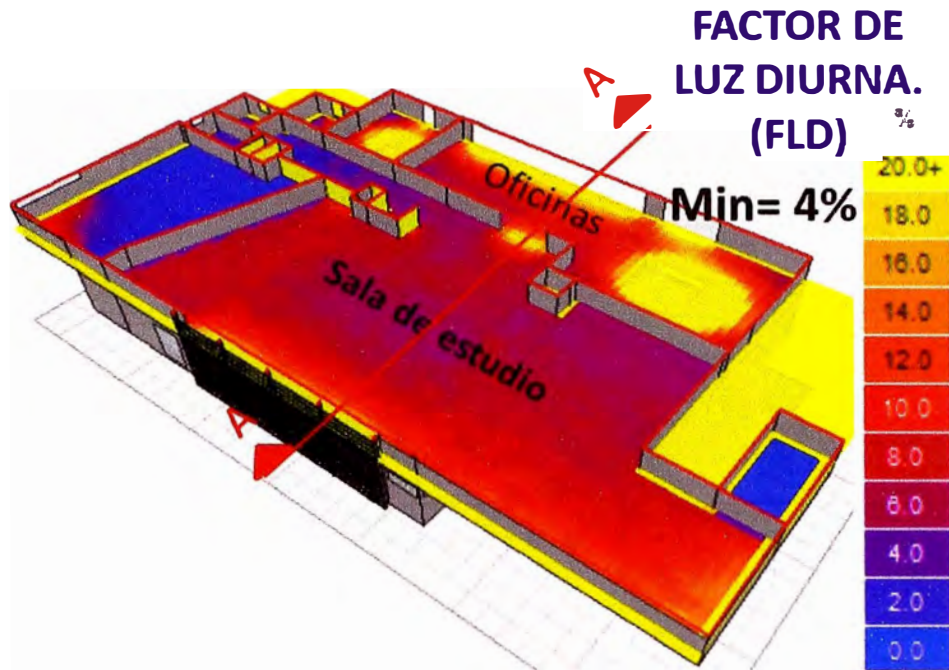


Figura N°4. 43: Análisis de iluminación nivel 3

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

Para poder observar en una zona determinada se hizo también un análisis de iluminación con un plano en corte (Corte A-A).

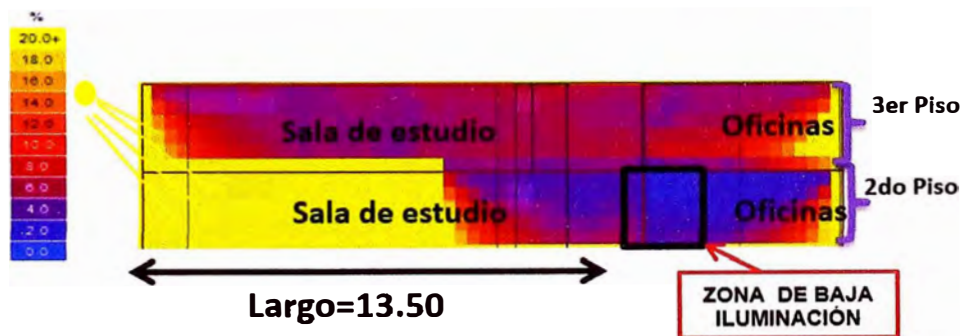


Figura N°4. 44: Análisis de iluminación, Corte A -A

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

El resultado del análisis de iluminación proporciona valores extremos, donde se encontró zonas muy iluminadas y otras con bajo porcentaje de

FLD. En la siguiente figura se muestra una de las zonas con los valores más bajos de FDL para la sala de estudio.

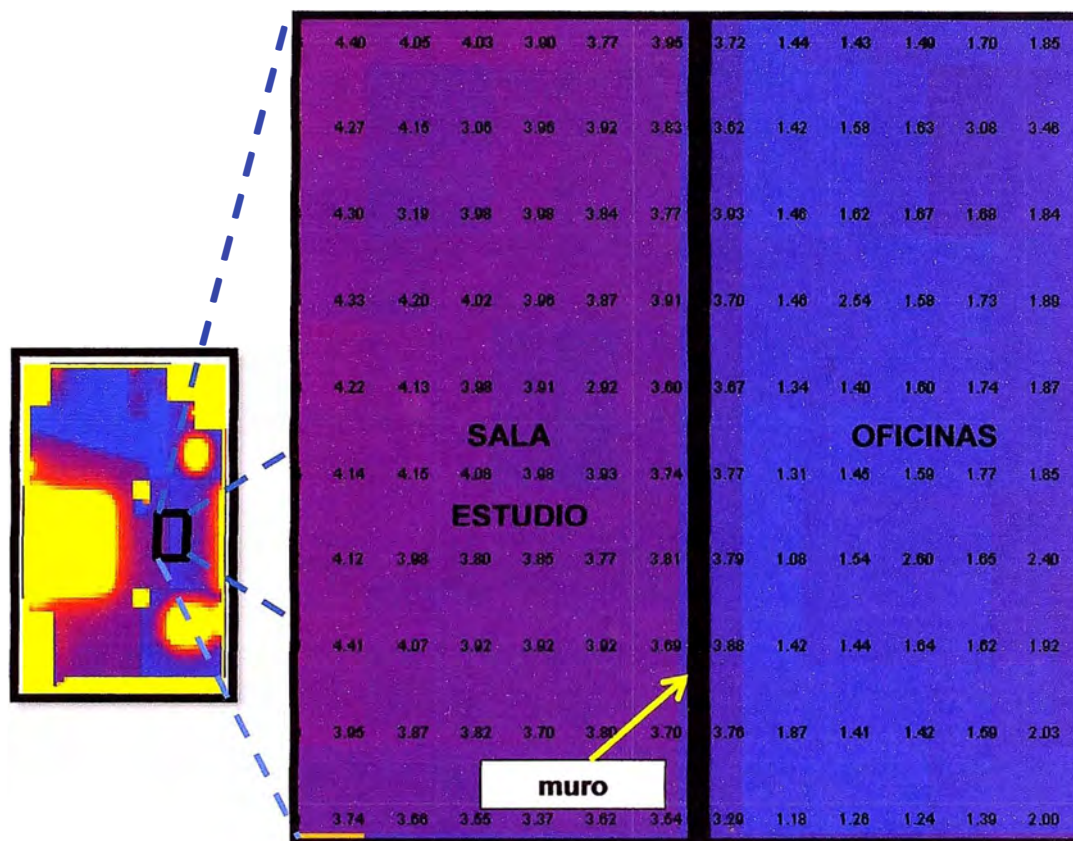


Figura N°4. 45: Zona de bajos valores de FDL (poca iluminación) entre la sala de estudio y oficinas del 2do nivel.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

La zona que limita la sala de estudio y las oficinas tiene valores bajos de iluminación. Estos valores podrían aumentar si se comparte la luz solar de dos ambientes por medio de un vano (mampara o ventana). En teoría debería aumentar los valores de FDL en esa zona si se abriera una ventana.

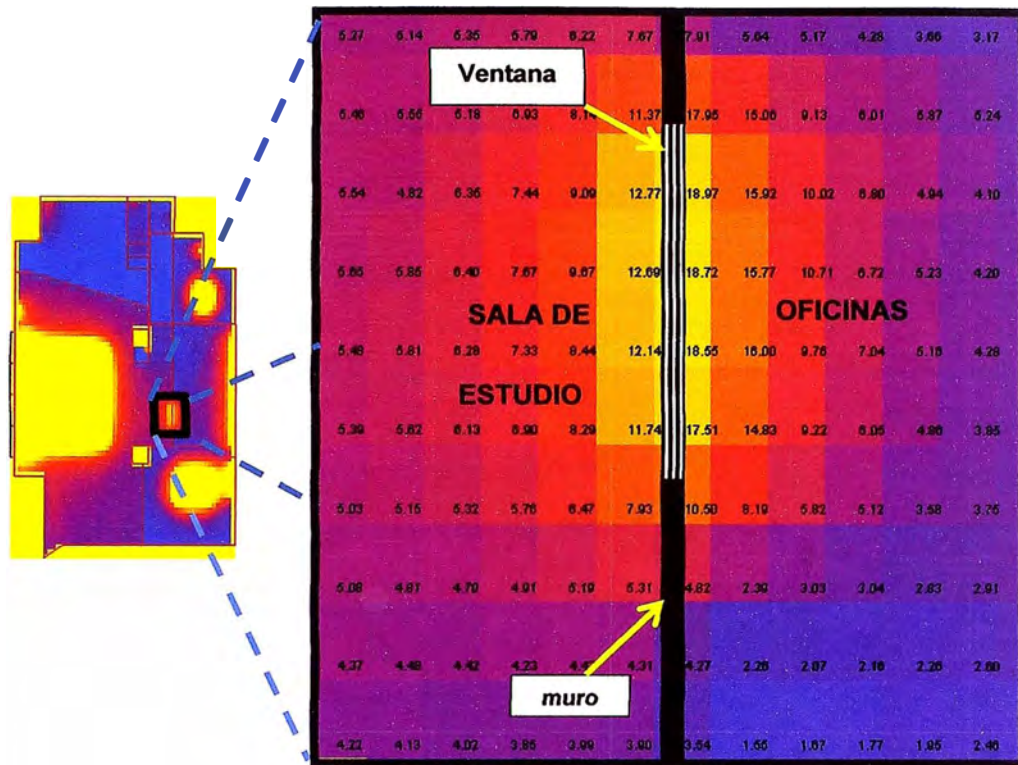


Figura N°4. 46: Zona de bajos valores de FDL (poca iluminación) entre la sala de estudio y oficinas del 2do nivel con ventana compartida.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

La abertura de nuevos vanos hacen posible el intercambio de luz. El aumento se observa para ambos lados del vano, en la sala de estudios y en las oficinas.

$$E_{int} = FDL * E_{ext}$$

Donde: FLD: El Factor de Luz de Día (%)

E_{ext} : Iluminación Exterior (Lux)

E_{int} : Iluminación Interior (Lux)

Usando la fórmula publicada en la Norma de confort Lumínico y Térmico del RNE, tomaremos los valores mínimos en la Figura N° 4.44 como 4.0% y para una iluminación del cielo limeño de 5500 lux según el RNE, se obtiene una iluminación mínima de 220 lux.

$$E_{\text{int}} = 4.0\% * 5500 \text{ lux} = 220 \text{ lux}$$

4.7.1 MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN NATURAL

Para comprobar los valores de la simulación en el proyecto CIIFIC que aún no tiene vidrios ni persianas, se tomó mediciones de iluminación con un Luxómetro durante los días nublados para aprovechar una correcta distribución de la iluminación.



Figura N°4. 47: Luxómetro (mide intensidad de luz) 20000 Lux Prasek Pr-382
Fuente: Elaboración propia



Figura N°4. 48: Medición de campo de iluminación

Fuente: Elaboración propia

Se hizo un levantamiento de datos que fueron almacenados en un modelo revit. El modelo revit tiene muchas utilidades, una de ellas es poder almacenar datos de donde se pueden obtener tablas.

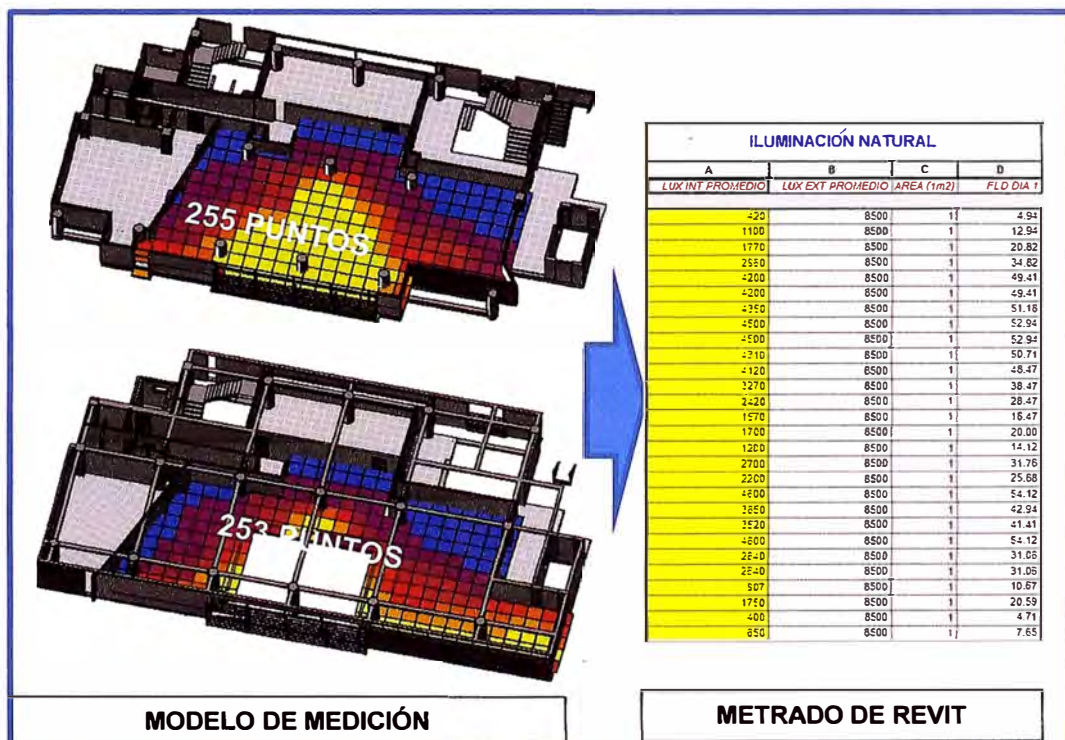


Figura N°4. 49: Modelo y metrado obtenido de la medición de la luz interna.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Revit

En la sala de estudio se tomaron 507 puntos de datos de los cuales 255 pertenecen al nivel 2 y 252 puntos al nivel 3. Con el levantamiento se obtuvo como resultado que la zona tiene más del 50% con una iluminación mínima de 300 lux.

Tabla N° 4. 9: Control de iluminación de sala de estudios

PUNTOS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN					
A	B	C	D	E	F
NIVEL	AMBIENTE	CANTIDAD	LIMITES	PORCENTAJE	ESTADO
Nivel Piso 2	SALA DE ESTUDIO	29	0 < LUX ≤ 100	17.2%	MUY BAJO
Nivel Piso 2	SALA DE ESTUDIO	68	100 < LUX ≤ 300	24.9%	BAJO
Nivel Piso 2	SALA DE ESTUDIO	158	300 < LUX	57.9%	BUENA
Nivel Piso 2: 255					
Nivel Piso 3	SALA DE ESTUDIO	35	0 < LUX ≤ 100	14.6%	MUY BAJO
Nivel Piso 3	SALA DE ESTUDIO	64	100 < LUX ≤ 300	24.9%	BAJO
Nivel Piso 3	SALA DE ESTUDIO	153	300 < LUX	60.5%	BUENA
Nivel Piso 3: 252					
Grand total: 507					

Fuente: Elaboración propia provenientes de Revit.

Tanto en simulación y medición se obtuvieron resultados positivos para el confort lumínico.

4.8 ANÁLISIS DE INSOLACIÓN

El impacto de la radiación se puede medir en energía (Wh). Para que se pueda comparar la energía se dará una muestra comparativa con los gastos de energía en un hogar al día de 2924 Wh \approx 2.9 KWh.

Electrodoméstico:	Consumo:	Horas de funcionamiento:	Consumo diario:
Nevera grande A+	80 W	10 horas	800 Wh
Televisión led tamaño medio	70 W	4 horas	280 Wh
Lavadora A+ (lavado con agua fría)	350 W	1,5 horas	525 Wh
Microondas	900 W	20 minutos	300 Wh
Batidora	200 W	15 minutos	50 Wh
Ordenador	200 W	2 horas	400 Wh
Florescentes cocina (2*36 W)	72 W	3 horas	216 Wh
Lámparas comedor (2*26 W)	52 W	3 horas	156 Wh
Lámpara habitación matrimonio	26 W	1 horas	26 Wh
Lámpara habitación individual	26 W	1 horas	26 Wh
Lámparas lavabo (2*15 W)	30 W	1,5 horas	45 Wh
Pequeños consumos (cargadores del móvil, de pilas, de lámpara portátil, ...)			100 Wh
TOTAL			2 924 Wh

Figura N°4. 50: Consumo energético diario en un hogar.

Fuente: <http://energias-renovables-y-limpias.blogspot.pe/>.

La zona más afectada por la radiación que ingresa al CIIFIC es la sala de estudios debido a que es el vano más grande del proyecto, esto lo hace el principal ingreso de luz y radiación a la vez.

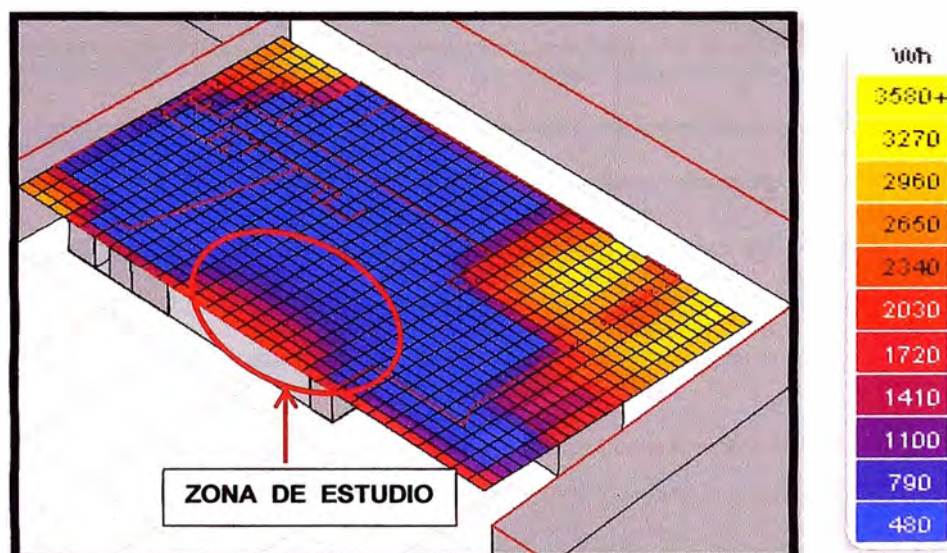


Figura N°4. 51: Ubicación de la zona más radiación solar interna del CIIFIC

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

Se hizo una simulación de la energía solar que impacta en promedio por día en el principal ingreso de luz y radiación, esta zona se encuentra dónde está proyectado un cortasol. Se tomó 6 puntos en dicha zona donde se hizo la comparación dos situaciones, la primera sin rompesol y otra con cortasol para observar el impacto de una protección solar como lo es el cortasol.

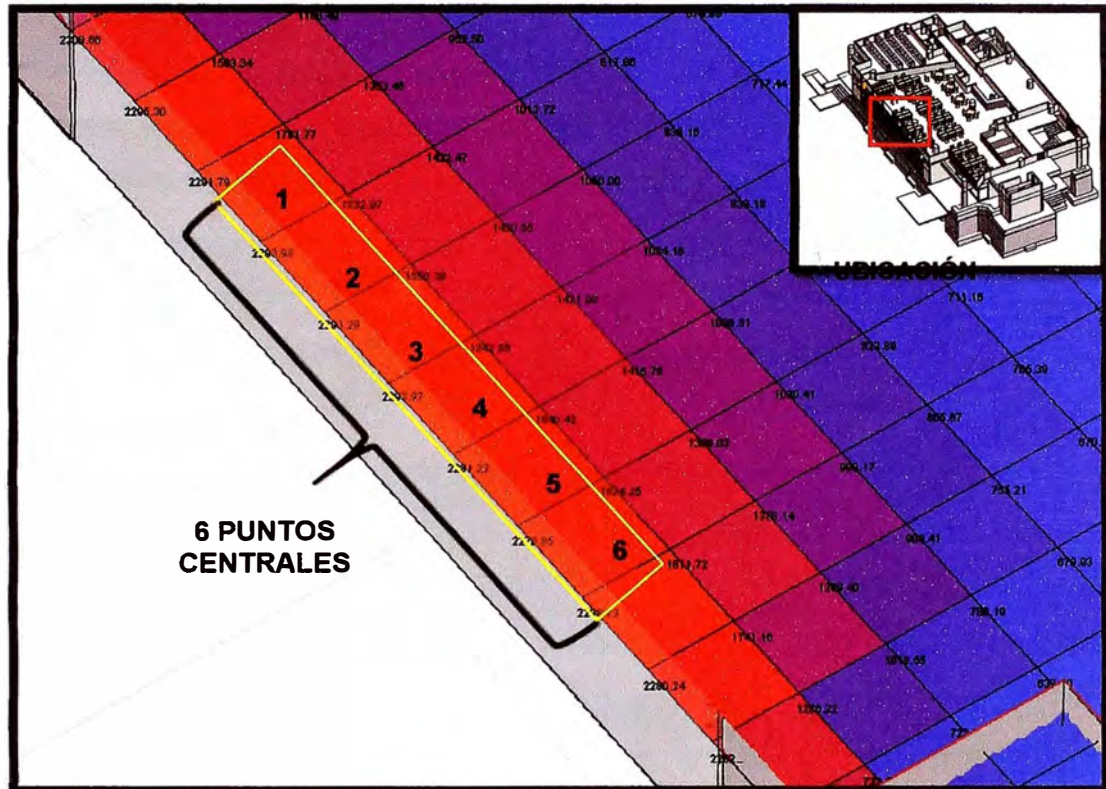


Figura N°4. 52: Análisis de insolación las 6 cuadrículas seleccionadas.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

El análisis de insolación permitirá controlar la intensidad de radiación directa que ingresa a los ambientes. Para esto tomamos los 6 valores más altos del análisis para su medición.

Tabla N° 4. 10: Análisis de insolaciones los puntos seleccionados

PUNTOS	1	2	3	4	5	6
Valor (KWh)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

Fuente: Elaboración propia provenientes de Autodesk Ecotect.

La simulación arroja un promedio de 2.2 KWh que se acumula cada día del año, los valores altos se deberán controlar mediante técnicas de protección solar.

4.8.1 APLICACIÓN DE PROTECCION SOLAR

“Climate Consultant” (Consultor Climático) programa informático sencillo de usar basado en gráficos que ayuda a los arquitectos, constructores, contratistas, propietarios de viviendas, y los estudiantes a comprender su clima local. Tiene tablas y diagramas de los climas de las principales ciudades del mundo.

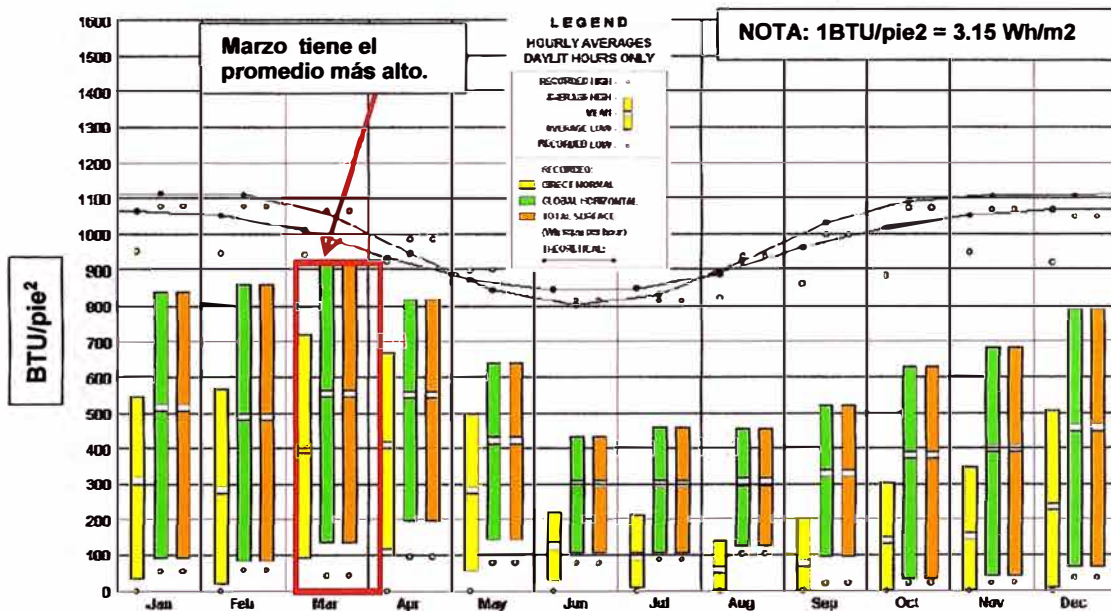


Figura N°4. 53: Promedio de radiación solar en Lima

Fuente: Climate Consultant

La tabla de radiación de Climate Consultant nos muestra que el mes de Marzo tiene la más alta radiación solar en el año. Entonces se trabajará sobre ese mes el diseño del cortasol.

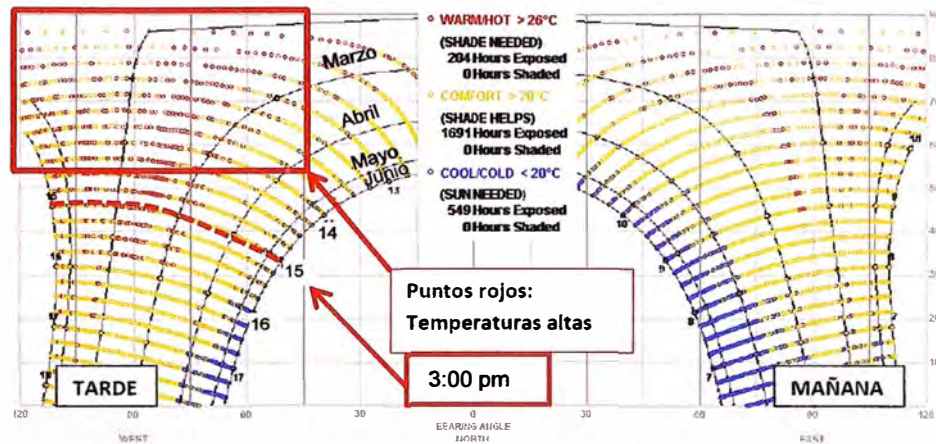


Figura N°4. 54: Horas de Sol en Lima

Fuente: Climate Consultant

La orientación nos dice que en las tardes tendremos sol para ese vano. La proyección cilíndrica solar de Lima nos muestra que en la tardes tendremos altas temperaturas hasta las 15.00 horas. Entonces se tomará como referencia las 15.00 horas para proyectar la sombra y ver el ángulo de inclinación de la luz. Con este ángulo se diseñan los elementos de protección solar. Luego se debe elegir un día crítico según la latitud del lugar y la orientación del vano. Se escoge el 30 de marzo como el día mayor radiación. Con esos dos datos (día y hora) se aplica la proyección cilíndrica.

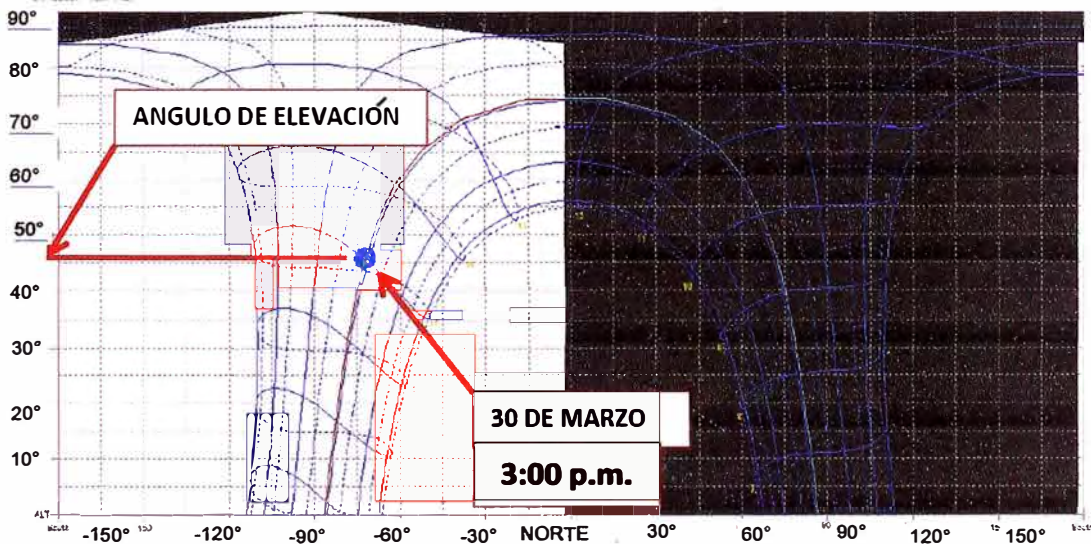


Figura N°4. 55: Proyección cilíndrica solar

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

Para el 30 de marzo se tiene una inclinación de 45.71° a las 15.00 horas.
Para un ancho de 0.15 m del cortasol y con el ángulo de inclinación. La
separación será de $Y = 0.15 \cdot \text{Tag}(45.71) = 0.1537\text{m}$.

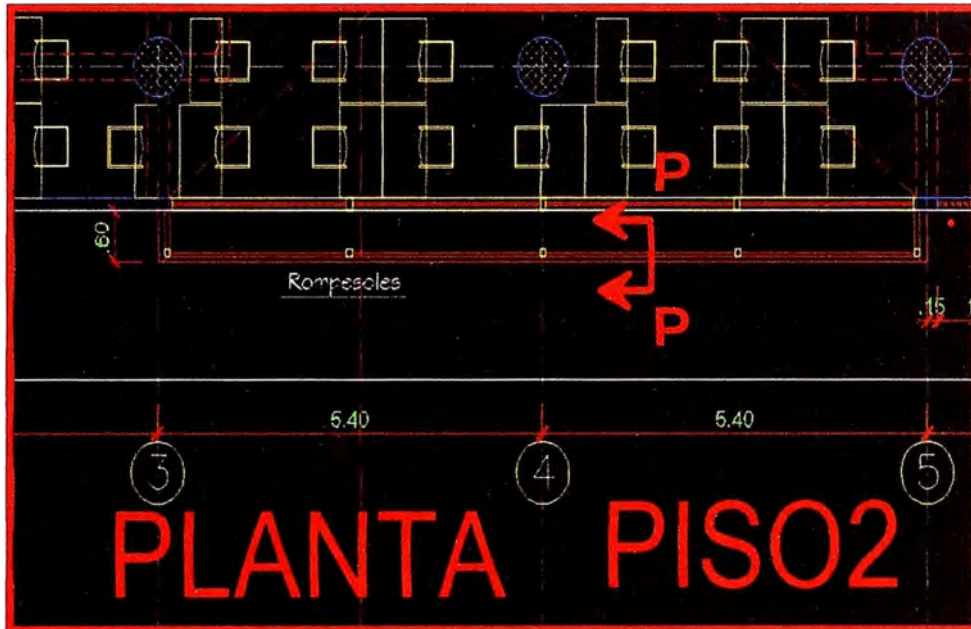


Figura N°4. 56: Plano de Piso 2.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Autocad.

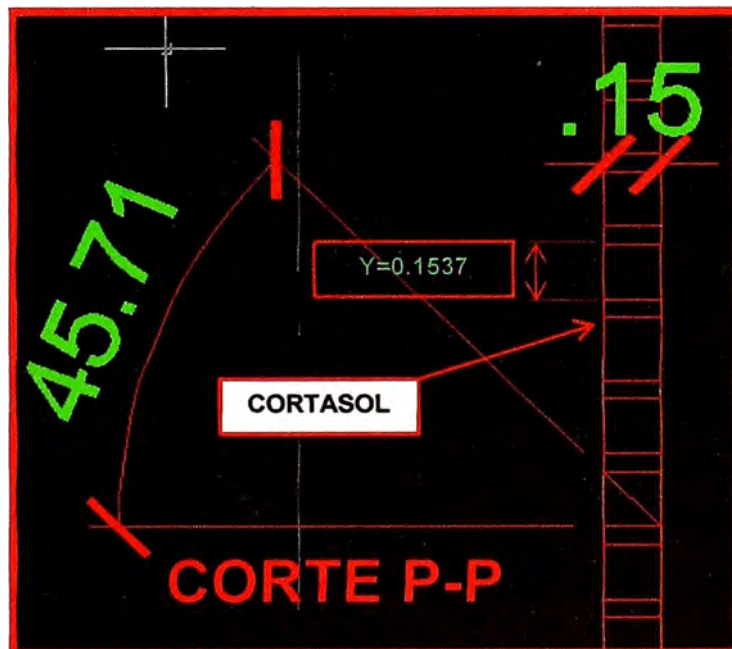


Figura N°4. 57: Corte de detalle de cortasol

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Autocad.

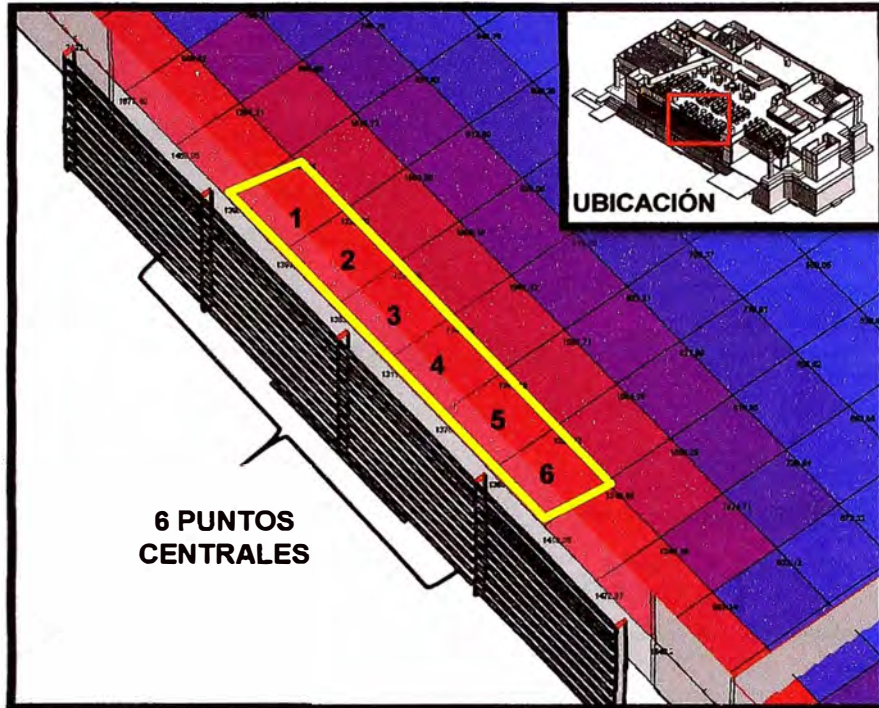


Figura N°4. 58: Análisis de insolaciones de las cuadrículas seleccionadas con cortasol.

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

El cortasol proporciona una forma como dejar que ingrese la luz natural sin dejar pasar la radiación directa, todo esto por propiedades de reflexión de materiales.

Tabla N° 4. 11: Análisis de insolaciones a los puntos seleccionados con cortasol.

Puntos	1	2	3	4	5	6
Valor (KW/h)	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4

Fuente: Elaboración propia.

Luego de colocar el elemento protector el promedio de insolación disminuiría hasta 1.4 KW/h. Este valor comparándolo con el primer análisis, se obtuvo como un resultado una disminución de 36 % para la energía ingresada directamente a la sala de estudio.

4.9 ANÁLISIS TÉRMICO

El análisis térmico vera si la sala de estudios del CIIFIC se comporta como un ambiente de confort para los usuarios ante las temperaturas extremas del verano e invierno.

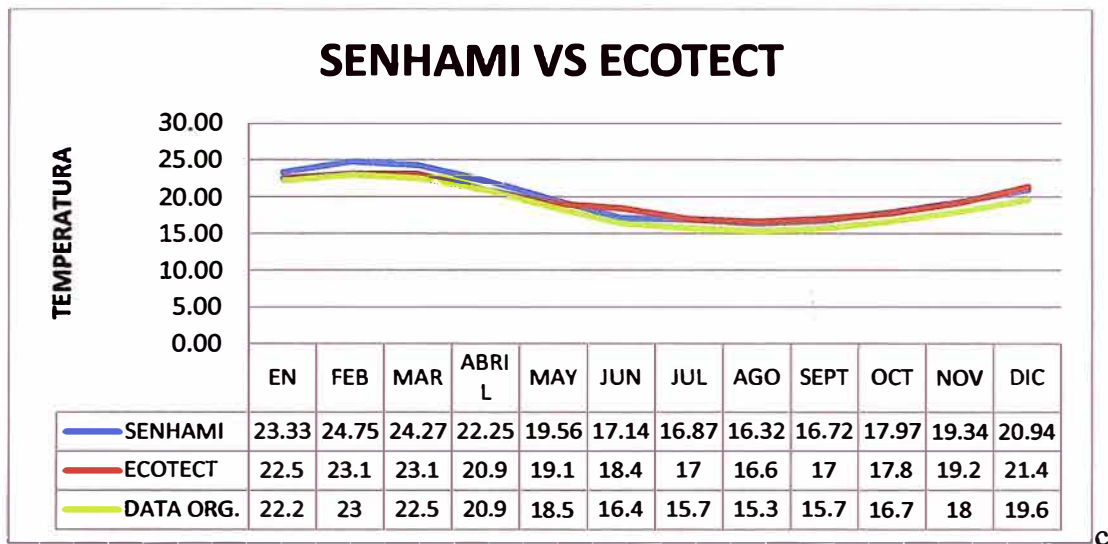


Figura N°4. 59 Promedio de temperaturas mensual en Lima.

Fuente: SENAAMI, Autodesk Ecotect, www.climate-data.org.

Las temperaturas con las que trabaja Autodesk Ecotect para Lima tiene el mismo comportamiento que los datos del SENHAMI para con la estación meteorológica de Campo de Marte en el año 2016 y también con las temperaturas que se publican en www.climate-data.org donde se encuentran todos los datos de temperaturas provenientes de un modelo climático. El modelo tiene más de 220 millones de puntos de datos a nivel mundial. Las temperaturas no coinciden a exactitud, pero muestra que los datos que el ecotect utiliza para su simulación mantiene la tendencia de otras fuentes térmicas que existen en el mundo. Esta tendencia para Lima es que su máxima temperatura la alcanza en Febrero o Marzo y su mínima en los meses de agosto o septiembre. Esto servirá como referencia para poder ver si el análisis térmico puede mostrar la misma tendencia en los meses de temperaturas extremas.

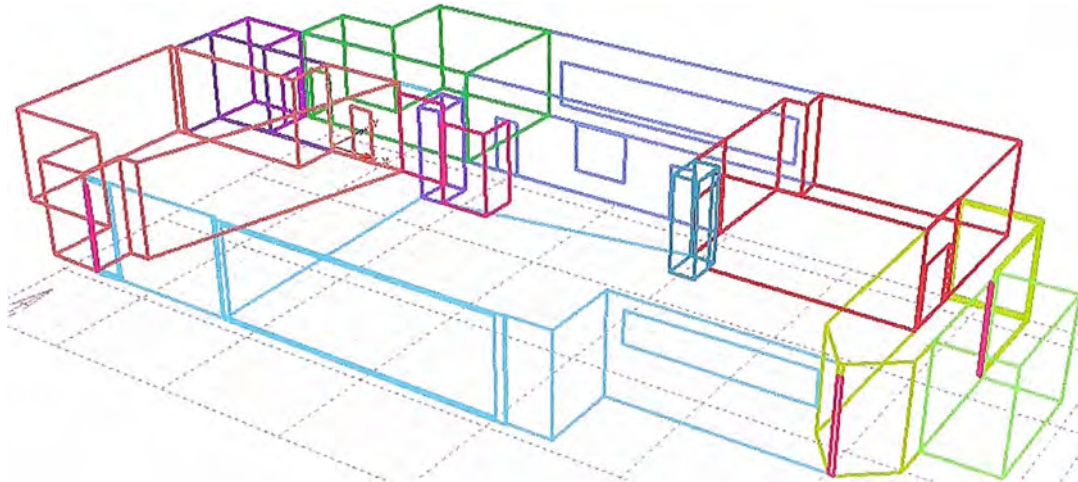


Figura N°4. 60: Modelo analítico de análisis térmico

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

Para el análisis térmico se construye un modelo analítico, este modelo está conformado por zonas térmicas que son envueltas por los materiales del proyecto, cada zona térmica tiene un color diferente. Los modelos de simulación pueden ser creados en Autodesk Revit y luego exportados a Autodesk Ecotect como también pueden ser creados directamente en dicho programa. Para el proyecto su envolvente de cada zona térmica estará hecha por albañilería y concreto armado. Los datos se escogen del catálogo de propiedades donde se encuentran sus propiedades.

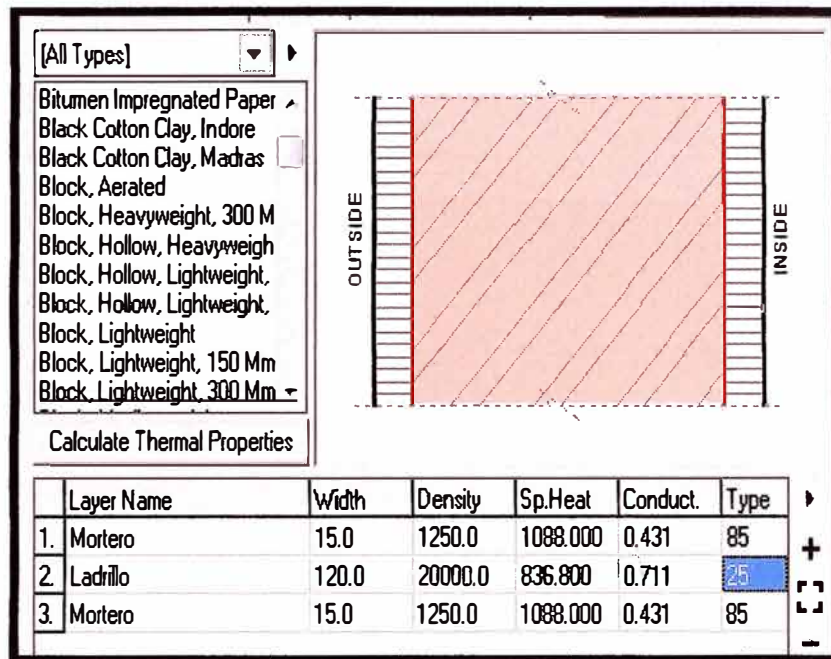


Figura N°4. 61: Propiedades de materiales. Autodesk Ecotect

Fuente: Elaboración propia usando Autodesk Ecotect.

La herramienta simula las temperaturas en promedio de la zona seleccionada, en este caso la sala de estudios. Los resultados están en tablas donde podrán cambiar para los días que elijamos. Elegimos el día más frío en promedio (Coldest Day) que para los datos cargados resulto ser 13 de septiembre según el clima de Autodesk Ecotect. También obtuvimos que el día más caluroso (Hottest Day) que en promedio es el 4 de marzo. Estos resultados deben guardar armonía con la zona de confort.

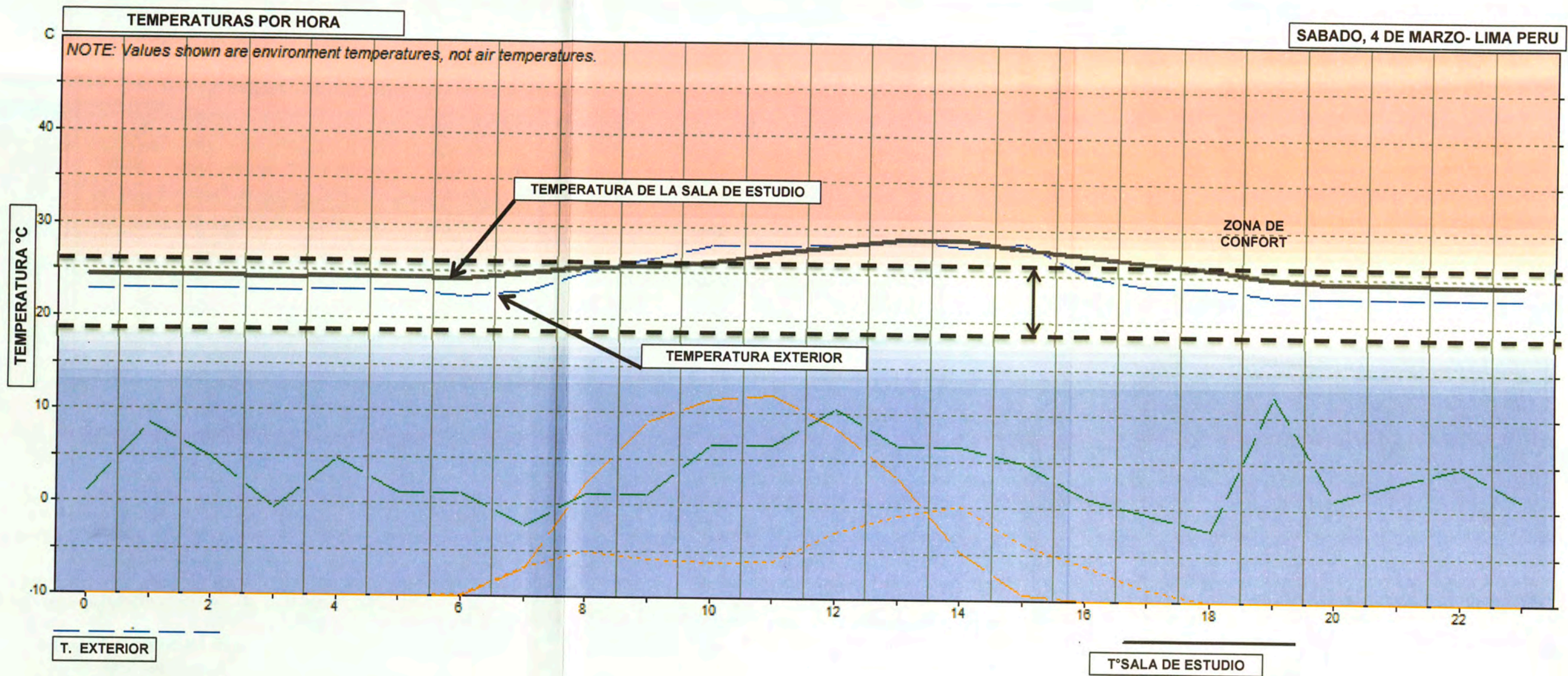


Figura N°4.62: Día caluroso promedio. Autodesk Ecotect

Fuente: Autodesk Ecotect.

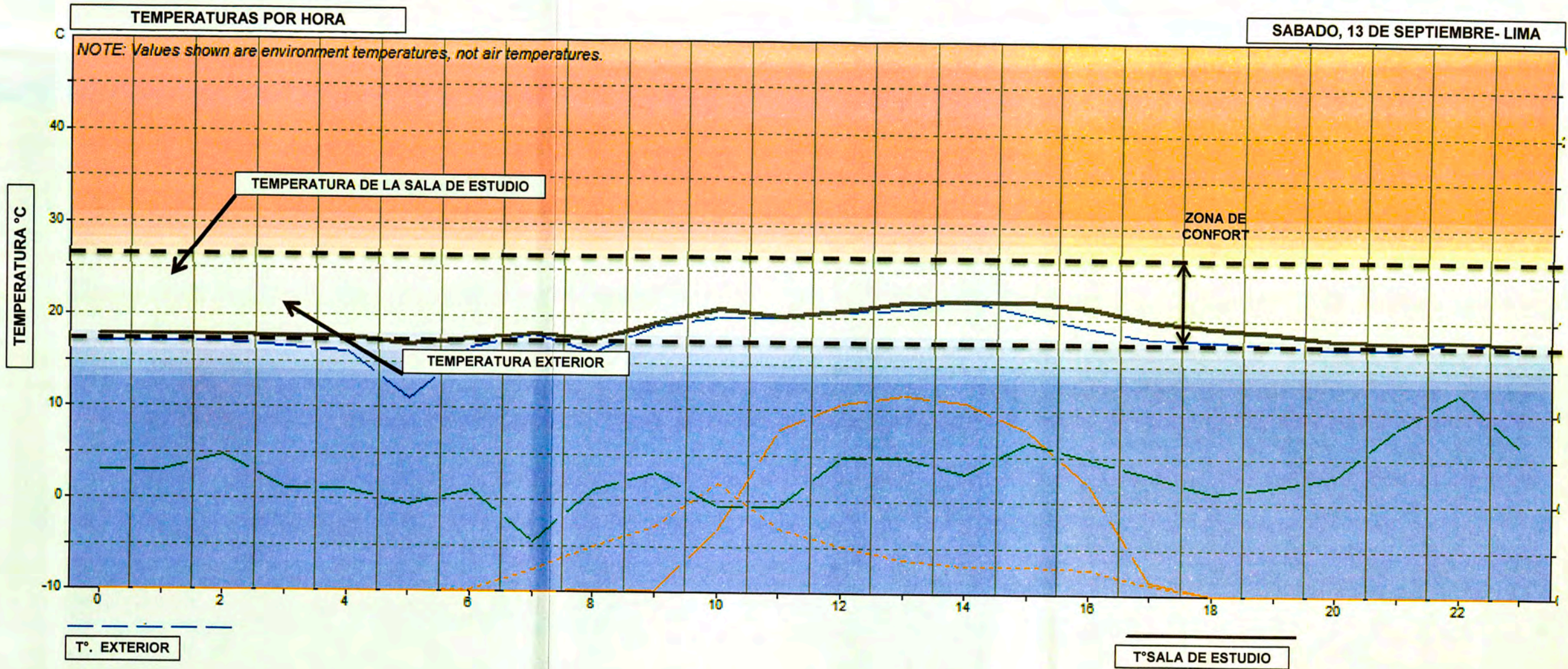


Figura N°4.63: Día frío promedio.

Fuente: Autodesk Ecotect.

En la Figura 4.62 y Figura 4.63 se observa en línea azul la temperatura de promedio del exterior y la línea negra gruesa señala la temperatura interna de la sala de estudios en promedio. Los resultados se pueden exportar a tablas que mostraremos a continuación:

Tabla N° 4. 13: Temperaturas en día caluroso.

Hora	T° Interior	T° Exterior	Dif. De T°.
0	26.70	22.90	3.80
1	26.70	23.00	3.70
2	26.70	23.00	3.70
3	26.70	22.90	3.80
4	26.70	23.00	3.70
5	26.70	23.00	3.70
6	26.70	22.40	4.30
7	26.90	23.00	3.90
8	27.20	25.00	2.20
9	27.30	26.50	0.80
10	27.30	28.00	-0.70
11	27.50	28.00	-0.50
12	28.30	28.30	0.00
13	28.90	29.00	-0.10
14	28.00	28.50	-0.50
15	28.50	28.50	0.00
16	27.90	25.00	2.90
17	27.80	24.00	3.80
18	27.70	24.00	3.70
19	27.40	23.00	4.40
20	26.90	23.00	3.90
21	26.80	23.00	3.80
22	26.80	23.00	3.80
23	26.70	23.00	3.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4. 12: Temperaturas en día frío.

Hora	T° Interior	T° Exterior	Dif. De T°.
0	18.80	15.40	3.40
1	18.70	15.00	3.70
2	18.70	15.00	3.70
3	18.70	15.00	3.70
4	18.70	15.00	3.70
5	18.60	15.00	3.60
6	18.60	14.80	3.80
7	18.70	15.00	3.70
8	18.90	15.00	3.90
9	19.00	15.00	4.00
10	19.20	16.00	3.20
11	19.30	16.00	3.30
12	19.40	17.00	2.40
13	19.50	17.00	2.50
14	19.60	17.00	2.60
15	19.60	17.00	2.60
16	19.40	16.00	3.40
17	19.30	16.00	3.30
18	19.10	15.80	3.30
19	19.10	16.00	3.10
20	18.80	16.00	2.80
21	18.80	16.00	2.80
22	18.80	16.00	2.80
23	18.70	15.00	3.70

Fuente: Elaboración propia.

Para el días más caluroso en promedio se observa que hay ganancia de calor en la mayoría de las horas, pero para las horas con intensidad de calor hay una sensación de pérdida de calor, eso representa que existe horas donde el ambiente se refrescara de 10 a.m. hasta 3 pm. Para el día con menor temperatura la zona tendrá ganancia de calor en todas sus horas, aplicando su función de captador de calor.

Tabla N° 4. 14: Tabla de zonas bienestar térmico

TABLA DE ZONAS DE BIENESTAR TÉRMICO		
AUTORES	LIMITES (°C)	OBSERVACIONES
1.- B. Givoni	21-16	General
2.- V. Olgay	23.9-29.52	Trópicos
3.-ASHRAE	22.2-26.6	General
4.-Yaglau-Driver	18.8-23.8	USA Verano (T.E.)
5.- Koenigsberg y otros.	22-27	Trópicos (T.E.)
6.- C.E. Brooks	23.3-29.4	Trópicos

Fuente: Acondicionamiento Climático. Universidad Ricardo Palma

Las temperaturas para los días más calurosos se ubican en la zona de bienestar térmico según C.E. Brooks y V. Olgay. Para los días más fríos las temperaturas alcanzan un promedio de 19 °C, lo cual para el confort térmico de Wieser contrasta con este mínimo que lo sitúa entre el límite de 18°C y 22°C que es para Lima.

4.10 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS VIRTUAL

De acuerdo al estudio realizado se sugiere separar los aspectos externos e internos que serán analizados en distintos puntos de vista. Las simulaciones muestran como la metodología BIM plantea los análisis en su etapa de diseño de acuerdo al nivel de detalle del modelo. Las simulaciones tienen un orden de aplicación que podría plantarse como método de trabajo. Ese método se puede basar en un modelo de aplicación teniendo como inicio la maqueta virtual. La maqueta virtual sirve como punto de partida para poder aplicar las simulaciones.

Para poder hacer el análisis sobre de una edificación se utilizó una maqueta virtual de los elementos más influyentes sobre el desenvolvimiento urbanístico del proyecto. Las masas conceptuales están concebidas como una herramienta de proyecto, que servirán para amoldar el proyecto, poder generar variantes del mismo y responder a los requisitos y condiciones preestablecidas, acercándose mediante este proceso a la solución óptima de los efectos de clima. La maqueta virtual se basa en el Nivel de detalle "ND-100", en ese nivel de detalle solo se ven aspectos externos. En la maqueta virtual aún no se define aspectos internos.

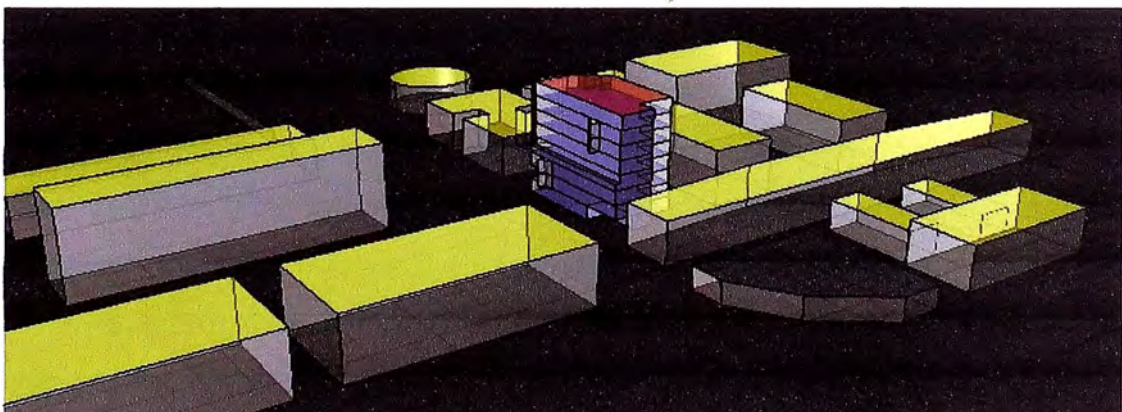


Figura N°4.64: ND- 100 DEL CIIFIC

Fuente: Elaboracion Propia usando Autodesk Revit 2015

Las masas conceptuales sirven como una representación del urbanismo y mediante las herramientas BIM proporciona los efectos sobre sus formas. Por ejemplo la radiación impactara en sus superficies principales, y se dará

una idea de la energía impactada para las orientaciones del proyecto. La iluminación podrá ser analizada con las sombras que el modelo conceptual dará como resultado de la variación del horario y la forma del modelo.



Figura N°4.65: Herramientas de diseño

Fuente: Elaboracion Propia usando Autodesk Revit 2015

Para definir los aspectos internos se necesita separar los espacios que se separan con muros y demás elementos. Para poder tener ese alcance se tiene que elevar el nivel al ND "200". Para este nivel hasta se podría obtener hasta metrados de algunos elementos. Los muros de Autodesk Revit son reconocidos por Autodesk Ecotect y eso permite modificar y poder usar un método de simulado cíclico en las distintas etapas donde se encuentre el modelo.

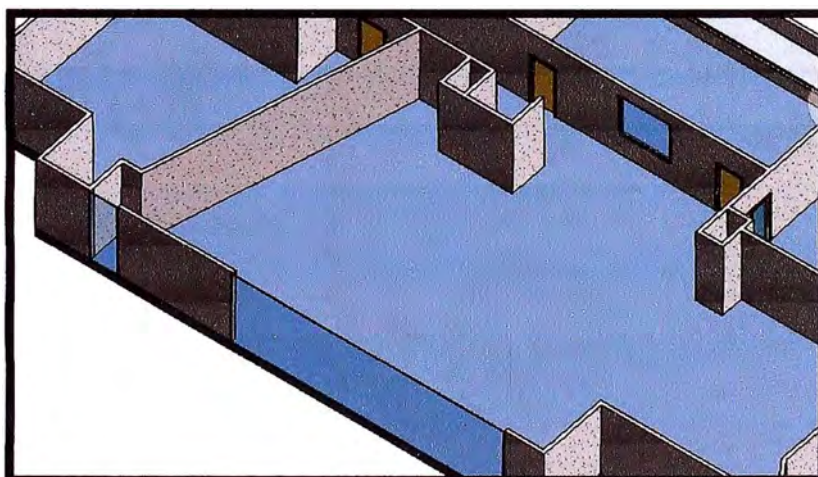


Figura N°4.66: "ND-200" del CIIFIC

Fuente: Elaboracion Propia usando Autodesk Revit 2015

Los análisis de simulación trabajan en un nivel de detalle indicado. Los vientos solo necesitan las masas, la radiación solo necesitan las caras externas, la iluminación y la temperatura necesitan de muros de distribución.

Tabla N° 4. 15: Tabla de simulaciones según el nivel de detalle

ND- 100	ND- 200
ANÁLISIS DE VIENTO	ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN
ANÁLISIS SOLAR	ANÁLISIS DE INSOLACIÓN
ANÁLISIS DE RADIACIÓN	ANÁLISIS TÉRMICO

Fuente: Elaboración propia

Según los niveles de detalle y las simulaciones se podría plantear un esquema de trabajo que se utilizó en el proyecto CIIFIC y que sirva como base para el uso de las nuevas herramientas que se vienen en los próximos años.

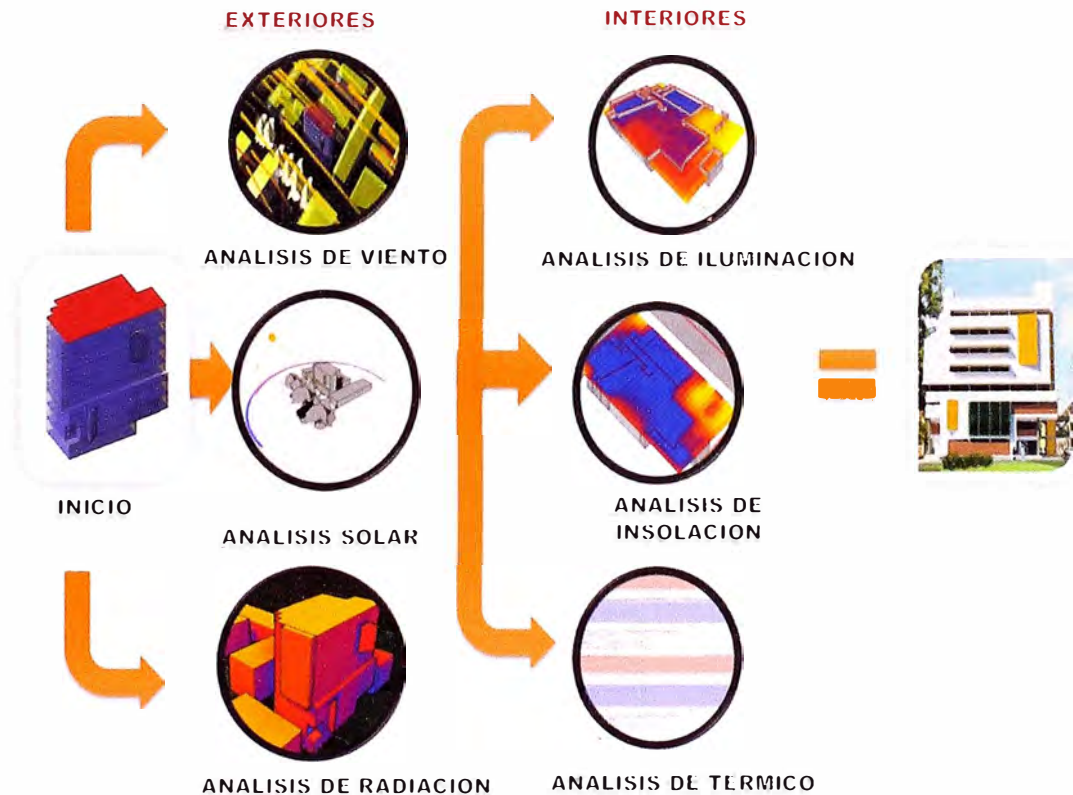


Figura N°4.67: Modelo específico de análisis climático

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4. 16: Tabla de resumen de resultados del CIIFIC

ANALISIS	ZONA	EFFECTOS	ESTRATEGIA
ILUMINACIÓN	SALA DE ESTUDIOS	ILUMINACIÓN EXCESIVA	REDUCIR EL AREA DEL VANO Y ABRIR OTRAS EN OTRAS ORIENTACIONES.
INSOLACIÓN	SALA DE ESTUDIOS	LA RADIACION SOLAR LLEGA DIRECTAMENTE.	COLOCAR UN CORTASOL CON UN DETERMINADO ESPACIAMIENTO.
TÉRMICO	SALA DE ESTUDIOS	DISCONFORT EN VERANO	VENTILAR LOS AMBIENTES EN VERANO.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4. 17: Tabla de resumen de resultados de ambientes

ANALISIS	ZONA	EFFECTOS	ESTRATEGIA
VIENTO	CORREDOR	ACELERACION DE VIENTO EFECTO VENTURI	AUMENTAR LA VEGETACION Y/O REGULAR
RADIACIÓN	PABELLON G-5	DISCONFORT Y EXCESO DE RADIACION	LOS VANOS ORIENTADOS A ESTE Y OESTE DEBEN TENER SISTEMAS DE PROTECCIÓN
SOMBRAS	CCIIFIC- PABELLÓN G-5	GANANCIA O PERDIDA DE LUZ.	LAS VANOS DEBE TRATAR DE SER ORIENTADOS PARA LAS ZONAS DONDE TENGA MENOS HORAS DE SOL.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El uso de las herramientas BIM contribuye a la mejora de la planificación y coordinación del diseño bioclimático, preparando e informando con anticipación las condiciones actuales y futuras de temperatura, viento, radiación e iluminación.
- Para una edificación de Lima es posible usar la metodología BIM y sus herramientas para realizar análisis bioclimático por la cantidad de información .
- El uso de las herramientas BIM ayuda a comprender de mejor manera los resultados del análisis bioclimático debido a la dinámica de los cambios que se puede tener usando un modelo virtual.
- La mejora del diseño bioclimático favoreció a las formas de descifrar que zonas internas o externas del CIIFIC están afectadas por los parámetros climáticos analizados. La protección sobre las orientaciones Este y Oeste están afectadas por el Sol, pero con las simulaciones se observa que porcentaje de intensidad se podría obtener con los cambios tomados en el proyecto. Es importante definir las estrategias de protección solar para controlar el ingreso de iluminación natural sin insolación.
- El análisis bioclimático de una edificación en Lima se logra a través del modelo BIM usando niveles de detalle ND-100 y ND-200.
- Se pueden analizar con herramientas BIM los factores externos como el viento, las sombras y la radiación.
- Para la zona externa en verano la el CIIFIC protegerá de la radiación solar excesiva los entornos cercanos y sobre todo la orientación Este, donde se concentran los pabellones de la Facultad de Ingeniería Civil. Su efecto contribuye en temporadas calurosas dando sensación de frescura.
- El análisis de sombras muestra que el pabellón G-5 la disminución del acceso de los rayos del sol por las sombras arrojadas del edificio CIIFIC disminuirá su acción salubre. Causando un alejamiento del confort en temporadas de sensación térmica fría.

- En el exterior del CIIFIC el análisis de viento virtual muestra que en el corredor que separa la el CIIFIC y FAUA se genera un efecto Bernoulli debido a la dirección del viento y a la distribución de edificaciones.
- Los factores internos que las herramientas BIM pueden simular son la iluminación, insolación y temperatura.
- El análisis térmico sobre la sala de estudio muestra unas temperaturas que se encuentran dentro de 18 °C y 22°C para invierno donde se logra el confort. Para verano en la sala de estudio la temperatura supera al confort de Lima (Entre 22°C y 26°C).
- En la sala de estudio para las estaciones de verano tendremos la mayor cantidad de insolación, ante eso los árboles que se ubican en la Facultad de Arquitectura funcionarán como protectores naturales, sumándose a esos los cortasoles que colocados cubrirán la orientación Oeste.
- Según las mediciones de lux en la sala de estudios de estudios serán iluminados en más del 50% de su área con la mínima cantidad de lux que la Norma de Confort Térmico nos propone (300 lux para salas de lectura).
- Las mediciones de viento e iluminación guardan un contraste cercano con los datos encontrados en algunas simulaciones, la relativa inexactitud se debe a parámetros más específicos que las herramientas BIM aún no muestran. Para el viento lo simulado fue de 1.57 m/s y lo encontrado en campo fue de 1.6 m/s lo cual es un valor cercano; pero para iluminación el valor simulado arroja 220 lux como mínimo, pero en campo se encontró valores de 100 lux.
- Uno de los principales beneficios de hacer un análisis bioclimático es la detección de aspectos que usualmente no son previstos en el desarrollo de diseño en edificaciones, esto se consigue al verificar las situaciones distintas de prueba según los datos cargados en el modelo BIM, permitiendo una mejor coordinación de las ideas de diseño.

5.2 RECOMENDACIONES

- Uno de los principales inconvenientes en la aplicación del análisis climático es la falta de información de los climas de las ciudades, la necesidad de tener información para estos tipos de análisis podría ayudar al diseño de edificaciones en zonas de la selva y sierra. La aplicación del diseño bioclimático es importante para un país emergente. Se

recomienda como medida de control establecer centros de investigación y laboratorios que permitan hacer estos tipos de análisis.

- Se recomienda que la maqueta virtual sea el modelo inicial en el cual se partirá todas las simulaciones climáticas.
- Se recomienda mantener la vegetación alrededor del CIIFIC para mantener controlar fuertes vientos en esa zona.
- Los vanos orientados al Este deberán tener protección solar como aleros o cortasoles que pudieran disminuir el ingreso directo de los rayos solares al interior del CIIFIC y ambientes cercanos.
- Si se tiene una iluminación excesiva se recomienda abrir vanos en otras orientaciones para regular el ingreso del sol.
- Se propone dar conocimiento de las teorías bioclimáticas, a todas las personas involucradas en el proceso de diseño de una edificación. El estudio de un diseño bioclimático y construcción sostenibles son temas que en la ingeniería civil se recomienda generar más información por la misma importancia que son sus resultados en el producto final de las edificaciones.
- Durante el desarrollo del modelamiento, se observó la necesidad de fijar el grado de detalle del Modelo BIM en cuanto al tiempo que involucra su realización, así como para el caso de simulaciones, debido a sus resultados rápidos se recomienda modelar solo en los ambientes que sean necesarios según un estudio previo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, J. "Identificación de impactos físico-ambientales potenciales de la construcción masiva de edificios multifamiliares. Trabajo de Investigación", Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2008.
2. Alcántara Vladimir. "Metodología para Minimizar las Deficiencias de Diseño Basada en la Construcción Virtual Usando Tecnologías BIM". Tesis de Título Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2013.
3. Alejandro Gómez, "Hola Arquitectura Bioclimática en el Perú", Revista Par, Lima, Perú, 2012.
4. COMITÉ BIM, CAPECO , "Protocolos BIM, Documentación BIM", Lima, Perú, 2014.
5. Chiarito Gabriel. "Sobre el movimiento aparente del sol", Madrid, España, 2007.
6. Coscollano J. "Ahorro Energético en la Construcción y Rehabilitación de Edificios", Madrid, España, 2002.
7. Eastman C., "BIM Handbook". Tesis para optar el Grado Académico de: Magíster en Dirección de la Construcción, Lima, Perú. 2014.
8. Espinoza J, Pacheco Roberto. "Mejoramiento de la Constructabilidad mediante herramientas BIM". Tesis para optar el Grado Académico de: Magíster en Dirección de la Construcción, Lima, Perú. 2014.
9. Gómez I. "Interacción de procesos BIM sobre una vivienda del movimiento moderno. La VilleSavoye". Trabajo de Fin de Grado. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Coruña, España, 2013.
10. Haymaker J., Welle B, Z. Rogers. "ThermalOpt: A Methodology for Automated BIM-Based Multidisciplinary Thermal Simulation for Use in Optimization Environments". CIFE, E.E.U.U., 2011.
11. Jurado C., "La estandarización como eje de la productividad" CAPECO, Lima, Perú, 2012.
12. Krygiel E., Nies B., "Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling" .Indiana, E.E.U.U., 2008.
13. Lamaison Rafael, "Radiación Solar". UPC, España, 2004.

14. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, “Reglamento Nacional de Edificaciones”. Lima, Perú, 2017.
15. Ministerio de Educación, “Guía de aplicación de arquitectura Bioclimática en locales educativos”, Lima, Perú, 2008.
16. Montoro Cavero Gladysz. “Criterios de diseño bioclimático en el Perú”, Tesis de Título Profesional, Lima-Perú, 2013.
17. Olgyay, Víctor. “Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism”. Princeton University Press, E.E.U.U., 1963.
18. Páez González C., “Revisión de los programas de Simulación Energéticos en Edificaciones”. Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Veracruz- México, 2011.
19. Rojas Herrera R.A., López Castellanos M. A. Ruiz Maldonado I. A.. “Análisis energético del edificio de estudios industriales y empresariales según lineamientos del sistema de certificación LEED a partir del uso de la herramienta Autodesk Ecotect Analysis”. Universidad industrial de Santander facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, Bucaramanga, Colombia, 2012.
20. Wieser Martin. “Teatinas de Lima”, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 2006.
21. Wieser Martin. “Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: Caso peruano. Cuaderno 14”, Departamento de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2012.