

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico  
dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

María Gabriela Cando Castillo

Luis Daniel Zambrano Palma

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios por vivir esta experiencia única.

A mí padre Morín Cando quién con sus enseñanzas, consejos y su ejemplo de vida aprendí a luchar frente a la adversidad. A mi querida madre María Castillo y hermano David, por brindarme aportes invaluable que servirán para toda mi vida. A Andrés quien con amor y confianza me acompañó toda esta etapa y Gracias por hacerme sonreír incluso a la distancia.

Agradezco a mi Asesor de Tesis PhD. Guillermo Soriano y al Ing. José Macías por otorgarme su conocimiento y experiencias. A Luis por haberme compartido su conocimiento desinteresado a lo largo de toda la carrera profesional. A mi amiga y colega Gladys. Al MSc. Bolívar Flores y al Ing. Carlos Flores por su ayuda incondicional. Gracias a todos los que fueron parte de este logro

María Cando

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecir mi vida. Al PhD Guillermo Soriano por su acertada labor como tutor de este proyecto. Al Ing. José Macías por compartir sus experiencias y brindarme su confianza en mis primeros pasos como profesional.

Mi eterno agradecimiento a mis padres, Carmen y Gary que han compartido estos años de mi vida brindándome su ejemplo de fortaleza, amor y valentía. A mi querido hermano Gary por su apoyo y cariño. A Estefania por haberme brindando la motivación perfecta mediante su amor, apoyo y comprensión para culminar este ciclo.

A Gabriela por su lealtad, compañerismo y amistad durante esta etapa.

A mis familiares por su cariño y apoyo ante cualquier eventualidad. A mis amigos por su constante motivación.

Luis Zambrano

## DECLARACIÓN EXPRESA

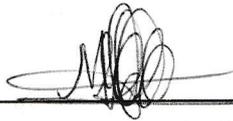
“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

María Gabriela Cando Castillo

Luis Daniel Zambrano Palma

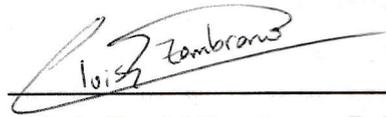
PhD. Guillermo Soriano Idrovo

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



María Gabriela Cando Castillo

Estudiante



Luis Daniel Zambrano Palma

Estudiante



Guillermo Soriano Idrovo, PhD.

Director

## RESUMEN

El clima en el Ecuador está claramente definido por factores naturales, lo que ha permitido clasificar al Ecuador principalmente en cuatro regiones naturales: Costa, Sierra, Oriente y Región Insular. Es así que a partir de estas condiciones climáticas se deben elegir los materiales de construcción idóneos a fin de potenciar el rendimiento energético de la edificación, obteniéndose como resultado la disminución en consumo eléctrico por climatización. El presente trabajo plantea un banco de prueba basado en una vivienda unifamiliar, para ensayar el comportamiento térmico dinámico de ensambles de envolventes durante un ciclo determinado.

Las fases de diseño fueron tres partes. La primera fase fue el diseño de forma de un sistema estructural, para lo cual se utilizó la metodología AISC 2015, NEC y ASCE. Con el aporte de estas normativas se estimó las cargas a las que estará sometida, posteriormente se eligieron los perfiles estructurales más ligeros para que cumplan esas condiciones de carga. La segunda parte consistió en diseñar un sistema de sujeción que permita desmontar los paneles a ensayar. Finalmente se eligió transductores de temperatura, humedad, presión, velocidad de viento y dirección de viento.

El sistema estructural se conformó de perfiles estructurales HSS, tanto para columnas y vigas principales. Así mismo se instaló, un marco sujetador en forma de ángulo para el sistema de paneles desmontables. Se eligieron sensores para el interior del banco de prueba y para el exterior se seleccionó una estación meteorológica, finalmente mediante Etabs 2015 el desenvolvimiento mecánico de la estructura y los puentes térmicos con el software THERM, obteniendo una reducción de pérdidas de calor del 10%.

Se elaboró el diseño de un banco de prueba que ensaye diferentes tipos de materiales para envolvente. Es importante señalar, que el banco de prueba permitirá evaluar el diseño dimensional de viviendas locales acorde a la realidad nacional.

### **Palabras Clave:**

Edificación, Banco de prueba, transductores, desmontable, paneles.

## **ABSTRACT**

*The climate in Ecuador is clearly defined by natural factors, which has allowed to classify Ecuador in four natural regions: Coast, Sierra, Eastern and Insular Region. Thus from these weather conditions should be chosen building materials suitable to enhance the energy efficiency of the building, resulting in the decrease of electricity consumption for air conditioning.*

*This paper presents a test based on a house dimensioned on the standard norm NEC, to test the dynamic thermal behavior of envelope assemblies during a given cycle.*

*The design phases were three parts. The first phase was the design form of a structural system, for which the 2015 AISC, ASCE NEC and methodology used. With the contribution of these regulations the loads were estimated in order to choose the lighter structural load profiles. The second part was to design a fastening system that allows remove the panels to be tested. Finally, temperature transducers, humidity, pressure, wind speed and wind direction was chosen.*

*The structural system was formed by structural profiles HSS for columns and girders. Also it was installed, a shaped frame angle holder for the removable panels system. The tested building has sensors inside which were taken from the ONSET company and in the outer side a weather station was selected too. At last, the mechanical development of the structure and thermal bridges were done by Etabs 2015 and THERM software respectively, obtaining a reduction of 10% in heat loss.*

*The design of a building test to test different types of materials for the envelope was developed. It is important to emphasize that the building test is to assess the dimensional design of local housing according to the domestic actuality.*

### **Keywords:**

*Buildings, prototype, transducers, dismantle panels.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	II
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Objetivos .....	4
1.3 Marco teórico .....	4
CAPÍTULO 2.....	14
2. Metodología del Diseño .....	14
2.1 Alternativas de Diseño .....	14
2.2 Evaluación de la Matriz Decisión .....	17
2.3 Diseño de Forma.....	23
2.4 Parámetro de Diseño y Construcción.....	24
2.5 Diseño Detallado.....	25
CAPÍTULO 3.....	45
3. Resultados.....	45
3.1 Vigas y columnas .....	45
3.2 Placa base .....	48
3.3 Perno de anclaje .....	49

3.4	Soldadura.....	50
3.4.1	Soldadura de unión viga con la columna .....	50
3.4.2	Soldadura de columna con la placa base .....	51
3.4.3	Soldadura de columna con el marco sujetador .....	51
3.5	Marco sujetador .....	51
3.6	Aislamiento térmico en columnas.....	54
3.7	Equipos de instrumentación .....	58
3.7.1	Selección de equipos de instrumentación.....	58
3.8	Análisis de Costos.....	74
3.8.1	Costos directo.....	74
3.8.2	Costos indirectos .....	77
3.8.3	Costo total.....	78
CAPÍTULO 4.....		80
4.	Discusión y Conclusiones .....	80
4.1	Conclusiones.....	82
4.2	Recomendaciones .....	83
BIBLIOGRAFÍA.....		85
APÉNDICES.....		89
APÉNDICE A.....		90
A.1	Diseño de placa base .....	91
A.2	Diseño de perno de anclaje .....	92
A.3	Diseño de soldadura de viga principal y columna.....	93
A.4	Diseño de soldadura de columna con la placa base.....	95
A.5	Diseño de soldadura de columna con marco de sujeción.....	97
APÉNDICE B.....		100
APÉNDICE C.....		121

APÉNDICE D.....132

## ABREVIATURAS

ESPOL	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
ANSI/ASHRAE	AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING, AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO).
ANSI/ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE PARA PRUEBAS Y MATERIALES)
INEN	INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN
INER	INSTITUTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES
INEC	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
HSS	HOLLOW STEEL SECTION
ASCE	AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE DE INGENIEROS CIVILES)
NEC	NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
AISC	AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (INSTITUTO AMERICANO DE CONTRUCCIÓN EN ACERO)
LBNL	LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY

## SIMBOLOGÍA

$k$	Conductividad térmica $\left[\frac{W}{m K}\right]$
$T$	Temperatura [ $^{\circ}C$ ]
$x$	Distancia [ $m$ ]
$q''_x$	Flujo de calor por unidad por unidad de superficie $\left[\frac{W}{m^2}\right]$
$\rho$	Densidad [ $Kg/m^3$ ]
$C_p$	Calor específico $\left[\frac{J}{Kg K}\right]$
$\rho C_p$	Calor específico Volumétrico $\left[\frac{J}{m^3 K}\right]$
$a$	Difusividad térmica [ $m^2/s$ ]
$\lambda$	Conductividad térmica $\left[\frac{J}{m s K}\right]$
$\Delta T$	Gradiente de temperatura [ $^{\circ}C$ ]
$b$	Efusividad térmica
$T_a$	Temperatura del aire [ $^{\circ}C$ ]
$T_{mr}$	Temperatura media radiante [ $^{\circ}C$ ]
HR	Humedad relativa [%]
$V$	Velocidad del aire [ $m/s$ ]
$M$	Tasa metabólica
Clo	Ropa
$p_s$	Presión de viento [ $kN/m^2$ ]
$\lambda$	Factor de ajuste de exposición
$K_{zt}$	Factor topográfico
$I$	Factor de importancia
$p_{s30}$	Presión de viento de diseño
$F_a$	Coefficiente de aceleración para periodos cortos basado en el sitio
$S_s$	Parámetro de aceleración
$F$	Constante para construcciones de 1 pisos.
$R$	Coefficiente de reducción de respuesta estructural
$W$	Peso total del edificio

$W_x$	Porción de la masa de una edificación a un nivel X
$F_x$	Fuerza de sismo aplicada al nivel X
$V$	Cortante Basal [ <i>kips</i> ]
$P_d$	Resistencia de diseño a la compresión axial de la columna [ <i>kips</i> ]
$P_n$	Resistencia nominal a la compresión axial de la columna [ <i>kips</i> ]
$P_u$	Carga axial a compresión de la columna [ <i>kips</i> ]
$P_{req}$	Resistencia requerida a la compresión axial de la columna [ <i>kips</i> ]
$\phi_c$	Factor de resistencia a la compresión
$A_g$	Área transversal del elemento columna [ <i>in</i> <sup>2</sup> ]
$F_{cr}$	Esfuerzo crítico del elemento columna [ <i>ksi</i> ]
$M$	Momento flexionante en la sección transversal [ <i>kips.in</i> ]
$c$	Distancia perpendicular del eje neutro a la fibra externa [ <i>in</i> ]
$S_x$	Módulo de la sección elástica de la sección transversal [ <i>in</i> <sup>3</sup> ]
$M_d$	Momento flexionante de diseño [ <i>kips.in</i> ]
$M_n$	Momento flexionante nominal [ <i>kips.in</i> ]
$M_p$	Momento flexionante plástico [ <i>kips.in</i> ]
$Z_x$	Modulo plástico de la sección [ <i>in</i> <sup>3</sup> ]
$F_y$	Esfuerzo de fluencia del elemento viga [ <i>ksi</i> ]
$\phi_b$	Factor de resistencia a la flexión
$C_b$	Coeficiente de momentos
$R_m$	Parámetro de monosimetría
$h_0$	Distancia entre los centroides de los patines [ <i>in</i> ]
$J$	Contante torsional de la sección [ <i>in</i> <sup>4</sup> ]
$c$	Constante para vigas de sección I
$C_w$	Constante torsional [ <i>in</i> <sup>6</sup> ]
$L$	Longitud del claro [ <i>in</i> ]
$w$	Carga total de servicio [ <i>lb/in</i> ]
$E$	Módulo de la sección [ <i>psi</i> ]
$V_d$	Resistencia de diseño al corte [ <i>kips</i> ]
$V_n$	Resistencia nominal al corte [ <i>kips</i> ]
$V_u$	Carga cortante [ <i>kips</i> ]

$V_{req}$	Resistencia requerida al corte [ <i>kips</i> ]
$\phi_v$	Factor de resistencia al corte
$A_w$	Área del alma [ <i>in</i> <sup>2</sup> ]
$C_v$	Coefficiente de corte del alma
$f'_c$	Resistencia a la compresión del concreto [ <i>kips/in</i> <sup>2</sup> ]
$A_1$	Área de la placa [ <i>in</i> <sup>2</sup> ]
$A_2$	Área máxima de la porción de concreto soportante [ <i>in</i> <sup>2</sup> ]
$M$	Momento de volteo de la base de la columna [ <i>kips.in</i> ]
$F$	Fuerza de tensión requerida para el perno de anclaje [ <i>kips</i> ]
$d_o$	Distancia entre centros de pernos de anclaje [ <i>in</i> ]
$n$	Número de pernos de anclaje a cada lado
$\phi_t$	Factor de resistencia a la tensión
$F_u$	Esfuerzo a la ruptura para varillas de acero [ <i>kips</i> ]
$A_g$	Área del perno de anclaje en [ <i>in</i> <sup>2</sup> ]
$d$	Diámetro del perno de anclaje [ <i>mm</i> ]
$w$	Tamaño de la pierna de una soldadura de filete [ <i>in</i> ]
$t_e$	Garganta normal de una soldadura de filete [ <i>in</i> ]
$L_g$	Longitud total de una soldadura de filete [ <i>mm</i> ]
$L_w$	Longitud efectiva de una soldadura de filete [ <i>mm</i> ]
$A_w$	Área efectiva de la soldadura de filete [ <i>in</i> <sup>2</sup> ]
$F_{BM}$	Resistencia nominal del metal base por unidad de área [ <i>ksi</i> ]
$F_w$	Resistencia nominal del material del electrodo [ <i>ksi</i> ]
$A_{BM}$	Área de la sección transversal del material base [ <i>in</i> <sup>2</sup> ]
$A_w$	Área efectiva de la sección transversal de la soldadura [ <i>in</i> <sup>2</sup> ]
$R_n$	Resistencia nominal [ <i>ksi</i> ]
$R_u$	Reacción soportada [ <i>ksi</i> ]
$R_{dw}$	Resistencia de diseño de la soldadura [ <i>ksi</i> ]
$R_{dBM}$	Resistencia de diseño de la soldadura del material base [ <i>ksi</i> ]
$\Phi$	Factor de resistencia
$t_p$	Espesor del material base donde se coloca la soldadura [ <i>in</i> ]
$F_{uBW}$	Esfuerzo de tensión ultimo del metal base [ <i>ksi</i> ]

$F_{yBW}$	Esfuerzo de fluencia del metal base. [ <i>ksi</i> ]
$CC1$	Combinación de carga 1
$CCVX$	Combinación de carga de viento en la dirección X
$CCVY$	Combinación de carga de viento en la dirección Y
$CCSX$	Combinación de carga de sismo en la dirección X
$CCSY$	Combinación de carga de sismo en la dirección Y
$T_{máx}$	Temperatura máxima [ $^{\circ}C$ ]
$T_{mín}$	Temperatura mínima [ $^{\circ}C$ ]
$V$	Velocidad [m/s]
$RA$	Días anuales de lluvia

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Consumo mensual promedio de electricidad en hogares .....	2
Figura 1.2. Principales factores y parámetros que afectan el confort térmico .....	9
Figura 1.3. Temperatura irradiada por un muro al interior de un espacio.....	11
Figura 2.1. Ilustración de la vivienda de una planta unifamiliar. ....	15
Figura 2.2. Ilustración de ventana de simulación de software TAS. ....	16
Figura 2.3. Banco de prueba "Kubik".....	17
Figura 2.4. Datos medidos y simulados sobre temperatura. ....	21
Figura 2.5. Diseño de forma del banco de prueba.....	23
Figura 2.6. Diseño de forma de columna y marco de sujeción para paneles. ....	24
Figura 2.7. Mallado para la ubicación de columnas.....	25
Figura 2.8. Esfuerzos de flexión en una viga.....	32
Figura 2.9. Variables consideradas para el diseño del espesor de la placa. ....	36
Figura 2.10. Función del perno de anclaje. ....	37
Figura 2.11. Terminología de la soldadura de tipo filete.....	38
Figura 2.12. Dimensiones máximas de la soldadura de filete.....	40
Figura 2.13. Longitud efectiva de una soldadura de tipo filete.....	41
Figura 2.14. Área efectiva de una soldadura de tipo filete.....	42
Figura 3.1. Vigas seleccionadas por el software. ....	46
Figura 3.2. Deformación máxima de la estructura. ....	47
Figura 3.3. Reacciones en las columnas de la estructura. ....	47
Figura 3.4. Dimensiones de placa base. ....	48
Figura 3.5. Detalle de perno de anclaje.....	50
Figura 3.6. Detalle de marco sujetador para paneles de envolvente.....	52
Figura 3.7. Detalle del primer ángulo recto.....	53
Figura 3.8. Detalle del segundo ángulo recto. ....	54
Figura 3.9. Simulación de columna sin aislamiento térmico. ....	55
Figura 3.10. Líneas isotérmicas en la columna sin aislamiento.....	56
Figura 3.11. Simulación de columna con aislamiento térmico. ....	56
Figura 3.12. Líneas isotérmicas en la columna con aislamiento.....	57
Figura 3.13. Planchas y paneles de poliuretano.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Tipos de pisos climáticos del Ecuador.....	1
Tabla 1.2. Humedad relativa permisible en función de la temperatura.....	10
Tabla 1.3. Clasificación simplificada de la velocidad del viento.....	13
Tabla 2.1. Calificación para cada uno de los aspectos.....	17
Tabla 2.2. Calificaciones para comparar criterios.....	18
Tabla 2.3. Ponderación de cada criterio de selección.....	18
Tabla 2.4. Matriz de decisión de alternativas de solución.....	22
Tabla 2.5. Cargas muertas sobre el banco de prueba.....	26
Tabla 2.6. Detalle carga mínima viva en el banco de prueba.....	27
Tabla 2.7. Peso total del banco de prueba.....	29
Tabla 2.8. Fuerza sísmica vertical.....	30
Tabla 2.9. Valores mínimos para las soldaduras de filete.....	39
Tabla 3.1. Combinaciones de carga implementados en Etabs 2015.....	45
Tabla 3.2. Detalle de soldadura de viga-columna.....	50
Tabla 3.3. Detalle de soldadura de columna-placa base.....	51
Tabla 3.4. Detalle de soldadura de columna-marco sujetador.....	51
Tabla 3.5. Valores Climáticos medios anuales de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. ...	60
Tabla 3.6. Especificaciones técnicas del registrador de datos HOBO U30 NRC.....	62
Tabla 3.7. Especificaciones técnicas del panel solar.....	63
Tabla 3.8. Especificaciones técnicas del sensor de temperatura y humedad.....	64
Tabla 3.9. Especificaciones del sensor inteligente de velocidad de viento.....	66
Tabla 3.10. Especificaciones técnicas del sensor de dirección de viento.....	68
Tabla 3.11. Dimensiones del brazo transversal de la estación meteorológica.....	69
Tabla 3.12. Especificaciones técnicas del protector de radiación.....	70
Tabla 3.13. Especificaciones técnicas del sensor inteligente de presión barométrica...71	71
Tabla 3.14. Especificaciones técnicas del sensor de temperatura radiante.....	72
Tabla 3.15. Resumen de Transductores del banco de prueba.....	73
Tabla 3.16. Costos de materiales y equipos.....	75
Tabla 3.17. Costos de construcción.....	76
Tabla 3.18. Costos de instalación y montaje.....	77
Tabla 3.19. Costos indirectos.....	78

Tabla 3.20. Costos totales de la ejecución del proyecto.....79

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	VISTA GENERAL
PLANO 2	VISTA DETALLADA
PLANO 3	PLACA BASE
PLANO 4	PERNO DE ANCLAJE
PLANO 5	MARCO SUJETADOR 1
PLANO 6	MARCO SUJETADOR 2
PLANO 7	PASADOR
PLANO 8	UNIÓN SOLDADA VIGA-COLUMNA
PLANO 9	UNIÓN SOLDADA PLACA-COLUMNA
PLANO 10	UNIÓN SOLDADA MARCO-COLUMNA
PLANO 11	ESQUEMA DE TRANSDUCTORES
PLANO 12	PLANO DE TRANSDUCTORE

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El clima en el Ecuador está claramente definido por factores naturales, para comprender mejor, en la región interandina la altitud determina que las ciudades ubicadas en la zona de los Andes posean temperaturas templadas. En la costa tenemos un clima tropical húmedo a causa de la temporada de lluvias y la época cálida que existe durante el año. Finalmente, en la Amazonía la abundante vegetación tropical define un clima caliente húmedo. (Blandín, 1976)

A causa de su diversidad de climas y a la constitución de su suelo, en el Ecuador existe una gran cantidad de flora y fauna distribuida a lo largo y ancho de su territorio. Estas características han permitido clasificar al Ecuador principalmente en 4 regiones naturales: Costa, Sierra, Oriente y Región Insular. (Patzelt E, 1996).

No obstante, por la diversidad de climas y alturas, distribución de especies y cambios notorios a cortas distancias. Motivo por el cual se ha realizado otra clasificación de las regiones del país denominada pisos climáticos o pisos zoográficos: (Guarderas, 1996)

**Tabla 1.1. Tipos de pisos climáticos del Ecuador.**

Pisos climáticos del Ecuador	
I.	Región Sur y Centro de la Costa Ecuatoriana.
II.	Región Norte de la Costa Ecuatoriana.
III.	Región de las Estribaciones Externas de la Cordillera de los Andes
IV.	Región del Altiplano o Páramo
V.	Región Interandina
VI.	Región Oriental
VII.	Región Insular del Archipiélago de Galápagos

Fuente: Guarderas, 1996.

Estas condiciones climáticas guardan estrecha relación con la eficiencia energética en una vivienda, puesto que a partir de las condiciones climático se deben elegir los materiales de construcción idóneos a fin de potenciar el rendimiento energético de la

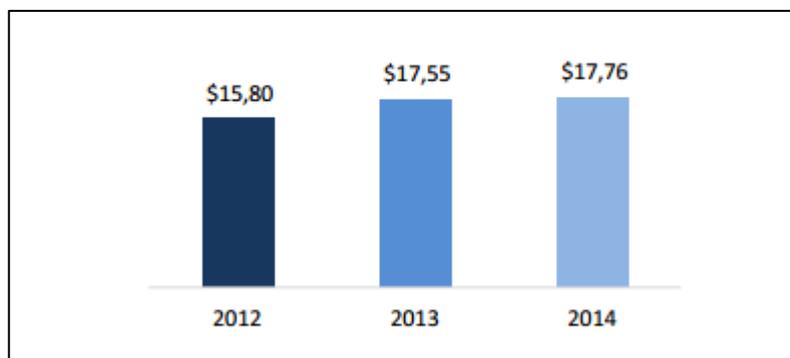
edificación, obteniéndose como resultado la disminución en consumo eléctrico por climatización.

Según (Soebarto,1999) en los climas cálidos y húmedos el diseño de las edificaciones es generalmente ventilado y ligero, por lo que se debería considerar la propiedad térmica dinámica denominada inercia térmica, desde el diseño con el propósito de tener un mejor aislamiento térmico e innovar en la selección y uso de los materiales de construcción.

Algunas propiedades térmicas se han implementado de manera directa como unos reguladores naturales de las variaciones de temperatura de una edificación, además ayuda a disminuir los picos de temperatura en el interior. El correcto desenvolvimiento de estas propiedades térmicas depende de: condiciones climáticas, la construcción, las propiedades térmicas, ventilación, aislamiento térmico, las ganancias por ocupación y las de calor interno.

### 1.1 Descripción del problema

De acuerdo a los resultados del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) con su censo de Información Ambiental en Hogares 2014 entre los años 2012 y 2014, se evidenció en el Ecuador un incremento de consumo de energía en los hogares que ascendió a \$1,96 que se atribuye fundamentalmente a: alumbrados, electrodomésticos, calefacción y aire acondicionado. Todos vinculados con la búsqueda de confort térmico en el hogar.



**Figura 1.1. Consumo mensual promedio de electricidad en hogares**

Fuente: Información ambiental en hogares (INEC), 2014

Es necesario recalcar que el incremento presentado se lo atribuye fundamentalmente al uso de equipos de aire acondicionado y calefacción.

Los bajos índices de confort térmico en el hogar, hacen que el individuo no se sienta conforme con los niveles de temperatura que se genera en el interior provocando un uso excesivo de equipos de climatización, lo que ocasiona una disminución en el desempeño de los sistemas provocando el deterioro de estos, paralelamente incide en el incremento del consumo de energía eléctrica que afecta económicamente a los ciudadanos. Todo este incremento de climatización surge por la carencia de materiales con un buen desempeño en la envolvente de la edificación.

Una de las razones para que se ignore la relación energía materiales, necesaria para seleccionar las soluciones de envolventes con mejor comportamiento térmico, suele ser la falta de conocimiento acerca de sistemas de ahorro naturales, la cual aprovecha la energía que se genera en los materiales alimentadas por las variaciones del clima.

Dentro de este contexto, los estudios de los aportes de calor que se generan a través de los muros, ventanas, paredes y pisos aumentaría la confiabilidad de selección y empleo de los materiales de construcción siendo, actualmente uno de los aspectos ausentes al momento de realizar un diseño bioclimático.

En el contexto de investigación térmica para edificaciones el INER desarrolla tres proyectos en esta área el primero en el laboratorio para caracterizaciones térmicas de materiales, el segundo construcción de edificaciones de bajo consumo energético en Yachay (Ciudad del conocimiento) y finalmente estudio de Eficiencia Energética en la estación experimental de la Antártida.

En la actualidad se evidencia la falta de procedimientos que demuestren el comportamiento térmico de los componentes de una edificación frente a climas extremos de calor o frío que minimice el consumo de energía, la transmisión de

calor en régimen variable ya que existen fluctuaciones notables de diferencia de temperaturas entre el interior y exterior a lo largo del día.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Diseñar un banco de pruebas desmontable para evaluar el comportamiento térmico dinámico de diferentes tipos de envolventes en los sistemas constructivos nacionales.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar un sistema estructural desmontable que permita evaluar el comportamiento térmico de envolvente.
- Especificar un sistema de colección de datos para determinación de desempeño térmico.
- Verificar el aislamiento térmico para las conexiones metálicas de la estructura.
- Elaborar un presupuesto necesario para la ejecución del proyecto.

## **1.3 Marco teórico**

### **1.3.1 Características térmicas de los materiales**

Las principales características que tiene los materiales de construcción son (Pedro J Hernández, 2016):

- Conductividad térmica ( $\lambda$ )
- Densidad ( $\rho$ )
- Calor específico ( $C_p$ )
- Calor específico volumétrico ( $\rho C_p$ )
- Difusividad térmica ( $a$ )
- Efusividad térmica ( $b$ )

### 1.3.2 Conductividad térmica

El uso de la ley de Fourier hace obligatorio el conocimiento de la conductividad térmica. Esta propiedad, a la que se le hace referencia como propiedad de transporte, proporciona una indicación de la velocidad a la que se transfiere energía mediante el proceso de difusión, y depende de la estructura física de la materia, atómica y molecular, que se relaciona con el estado de la materia.

Luego, para un gradiente de temperatura establecido, el flujo de calor por conducción aumenta con el incremento de  $k$ . Recordando el mecanismo físico asociado con la conducción, se tiene en general, que la  $k$  de un sólido es mayor que la de un líquido, que a su vez es mayor que la de un gas. Como se ilustra en la Figura 2.2 la  $k$  de un sólido puede ser más de cuatro órdenes de magnitud mayor que la de un gas. Esta tendencia se debe en gran parte a la diferencia en el espacio intermolecular para los dos estados. (Pedro J Hernández, 2016)

### 1.3.3 Densidad

La densidad ( $\rho$ ) o masa volumétrica de un material, define el coeficiente entre la cantidad de masa (Kg) que caracteriza el material y el volumen unitario ( $m^3$ ). Su valor se mide en  $Kg/m^3$ . En este caso el rango de valores, si se incluyen los metales guarda una relación de 1 a 600, bastante menos que en la conductividad. Estos varían desde 5 a 30  $Kg/m^3$  en los aislantes hasta 8900  $Kg/m^3$  en el cobre. En cambio, la relación es de 1 a 170 si se consideran únicamente los materiales de construcción, relación muy cercana a la que se da en la conductividad. (Pedro J Hernández, 2016)

### 1.3.4 Calor específico

El calor específico ( $C_p$ ) es la característica del material que expresa la cantidad de calor necesario ( $J$ ) para aumentar un grado ( $1K$ ) la temperatura de una unidad

de masa ( $Kg$ ); se mide en  $J/KgK$ . El calor específico determina la capacidad de un material para acumular calor. Su valor, que depende del material, tiene un rango de variación bastante menor para la mayoría de materiales de construcción de 1 a 4; el rango está comprendido entre 500 y 200  $J/KgK$  y pocos materiales salen de este rango.

Un caso especial es el del agua, cuyo calor específico es particularmente elevado (4187  $J/KgK$ ). Por ello, el agua es utilizada como medio de almacenamiento térmico en una gran variedad de aplicaciones.

Las propiedades enunciadas anteriormente son las características elementales de cualquier material desde el punto de vista térmico. El estudio del comportamiento de los materiales cuando están sometidos a cambios cíclicos del clima del lugar obliga a introducir otras características más complejas en combinación con las anteriores características elementales. (Pedro J Hernández, 2016)

### **1.3.5 Calor específico Volumétrico**

El calor específico volumétrico ( $\rho C_p$ ). Éste determina la capacidad de almacenamiento de calor de un determinado material o su capacidad volumétrica. El calor específico de los materiales no sufre grandes variaciones entre los diferentes materiales, por lo tanto, la capacidad de almacenamiento de calor está íntimamente ligada a su densidad. Es por esta misma razón por la que cuando hacemos referencia a elementos de alta capacidad de almacenamiento de calor siempre pensamos en grandes muros de piedra, hormigón o ladrillo. (Pedro J Hernández, 2016)

### **1.3.6 Difusividad térmica**

Expresa la capacidad de un material para transmitir una variación de temperatura.

La difusividad térmica expresa lo que se denomina como velocidad de difusión de la temperatura de determinado material. Si se somete a un cambio de temperatura

a dicho material su temperatura variará en mayor o menor medida, cuanto mayor sea la variación mayor será su difusividad térmica.

Por lo tanto, llegamos a la conclusión de que la difusividad térmica será mayor con el aumento de la conductividad y con una disminución del calor específico volumétrico. El rango de variación de la difusividad térmica será aproximadamente de 1 a 12 para los materiales de construcción, incluyendo los aislantes, salvo en algunos casos especiales.

### **1.3.7 Efusividad térmica**

Expresa la capacidad de un material para absorber o restituir un flujo de calor o potencia térmica

La efusividad térmica determina el flujo de calor que el material absorbe de acuerdo a su estado térmico, es decir, la efusión de una potencia térmica dentro de un material. (Pedro J Hernández, 2016)

### **1.3.8 Envolvente**

Las paredes son una fracción predominante de la envolvente del edificio y se espera que proporcionen confort térmico y acústico dentro de un edificio, sin comprometer la estética del edificio. La resistencia térmica (valor R) de la pared es crucial, ya que influye en el consumo de energía del edificio en gran medida, sobre todo, en los edificios de gran altura, donde la relación entre la pared y la superficie total de los sobres es alta. Los valores R de mercado disponibles de centro-de-la cavidad y los valores de R claras pared consideran el efecto de aislamiento térmico. Sin embargo, la influencia de la elaboración de las conexiones de interfaz de factores y no se toma en consideración (Christian J. E., 1996)

Las paredes con aislamiento térmico tienen una mayor probabilidad de condensación en la superficie cuando la humedad relativa del aire ambiente es

superior al 80%, siempre que los coeficientes de transferencia de calor por convección y radiación de los de la pared exterior son pequeñas. Este problema es más grave durante los meses de invierno y en las regiones climáticas más frías con altos niveles de humedad. (Aelenei D., 2008)

### **1.3.9 Diseño Bioclimático**

El diseño bioclimático es aquel que pone a consideración las condiciones climáticas y el entorno, integrando al hombre, la arquitectura y el medio ambiente, con la finalidad de reducir la demanda de energía sin dejar de lado el confort para los usuarios y habitantes del edificio. (Simancas, 2003)

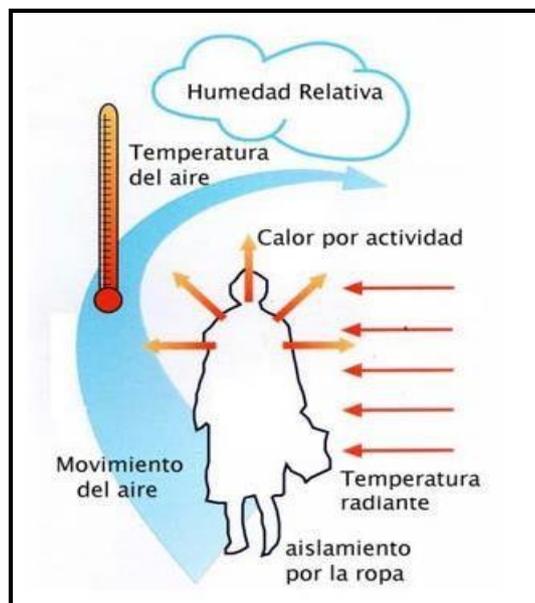
El diseño bioclimático es adaptable con el medio ambiente ya que se aprovechan los recursos disponibles del sitio tales como: intensidad del viento, recorrido del sol, condiciones topográficas del terreno y climáticas de la región, integrándolas con estructuras y técnicas actuales para la edificación; es decir, ubicación de ventanales, entradas de luz, muros y techos, para que el mismo pueda variar el comportamiento ambiental dependiendo de la época del año ya sea invierno o verano, garantizando un confort térmico y a su vez eficiencia energética, tanto así que podrían llegar a ser edificios autosustentables. (Monroy, 2001)

### **1.3.10 Confort térmico**

El confort térmico se refiere al equilibrio que existe entre la satisfacción de un individuo con el ambiente térmico. Las condiciones de confort térmico difieren entre cada persona, dando como resultado que no se satisfaga esta condición para todos. De acuerdo a la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) (Standard 55, 2004) se han recolectado datos de campo y las pruebas de laboratorio para proveer las estadísticas requeridas para establecer las condiciones adecuadas para que un número determinado de individuos encuentre un espacio confortable. (Ríos, 2014)

El confort térmico aparece cuando el individuo produce la menor cantidad de energía para adaptarse al medio ambiente donde se encuentra, esto es cuando su temperatura corporal es igualada a la temperatura ambiente. (Vega, 2015)

De acuerdo a Vega, existen seis los factores y parámetros básicos que influyen directamente en los porcentajes de pérdida de calor del cuerpo humano, afectando el bienestar térmico: Temperatura del aire ( $T_a$ ), Temperatura media radiante ( $T_{mr}$ ), Humedad relativa ( $HR$ ), Velocidad del aire ( $V$ ), Tasa metabólica ( $M$ ) La ropa ( $Clo$ ). (Simancas, 2003)



**Figura 1.2. Principales factores y parámetros que afectan el confort térmico**

Fuente: Simancas, 2003.

El confort térmico es muy importante en el ámbito laboral, ya que el individuo llegue a tener un mejor cumplimiento de sus tareas en un lugar que le garantice un ambiente placentero. (Vega, 2015)

### **1.3.11 Temperatura del aire**

La temperatura es el factor principal para obtener el grado de confort térmico en un espacio. Es uno de los parámetros clave para determinar si un individuo tiene

una sensación de frío o calor, cabe destacar que el otro parámetro clave es la humedad. Con estos parámetros antes mencionados se pueden efectuar graficas con las que se puede estimar con cierta fiabilidad la zona en la cual exista un mayor confort. Adicionalmente, con estos datos se puede realizar un balance general del grado de confort de la edificación o de una parte determinada de ella. (Simancas, 2003)

**Tabla 1.2. Humedad relativa permisible en función de la temperatura**

Rango de Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)
Mínima	Máxima	
20	25	30
20	24	40 – 50
20	23	60

Fuente: Simancas, 2003.

### **1.3.12 Humedad relativa**

Este parámetro muestra la cantidad de vapor de agua en la atmósfera y se expresa utilizando porcentajes. Dentro del diseño bioclimático tiene un papel muy importante, puesto que junto con la temperatura son las variables que se utilizan para medir el grado de confort térmico de una edificación, es imprescindible que si se quiere garantiza un constante grado de satisfacción de confort térmico se debe usar técnicas de acondicionamiento. (Mecott, 2008)

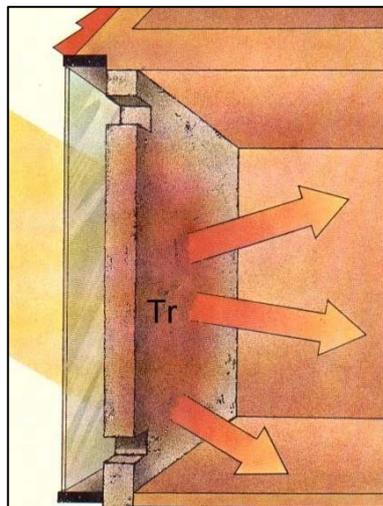
### **1.3.13 Temperatura radiante**

Es el parámetro ambiental menos considerado en la evaluación del confort térmico de una edificación. Si se trata de espacio cerrados puede llegar a tornarse en un parámetro decisivo, debido a que su influencia es directa sobre el nivel de la temperatura de sensación.

Se precisa como la temperatura media irradiada por todas las superficies de la envolvente hacia el interior. El calor por radiación solo necesita una diferencia de temperatura, por lo general de un cuerpo caliente a uno frío, la temperatura radiante suele dar una falsa sensación de calor o frío, sin importar la cantidad de aire que exista en el interior. La temperatura radiante puede ser considerada para prever sistemas de climatización.

La radiación de calor, puede afectar directamente al ambiente interior cuando sus niveles son altos, también reduce la capacidad de trabajo de los individuos en verano. En el invierno, dicho escenario puede aprovecharse para mejorar las condiciones interiores. Si la suma de las temperaturas de todas las superficies del interior supera a la temperatura de un individuo, sentirá calor, por otro lado, si es mejor, sentirá frío.

Cuando una persona tiene calor, este calor será transmitido hacia las superficies de la envolvente. Contrariamente, cuando se transita en una época de frío, de esta forma se transmite calor de una manera más confortable. (Simancas, 2003)



**Figura 1.3. Temperatura irradiada por un muro al interior de un espacio.**

Fuente: Simancas, 2003.

### **1.3.14 Radiación Solar**

El sol es un parámetro de mucha relevancia en la climatización de una edificación; debido a que la energía que ofrece en radiación de ondas cortas es recibida por la atmosfera, la cual absorbe una cantidad y otra la transmite a la superficie terrestre, esto genera un balance energético radioactivo para el clima. (Barros, 2010)

La radiación se debe a todos los espectros electromagnéticos que son emitidos por los rayos del sol. Su magnitud es la irradiancia, la cual expresa la energía por unidad de tiempo y área que alcanza la tierra, su unidad de medida son los w/m<sup>2</sup>. (Simancas, 2003)

Como todas las variables climáticas, ésta también tiene su grado de relevancia, puesto que al incurrir sobre una edificación aporta una carga térmica, provocando elevar la temperatura aumentando el consumo energético del edificio.

### **1.3.15 Viento**

Los vientos se generan con corrientes de aire que se encuentran en el ambiente con diferentes valores de temperaturas (López, 2003). Se pueden emplear estas corrientes en el diseño bioclimático para temperar de manera natural zonas de una edificación. (Vega, 2015)

Se la censa con estaciones meteorológicas. Es un parámetro importante ya que las variaciones de temperatura tienen una gran dependencia del tipo de vientos que se tenga, además ofrecen beneficios o molestias al confort interno de acuerdo a la estación del año, densidad edificatoria y obstáculos naturales. (Simancas, 2003)

### 1.3.16 Velocidad del viento

Se obtiene de manera aproximada usando la escala de Beaufort, esta involucra la fuerza del viento con ciertos movimientos. Se la considera muy importante, debido a que se la puede utilizar para refrescar una edificación. Ayuda a reducir la humedad y favorecer la ventilación de los espacios del sistema constructivo. (Simancas, 2003) La Tabla 1.2. muestra la clasificación de los tipos de vientos de acuerdo al criterio de Beaufort.

**Tabla 1.3. Clasificación simplificada de la velocidad del viento**

Tipo	Velocidad
Débiles	Menos de 12 km/h
Medios	De 12 a 30 km/h
Sostenidos	De 30 a 50 km/h
Fuertes	De 50 a 70 km/h
Temporal	De 70 a 90 km/h

Fuente: Serra, 2004.

### 1.3.17 Inercia térmica

La inercia térmica es la propiedad de un elemento para almacenar calor y rechazarlo posteriormente. Se puede usar la inercia térmica de una edificación como una técnica para disminuir el flujo de calor que ingresa o que sale. (Yannas and Maldonado Ed., 1995)

Usar estructuras que posean una mayor capacidad de almacenamiento de calor asiste en la reducción de la carga de enfriamiento, lo que trae como consecuencia disminuir el consumo de energía en edificios con sistemas de climatización. (Goulart & S., 1998)

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

### 2.1 Alternativas de Diseño

La evaluación de los efectos térmicos de las soluciones de envolventes en las edificaciones no ha sido objeto de estudio científico, una evidencia de ello es que, en el capítulo de eficiencia energética de la norma ecuatoriana de la construcción, este criterio es soslayado; en este contexto se proponen tres opciones que de acuerdo a la bibliografía revisada sugieren una solución al problema.

La primera solución es proyectar un banco de prueba fijo que registre la respuesta que presenta la edificación a las condiciones climáticas del lugar donde se encuentre. La segunda alternativa es medir las propiedades térmicas tales como: densidad, calor específico y conductividad de los materiales que conformen la edificación, para posteriormente introducir los datos en un software de simulación a fin obtener el desenvolvimiento térmico dinámico de la edificación.

En relación a la tercera opción plantea un banco de prueba que permita evaluar soluciones de envolventes desmontables. Con el propósito de delimitar las opciones de banco de prueba a continuación se describen las características relevantes de las opciones estudiadas.

#### 2.1.1 Banco de prueba con la Envolvente Fija

Este banco de prueba se basará en el diseño de una vivienda de una planta unifamiliar, se tomará como referencia los planos desarrollados por la Norma Ecuatoriana de la construcción “VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m” capítulo 10, que se instala en un área de 36  $m^2$ . El banco incluye la construcción de la vivienda y la respectiva instalación de sensores que midan condiciones ambientales dentro y fuera de la vivienda. Con lo cual se conocerá el comportamiento térmico dinámico de cada uno de los componentes de la envolvente. Además, servirá para evaluar un solo tipo de envolvente. Si

posteriormente, se deseara hacer otro ensayo se deberá demoler el banco y construir otro.

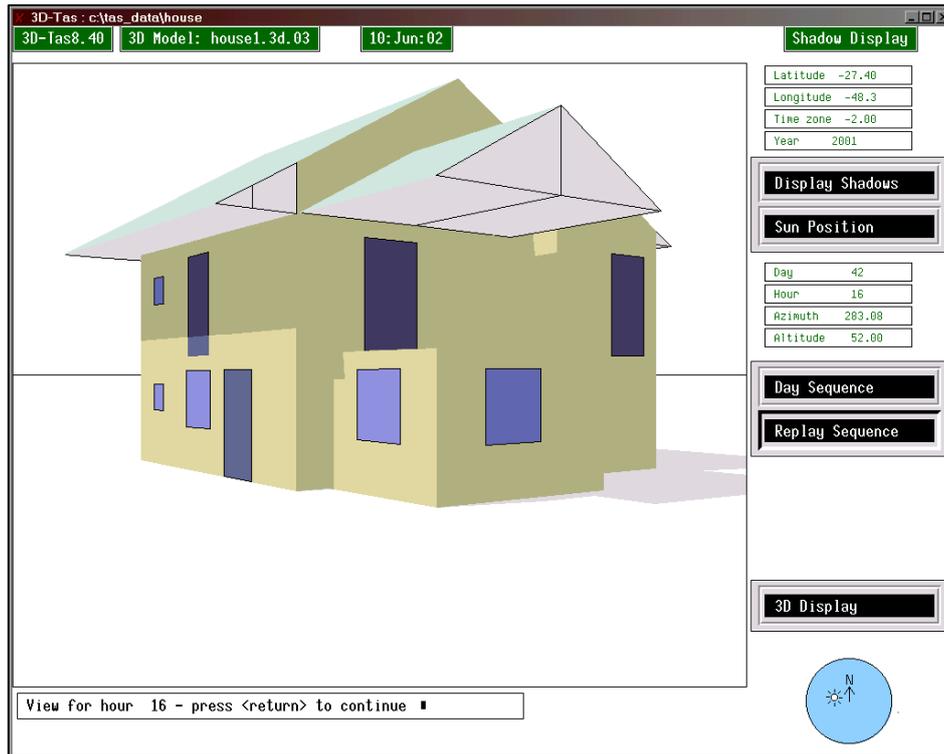


**Figura 2.1. Ilustración de la vivienda de una planta unifamiliar.**

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción, 2014.

### **2.1.2 Ensayo de Laboratorio y Simulación**

En consideración de la necesidad de equipos especializados esta alternativa se ejecuta en un laboratorio en el que se miden las propiedades térmicas como: densidad, calor específico y conductividad. A continuación, utilizando los datos obtenidos en los ensayos antes descritos y con la ayuda de un software, se ejecuta una simulación a partir de la cual se logra una estimación fidedigna de los datos climatológicos del entorno de la edificación. Para ilustrar esta alternativa nos referiremos al trabajo “Optimisation of thermal storage as a cooling technique for residential buildings in Southern Brazil” desarrollado por Solange V. G. Goulart. En este trabajo se usa el software TAS thermal simulation tool (TAS v.8.4). Cabe destacar que muchos investigadores y grupos han realizado trabajos al respecto.



**Figura 2.2. Ilustración de ventana de simulación de software TAS.**

Fuente: Goulart, 2004.

### 2.1.3 Banco de prueba con la Envoltente Desmontable

El diseño de este banco de prueba se fundamenta en la investigación desarrollada por el grupo Tecnalia de España, quienes elaboraron esta herramienta con la innovación de envolventes desmontables, que permiten evaluar diferentes configuraciones de envolventes y ensayar distintos materiales de construcción simultáneamente. Hay otros grupos como UT Austin, que también desarrollan trabajos en estas áreas.



**Figura 2.3. Banco de prueba "Kubik".**

Fuente: Tecnalía.

## 2.2 Evaluación de la Matriz Decisión

Con la matriz de decisión se confrontarán las opciones para evaluar el comportamiento térmico dinámico a fin de lograr una adecuada decisión del diseño.

Los aspectos clave que se consideraran son: área de uso, montaje, control de condiciones, calidad de datos, condiciones reales, Similitud a la realidad y costos. La calificación se otorgará de acuerdo a la Tabla 2.1 en la que se registra un rango de 1 a 10, siendo 1 la calificación más baja y 10 la más alta.

La calificación consta de dos criterios uno cualitativo y otro cuantitativo.

**Tabla 2.1. Calificación para cada uno de los aspectos**

Calificación	Valor
Excelente	10
Muy bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Malo	1

Elaboración propia.

### 2.2.1 Ponderación de criterios

Para la ponderación de los criterios se usará la Tabla 2.2., donde se observa la calificación en base a la comparación de criterios.

**Tabla 2.2. Calificaciones para comparar criterios**

Valor=1	Criterio A>Criterio B
Valor=0,5	Criterio A=Criterio B
Valor=0	Criterio A<Criterio B

Fuente: Diseño concurrente, Carles Riba, 2002

Se realizó la comparación de acuerdo a la importancia de cada criterio, para dar la valoración a cada característica de comparación. Finalmente se obtuvo el siguiente resultado:

**Tabla 2.3. Ponderación de cada criterio de selección**

Criterio B \ Criterio A	Criterio B							$\Sigma+1$	Ponderación
	Área de uso	Montaje	Control de condiciones	Calidad de datos	Condiciones reales	Proximidad a realidad	Costo		
Área de uso	■	0,5	0	0	0	0	0	1,5	0,05
Montaje	0,5	■	0	0	0	0	0	1,5	0,05
Control de condiciones	1	1	■	1	0	0,5	0	4,5	0,16
Calidad de datos	1	1	1	■	0,5	0	0	4,5	0,16
Condiciones reales	1	1	0,5	0,5	■	0	0	4	0,14
Proximidad a realidad	1	1	0,5	1	1	■	0	5,5	0,19
Costo	1	1	1	1	1	1	■	7	0,25
Total								28,5	1,00

Elaboración propia.

### **2.2.2 Área de Uso**

El área de uso se mide de acuerdo a lo que se ha presentado como referencia, ya se detalló que para los bancos de prueba ya sea el desmontable o el fijo, se tendrá un diseño de una edificación de área de  $36 m^2$ . Mientras que para la simulación solo se necesita el espacio que ocupa un computador que está por debajo de un metro cuadrado. Por ello es que a la simulación se le otorga una calificación de 10 por ocupar un espacio mínimo, mientras que a los bancos de prueba que poseen igual área se les otorga seis ya que el espacio que requieren es bueno en medida de la solución que ofrecen.

### **2.2.3 Montaje**

En el montaje los bancos de prueba demandan ejecutar una obra mecánica y civil donde implican muchos procesos, como soldar, empotrar, cortar, ensamblar, etc. Al contrario del montaje que se necesita en una simulación donde solo se necesita instalar el software necesario para ejecutarla. En este aspecto la simulación obtiene la máxima calificación por las facilidades que ofrece frente a los bancos de prueba que necesitan un montaje con muchos procesos mecánicos y civiles. Por ello obtienen una calificación de 4, porque su montaje es trabajoso y hasta cierto punto de vista es complejo.

### **2.2.4 Control de Condiciones**

Los bancos de prueba tanto el fijo como el desmontable no tienen ningún control sobre el clima, puesto que si se requiere hacer un ensayo con unas condiciones dadas de clima, lo que se puede realizar es esperar el día que se tenga el clima necesario para ejecutar el ensayo. En este aspecto los bancos de prueba se llevan la calificación más baja que es uno. Por el contrario, en la simulación se puede controlar el clima de cierta manera, creando archivos de clima (Goulart, 2004), donde no se tenía el archivo del clima de Florianópolis se logró crear uno con datos meteorológicos. En este aspecto la simulación recibe una calificación de seis, no recibe la máxima calificación debido a que a pesar que pueda controlar el

clima, depende de datos meteorológicos para hacer un archivo con información climatológica.

### **2.2.5 Calidad de Datos**

La simulación basa sus resultados en datos experimentales, los cuales son obtenidos por medio de ensayos, esta premisa involucra que los resultados que se obtienen posterior a una simulación no son enteramente propios de la simulación, más bien son un resultado a través de métodos numéricos de los datos obtenidos experimentalmente, por lo cual recibe una calificación de uno, esto se puede analizar en el trabajo de Goulart., donde para lograr calibrar la simulación usa datos medidos en sus respectivos casos de estudios.

Mientras que los bancos de prueba ofrecen datos reales medidos a tiempo real, lo que permite una mejor visión de lo que está sucediendo con el desempeño térmico de la edificación, considerando únicamente el error sistemático que ofrece cada uno de los sensores de medición. La calificación que se les otorga a los bancos de prueba es la máxima debido a su buena calidad de datos ya que son de manera absoluta obtenidos a partir de ellos.

### **2.2.6 Condiciones Reales**

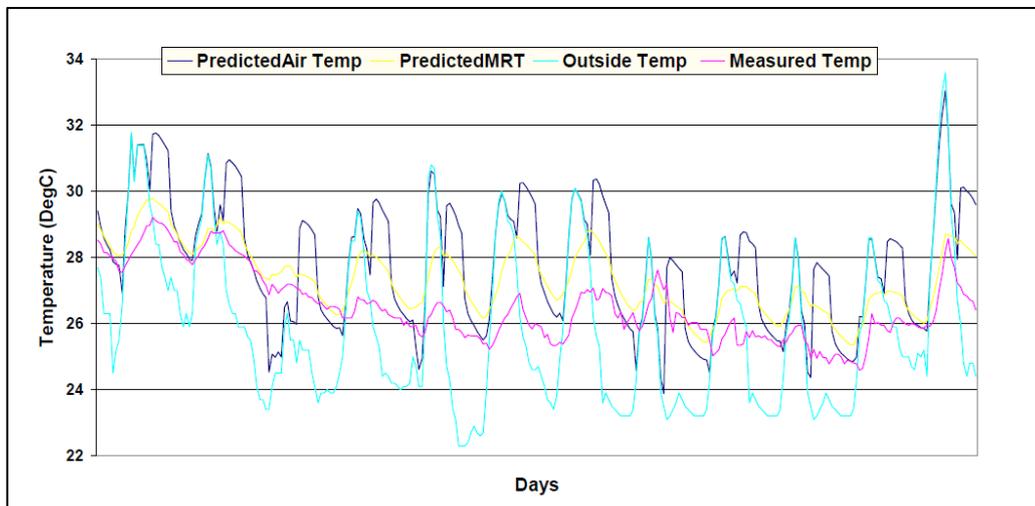
La calificación de esta sección resulta hasta cierto punto trivial puesto que los bancos de prueba trabajan de manera total con condiciones reales, debido a que en el aspecto climatológico no se simula nada, el ensayo se desarrolla en el entorno donde está construida, por ello obtiene la calificación de excelente. Al contrario de la simulación que trabaja de manera artificial con el desarrollo del clima.

Otro aspecto que hace que la simulación se vena débil ante un ensayo real es que en la ejecución del modelo de la edificación en una simulación no sufre de ninguna imperfección idealizando por completo a la edificación, esto no ocurre al momento de construir donde la idealización queda suprimida, por imperfecciones intrínsecas de la materia. La simulación recibe una calificación de Mala (Uno) en este aspecto.

## 2.2.7 Similitud a la Realidad

Como ya se ha descrito la simulación trabaja con datos que se obtienen de manera experimental, por lo que le quita su autoría entera. Parcializando sus resultados. Es necesario considerar que de una u otra manera lo anterior mencionado también influye en que los resultados de una simulación se alejen de la realidad debido a la serie de métodos numéricos que usa una simulación.

Un claro ejemplo de eso es lo que analiza Solange V. G. Goulart en su trabajo “Optimisation of thermal storage as a cooling technique for residential buildings in Southern Brazil”, donde se aprecia en la Figura 2.4. que los datos predichos por el software de simulación se dispersan en cierta medida de los datos medidos, por ello parece que medir directamente los datos resulta una mejor alternativa. Los bancos de prueban vuelven a obtener la máxima calificación de 10, por el contrario, la simulación ostenta una calificación de cuatro.



**Figura 2.4. Datos medidos y simulados sobre temperatura.**

Fuente: Goulart, 2004.

## 2.2.8 Costos

Se deben implementar en cada una de las alternativas debemos considerar que para los bancos de prueba se deben desarrollar dos costos el de la edificación y el costo de la simulación. Cabe aclarar que el costo en el banco de prueba fijo el costo será mayor debido a que será como ejecutar la construcción de una vivienda, mientras que en el banco de prueba desmontable solo se tendrá la construcción de la estructura o pórtico de la edificación, lo que reduce en medida el costo por la obra.

Por ello la diferencia se marca entre ambos bancos, demostrando una mayor ventaja en el desmontable. Otra gran ventaja que permite el banco de prueba desmontable es que da la factibilidad de realizar más de un ensayo sobre la misma obra utilizando diferentes tipos de materiales para envoltorio, por el contrario en el banco de prueba fijo se tendrá que demoler la obra y volver a construirla, con estas premisas el banco de prueba fijo obtiene una calificación Mala y el banco de prueba desmontable recibe una calificación muy bueno, mientras que la simulación recibe una calificación de mala, debido a los gastos más fuertes que se da en adquirir el software de simulación y ensayar los materiales.

**Tabla 2.4. Matriz de decisión de alternativas de solución.**

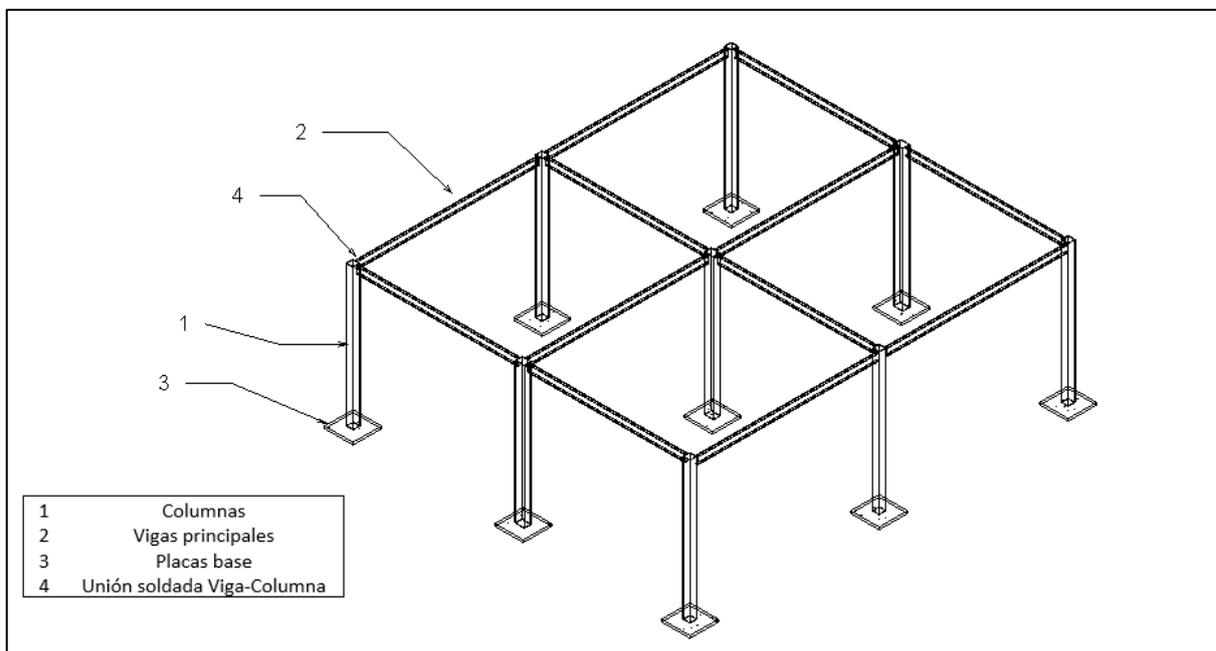
Criterios de evaluación	Ponderación	Calificación			Calificación con ponderación		
		Banco fijo	Simulación	Banco desmontable	Banco fijo	Simulación	Banco desmontable
Área de uso	0,05	6	10	6	0,32	0,53	0,32
Montaje	0,05	4	10	6	0,21	0,53	0,32
Control de condiciones	0,16	1	6	1	0,05	0,32	0,05
Calidad de datos	0,16	10	1	10	0,53	0,05	0,53
Condiciones reales	0,14	10	1	10	0,53	0,05	0,53
Similitud a realidad	0,19	10	4	10	0,53	0,21	0,53
Costo	0,25	1	4	8	0,05	0,21	0,42
<b>Total</b>	<b>1</b>				<b>2,21</b>	<b>1,89</b>	<b>2,68</b>

Elaboración propia.

### 2.3 Diseño de Forma

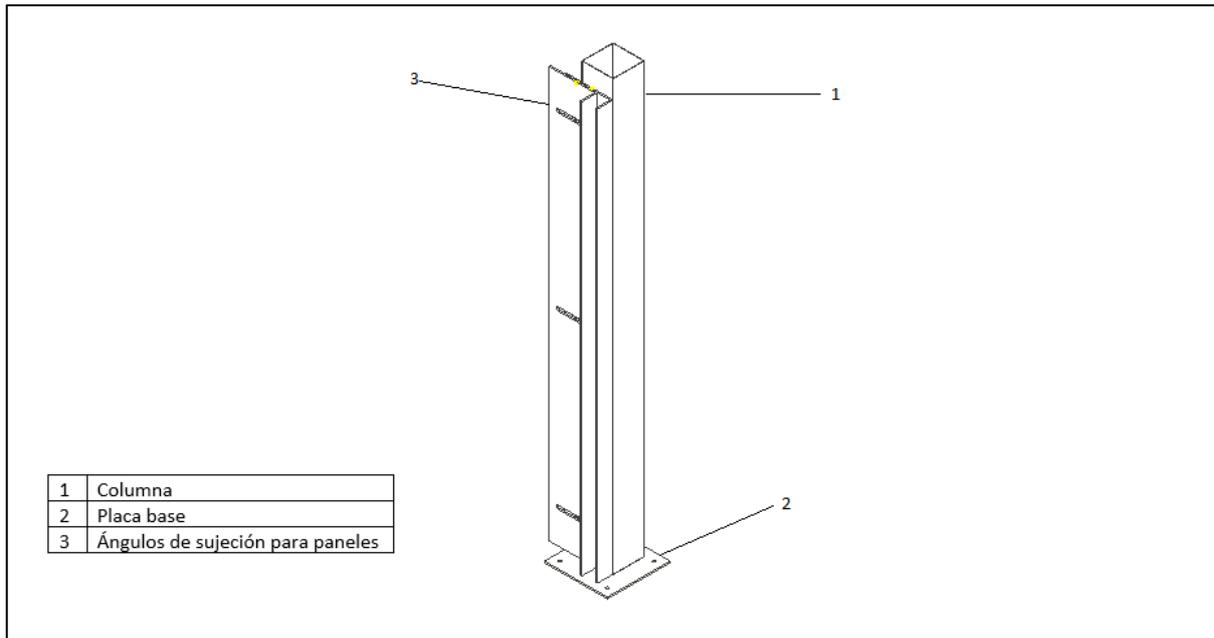
El banco de prueba estará conformado de una estructura, la cual estará basada en una vivienda unifamiliar de un área de  $36 \text{ m}^2$ . La estructura del banco de prueba deberá contar con 9 columnas, que estarán soldadas a una placa base, la cual debe ir anclada al lugar donde va a ser construida. La estructura para soportar la cubierta de losa, estará conformada por viga principales, las cuales se soldarán a las columnas. Posteriormente se aislará toda la estructura. Para mayor detalle observar la Figura 2.5.

En la Figura 2.6. se observa que el marco de sujeción para los paneles que se ensayaran en la estructura, estará compuesto de dos ángulos. Uno de estos ángulos deberá ir soldada a la columna y la otra se acoplará al otro ángulo mediante pernos, estos ángulos se ajustarán de acuerdo al tipo de envolvente que se quiera ensayar.



**Figura 2.5. Diseño de forma del banco de prueba.**

Elaboración propia.



**Figura 2.6. Diseño de forma de columna y marco de sujeción para paneles.**

Elaboración propia.

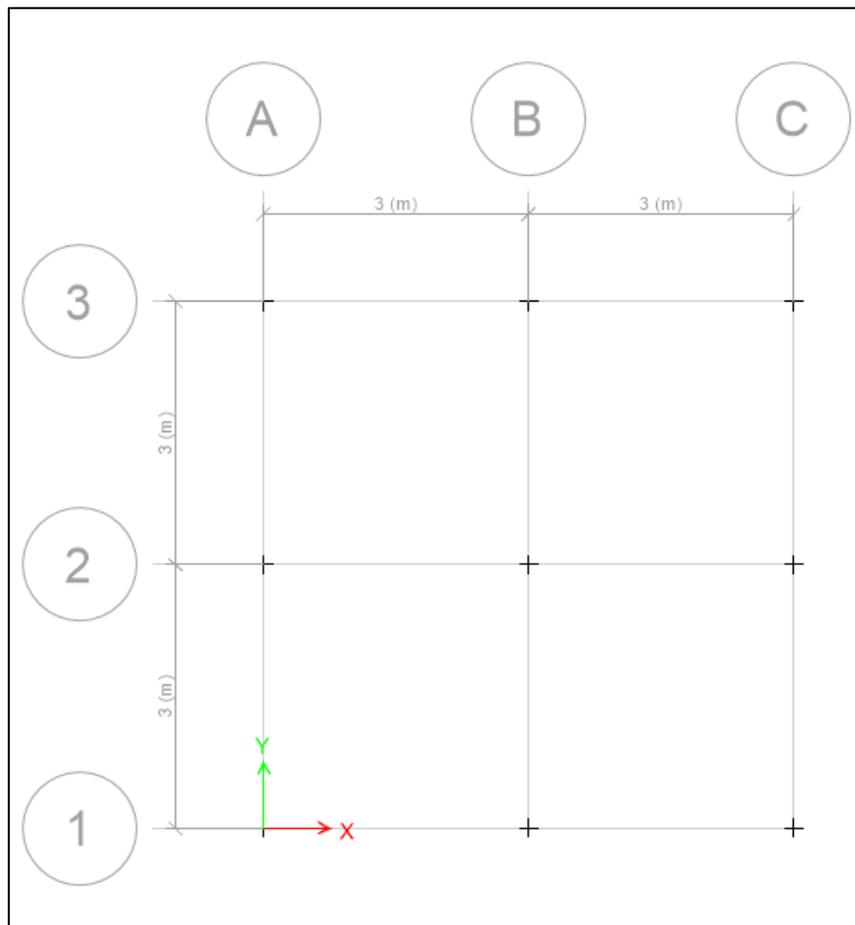
## 2.4 Parámetro de Diseño y Construcción

En esta sección se establece las dimensiones generales de diseño estructural partiendo de un grupo de características para el mismo:

- El banco de prueba será una estructura que será deshabitada, solo será empleada para mediciones.
- Se tendrá una estructura con un solo nivel, la altura de este nivel será de 3.50 metros.
- La estructura deberá contar con 9 columnas que por propósitos del diseño se deberán elegir de perfiles HSS.
- Se tendrá un sistema de cubierta plana, donde se podrá ensayar cubiertas de Zinc o losas de hormigón armado.
- La estructura deberá tener 12 vigas principales con claros de 3 metros, se elegirán de perfiles HSS:
- Se asumirá empotramiento en las columnas, pues el dimensionamiento de las cimentaciones de las columnas esta fuera del alcance del proyecto.
- Todas las uniones entre las vigas y columnas serán soldadas por propósitos del proyecto

- El sistema de sujeción de las paredes a las columnas y vigas principales será empernado con ángulos.
- Se usará el programa para diseño estructural ETABs 2015 por facilidad de cálculo de esfuerzos.

Se presenta en la Figura 2.7 un esquema de la estructura con más detalle:



**Figura 2.7. Mallado para la ubicación de columnas.**

Elaboración propia.

## 2.5 Diseño Detallado

### 2.5.1 Cargas actuantes

La estructura se verá sometida a las cargas a continuación descritas:

### 2.5.1.1 Carga muerta

Para definir las cargas muertas se empleará la Norma ASCE 7-05, utilizando los valores que se detallan en la Tabla 2.5.

**Tabla 2.5. Cargas muertas sobre el banco de prueba**

TIPO	CARGA [ $kN/m^2$ ]
CIELO RASO GYPSUM (YESO)	0,40
ACABADOS DE PISO DE 19 Y 25 mm	1,1
Peso de la Novalosa	0,20
PAREDES INTERIORES Y EXTERIORES (KN/m)	4,02
PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA	Se calcula en ETABs

Fuente: ASCE, 2005.

Se detalla las consideraciones que se tuvieron en cuenta para seleccionar los valores de la Tabla 2.5.:

- La carga que aporta la losa se obtiene de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la construcción con un valor de  $0,22 \text{ Kg}/m^2$ .
- La estructura tendrá la libertad de ensayar diferentes tipos de materiales de paredes, pero tomaremos de acuerdo a la Tabla C3-1 de la ASCE un valor referencial para la densidad de  $16.49 \text{ KN}/m^3$  con un espesor de pared de 305 mm, ya que se es el ancho de bloque más amplio que se esperaba utilizar en el banco de prueba con una carga de pared de 4,02 KN/m.

### 2.5.1.2 Carga viva

Se detallan las diferentes cargas vivas a soportar por el banco de prueba con sus respectivas referencias:

**Tabla 2.6. Detalle carga mínima viva en el banco de prueba**

USO U OCUPACIÓN	CARGA UNIFORME (KN/m <sup>2</sup> )
Laboratorio, científico	4,79 ASCE 7-05 TABLA C 4-1
CARGA DE LLUVIA espesor=14 mm	0,29 SECCIÓN 8-3 ASCE
Carga por persona	0,686
CARGA DE GRANIZO O CENIZA	1, NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN PARTE 3

Fuente: ASCE, 2005

Se usará la reducción de carga viva que implementa el software ETABs 2015, debido a que es un edificio de un solo nivel.

### 2.5.1.3 Carga de viento

Se tendrá en cuenta la carga de viento siguiendo la metodología 1 de la Sección 6.4 de la ASCE 7-05 y lo implementado en el trabajo “Diseño de una casa sismo resistente de dos niveles en estructura metálica” de Carlos Tupiza.

Proceso 1: Método simplificado:

- Se asumirá que la velocidad del viento  $V$  viene de cualquier dirección.
- Se usa un factor de importancia de 1 el cual se sigue de acuerdo a la Sección 6.5.5 de la ASCE y la Tabla 6-1, finalmente con la categorización de la edificación establecida a partir de la Tabla 1-1.
- La categoría de exposición se determinará de acuerdo a la Sección 6.5.6. El banco de prueba está en una categoría B por ser de área Urbana.
- Se establece la altura  $h$  y el coeficiente de ajuste de exposición de acuerdo a la Figura 6-2 de la ASCE.

Para obtener las presiones de barlovento y sotavento se utiliza la siguiente ecuación:

$$p_s = \lambda \cdot K_{zt} \cdot I \cdot p_{s30} \text{ (Ec. 1)}$$

Donde:

$p_s$  = Presión de viento,  $KN/m^2$

$\lambda$  = Factor de ajuste de exposición; para  $h = 30 ft$ ; categoría B;  $\lambda = 1$

$K_{zt}$  = factor topográfico, 1; definido de la Sección 6.5.7.2 de la ASCE 7-05

$I$  = factor de importancia, 1; para categoría II de edificaciones (Tabla 11.5-1 de la ASCE 7-05).

$p_{s30}$  = Presión de viento de diseño simplificado para categoría B;  $I = 1$ ; para una velocidad de viento de  $130 mph$ ;  $p_{s30} = 1.5 p_{fs} = 0.89094 KN/m^2$ .

$p_s = 0.89094 KN/m^2$ .

Este valor se aplica directamente como carga uniforme en cada dirección horizontal tanto para barlovento y sotavento, también existe la opción de que se puede aplicar de manera directa en el software ETABs 2015.

#### 2.5.1.4 Carga de sismo

Las cargas que representa el sismo se toman de base de la Sección 12.4 de la ASCE 7-05, de donde se obtienen los valores de fuerza de sismo para un diseño sismo estático. El cortante basal sísmico,  $V$ , se determina de acuerdo a la ecuación 12.14- 11 de la ASCE 7-05:

$$V = \frac{F \cdot S_{SD}}{R} * W \text{ (Ec. 2)}$$

Donde:

$$S_{SD} = \frac{2}{3} F_a S_s \text{ (Ec. 3)}$$

Donde:

$F_a$  = coeficiente de aceleración para periodos cortos basado en el sitio; clase de sitio tipo D (Tabla 12.6-1 y 20.3-1 de la ASCE 7-05);  $F_a = 1$ ; Tabla 11.4-1 de la ASCE.

$S_s$  = Parámetro de aceleración;  $S_s = 1.5$  para suelos blandos y estratos profundos para Ecuador.

$F = 1$ ; para construcciones de 1 pisos. Sección 12.14.8.1 de la ASCE.

$R$  = coeficiente de reducción de respuesta estructural, 7

$W$  = peso total del edificio

#### 2.5.1.4.1 Distribución vertical

La fuerza en cada nivel debe ser calculada usando la siguiente ecuación:

$$F_x = \frac{W_x}{W} * V \text{ (Ec. 4)}$$

Donde:

$W_x$  = porción de la masa de una edificación a un nivel X

$F_x$  = fuerza de sismo aplicada al nivel X

El peso total del banco de prueba se lo analiza con los pesos de todos los perfiles que se piensan emplear:

**Tabla 2.7. Peso total del banco de prueba**

COMPONENTE	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PESO Kg
<b>ESTRUCTURA TOTAL</b>	Se necesitan 9 columnas y 12 vigas principales, se estimará un peso y se multiplicará por un factor de seguridad 1,3.		10634,69
<b>LOSA</b>	36 m <sup>2</sup>	LOSA CONCRETO	3426,53
<b>TOTAL</b>			<b>14061.22</b>

Fuente: Elaboración propia

Con el peso del banco de prueba, se puede calcular el cortante basal al primer piso (Ver Tabla 2.8.).

**Tabla 2.8. Fuerza sísmica vertical**

PISOS	Wx (KN)	CORTANTE BASAL V (KN)	Fx (KN)
Primer	137,79	29,52	29,52

Fuente: Elaboración propia.

## 2.5.2 Columnas

### 2.5.2.1 Diseño por esfuerzos de compresión.

La resistencia de diseño ( $P_d$ ) se determina:

$$P_d = \phi_c P_n \geq P_u = P_{req} \text{ (Ec. 5)}$$

$$P_n = A_g F_{cr} \text{ (Ec. 6)}$$

Donde:

$P_d$ = Resistencia de diseño a la compresión axial de la columna. [kips]

$P_n$ = Resistencia nominal a la compresión axial de la columna. [kips]

$P_u$ = Carga axial a compresión de la columna. [kips]

$P_{req}$ = Resistencia requerida a la compresión axial de la columna. [kips]

$\phi_c$ = Factor de resistencia a la compresión; 0.9 (LRFD)

$A_g$ = Área transversal del elemento columna. [ $in^2$ ]

$F_{cr}$ = Esfuerzo crítico del elemento columna. [ksi]

Dentro de la especificación AISC E2 limita que la relación  $KL/r$  debe ser menor de 200. La fuerza de pandeo por flexión,  $F_{cr}$ , se determina en base a los dos criterios que se presentan:

$$a) \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ o } (F_e \geq 0.44F_y)$$

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \text{ (Ec. 7)}$$

$$\text{b) } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ o } (F_e < 0.44F_y)$$

$$F_{cr} = 0.877F_y \text{ (Ec. 8)}$$

### 2.5.2.2 Diseño por esfuerzos combinados de carga axial y flexión

Se debe comprobar el diseño de miembros cargados axialmente a compresión, en especial cuando se encuentran bajo efecto de una combinación de esfuerzos, como son de flexión y torsión, se usa las ecuaciones descritas en el capítulo H de la ASCE 2005, bajo dos criterios:

$$\text{a) } \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \text{ (Ec. 9)}$$

$$\text{b) } \frac{P_r}{P_c} < 0.2$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \text{ (Ec. 10)}$$

Donde para lo establecido en la Sección B3.3 (LRFD) de la ASCE 2005 se tiene:

$P_r$  = Resistencia requerida a la compresión axial. [kips]

$P_c = \phi_c P_n$  = Resistencia de diseño compresión axial. [kips]

$M_r$  = Resistencia requerida a la flexión. [kips.in]

$M_c = \phi_b M_n$  = Resistencia de diseño a la flexión. [kips.in]

$\phi_c$  = Factor de resistencia a la compresión axial = 0.9

$\phi_b$  = Factor de resistencia a la flexión = 0.9

### 2.5.3 Vigas

Se examina la viga de la figura 2.8 que tiene una sección en forme 'I' y para analizar los esfuerzos de flexión se observa el diagrama de esfuerzos. Con la fórmula de flexión es posible encontrar el valor en cualquier punto el esfuerzo ( $f_b$ ) sometido a un momento flexionante.

$$f_b = \frac{Mc}{I_x} = \frac{M}{\frac{I_x}{c}} = \frac{M}{S_x} \text{ (Ec. 11)}$$

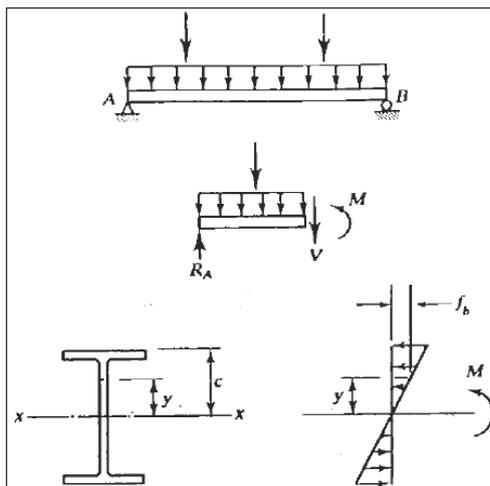
Donde:

$M$  = Momento flexionante en la sección transversal. [kips. in]

$c$  = Distancia perpendicular del eje neutro a la fibra externa. [in]

$S_x$  = Módulo de la sección elástica de la sección transversal. [in<sup>3</sup>]

Para que ocurra el máximo esfuerzo el valor de 'y' debe ser el más alto posible. Con este criterio se asegura que en esta viga existen dos esfuerzos máximos, uno de compresión actuando en la fibra superior y uno de tensión actuando en la fibra inferior.



**Figura 2.8. Esfuerzos de flexión en una viga**

Fuente: Tupiza Morales, 2011

De acuerdo con el capítulo F de la especificación AISC 2005 la resistencia de diseño constituye que:

$$M_d = \phi_b M_n \text{ (Ec. 12)}$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \text{ (Ec. 13)}$$

Donde:

$M_d$  = Momento flexionante de diseño. [*kips.in*]

$M_n$  = Momento flexionante nominal. [*kips.in*]

$M_p$  = Momento flexionante plástico. [*kips.in*]

$Z_x$  = Modulo plástico de la sección. [*in<sup>3</sup>*]

$F_y$  = Esfuerzo de fluencia del elemento viga. [*ksi*]

$\phi_b$  = Factor de resistencia a la flexión = 0.9

### 2.5.3.1 Deflexiones

Se tomará como referencia una de las secciones del Código de Práctica Ecuatoriano, donde se limitan a algunos valores máximos de  $\frac{L}{240}$ ; donde L está en pulgadas. Existen diversos procedimientos teóricos para calcular las deflexiones, entre los que se puede mencionar: el área de momentos, la viga conjugada y el trabajo virtual.

Para una deflexión en el centro del claro de una viga simple con carga distribuida uniformemente. Con los métodos antes mencionados es posible obtener distintas expresiones para la deflexión entre las que destaca tomada del libro C, 2002, "Diseño de estructuras de acero Método LRFD" de McCormac Jack

$$\Delta L = \frac{5wL^4}{384EI_x} \text{ (Ec. 14)}$$

Donde:

$L$  = Longitud del claro. [in]

$w$  = Carga total de servicio. [lb/in]

$E$  = Modulo de la sección. [psi]

### 2.5.3.2 Resistencia al corte

En la normativa AISC 2005 detallado en el capítulo G plantea que la resistencia al corte de un elemento,  $\phi_v V_n$ , para piezas con almas atiesadas y no atiesadas se utiliza la siguiente expresión.

$$V_d = \phi_v V_n \geq V_u = V_{req} \text{ (Ec. 15)}$$

$$V_d = 0,6 F_y A_w C_v \text{ (Ec. 16)}$$

$$\text{Si: } \frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (Ec. 17)}$$

Donde:

$V_d$  = Resistencia de diseño al corte. [kips]

$V_n$  = Resistencia nominal al corte. [kips]

$V_u$  = Carga cortante. [kips]

$V_{req}$  = Resistencia requerida al corte. [kips]

$\phi_v$  = Factor de resistencia al corte = 1

$A_w$  = Área del alma. (d.tw). [in<sup>2</sup>]

$C_v$  = Coeficiente de corte del alma = 1

### 2.5.4 Placa base

En la normativa AISC 2005 detallado en el capítulo G plantea que la resistencia de diseño de una placa base de apoyo,  $\phi_t P_n$ , se determina con la siguiente expresión:

$$P_d = \phi_c P_p \geq P_u = P_{req} \text{ (Ec. 18)}$$

Cuando la placa está apoyada sobre toda el área del hormigón:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \text{ (Ec. 19)}$$

Cuando la placa no está soportada en toda el área del hormigón:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f'_c A_1 \text{ (Ec. 20)}$$

Donde:

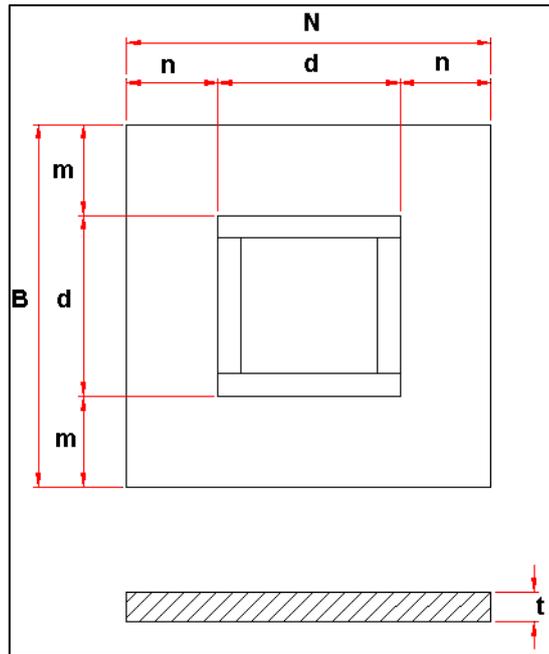
$f'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto. [kips/in<sup>2</sup>]

$A_1$  = Área de la placa. [in<sup>2</sup>]

$A_2$  = Área máxima de la porción de concreto soportante. [in<sup>2</sup>]

#### **2.5.4.1 Espesor de la placa**

Para calcular el espesor de la placa de apoyo se tomó como referencia el libro “Diseño de estructuras de acero Método LRFD” del autor McCormac Jack, este considera a la placa en voladizo con dimensiones m y n tomando en cuenta el momento en cada dirección. Se puede visualizar mejor en la figura 2.9 presentada a continuación.



**Figura 2.9. Variables consideradas para el diseño del espesor de la placa.**

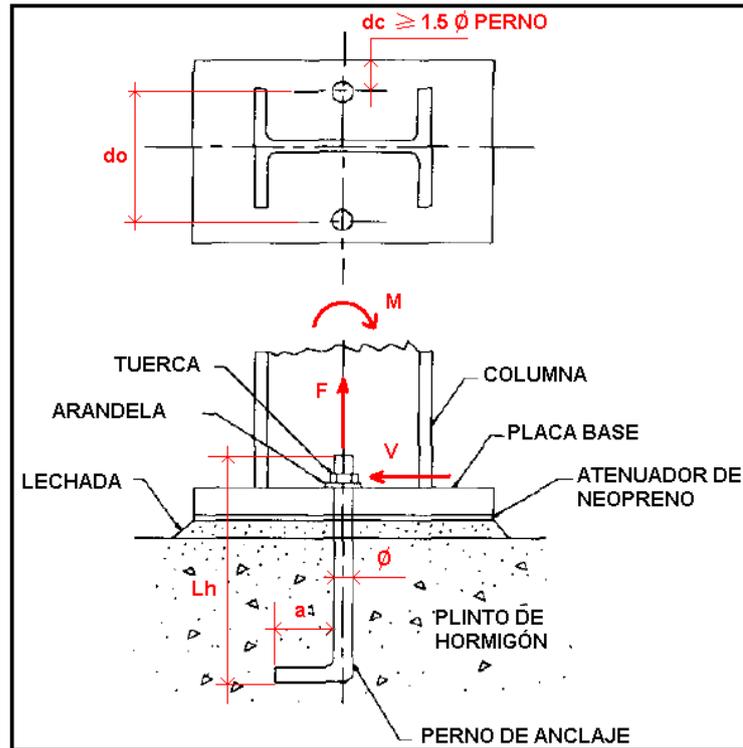
Fuente: Tupiza Morales, 2011

El espesor 't' para una placa de apoyo se calcula con la siguiente expresión:

$$t = m \sqrt{\frac{2P_u}{0.98F_yBN}} = n \sqrt{\frac{2P_u}{0.98F_yBN}} \text{ (Ec. 21)}$$

### 2.5.5 Pernos de anclaje

El objetivo de estos pernos es anclar el perfil de acero que está unida a la placa base y a su vez juntar al plinto de hormigón como se muestra en la figura 2.10



**Figura 2.10. Función del perno de anclaje.**

Fuente: Tupiza Morales, 2011

Se calcula usando la siguiente expresión:

$$M = n * F * d_o \text{ (Ec. 22)}$$

Donde:

$M$  = Momento de volteo de la base de la columna. [*kips – in*]

$F$  = Fuerza de tensión requerida para el perno de anclaje. [*kips*]

$d_o$  = Distancia entre centros de pernos de anclaje. [*in*]

$n$  = Número de pernos de anclaje a cada lado.

$a \leq 5$  veces el diámetro del perno de anclaje.

### 2.5.5.1 Procedimiento LRFD

Se toma la metodología de “AISC design Guide 01, Column Base Plates” donde se calcula la resistencia requerida del perno de anclaje:

$$F = T_u = 0,75 \varphi_t * F_u * A_g \text{ (Ec. 23)}$$

Donde:

$\varphi_t = 0,9$  factor de resistencia a la tensión,

$F_u$  = esfuerzo a la ruptura para varillas de acero, donde  $F_u = 56 \text{ Kg/mm}^2$  (79 ksi),

$A_g$  = es el área del perno de anclaje en  $\text{in}^2$ .

Definir la longitud del perno de anclaje dentro del plinto de hormigón:

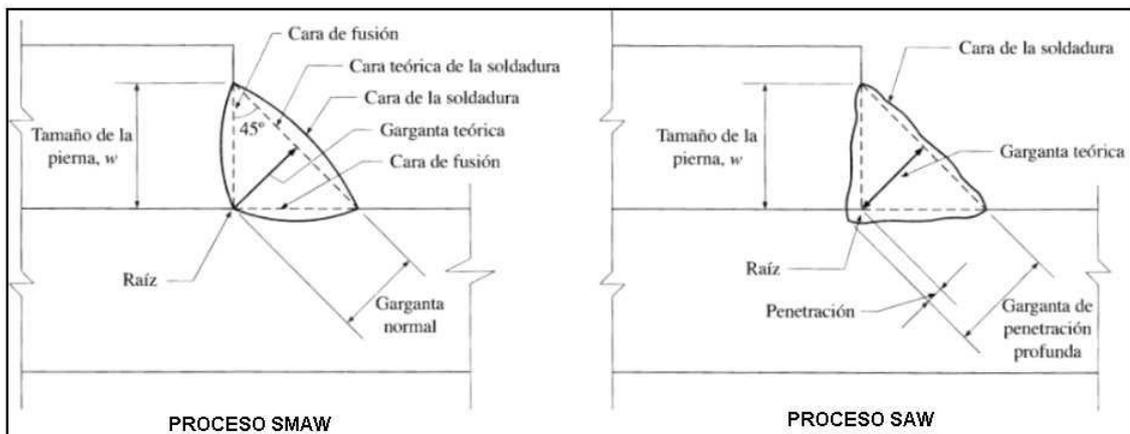
$$L_h = \frac{\left(\frac{T_u}{2}\right)}{0,7 f'_c * d} \text{ (Ec. 24)}$$

Donde:

$d$  = es el diámetro del perno de anclaje. [mm]

## 2.5.6 Uniones Soldadas

La sección transversal de una soldadura de filete típica tiene la forma de un triángulo recto con piernas iguales, usualmente se la define como “Tamaño de una soldadura de filete” y al tamaño de la pierna,  $w$  como se ve en la figura 2.11.



**Figura 2.11. Terminología de la soldadura de tipo filete.**

Fuente: Tupiza Morales, 2011

Las soldaduras de filete más comunes aumentan de tamaño en 1/16 de pulgada, de 1/8 hasta 1/2 pulgada, y en 1/8 de pulgada para tamaños mayores a 1/2 pulgada. El tamaño de la soldadura más pequeña es aproximadamente 1/8 de pulg y el tamaño más económico varia alrededor de los 5/16 de pulg.

### 2.5.6.1 Tamaño mínimo de una soldadura de filete

Existe un tamaño mínimo de soldadura  $w_{min}$  que evita la formación de grietas al solidificarse el metal de relleno. La tabla J2.4 de la AISC 2005 muestra estos tamaños de soldadura con respecto al material de la parte unida con mayor espesor. Una réplica de esta tabla se presenta en esta parte.

**Tabla 2.9. Valores mínimos para las soldaduras de filete.**

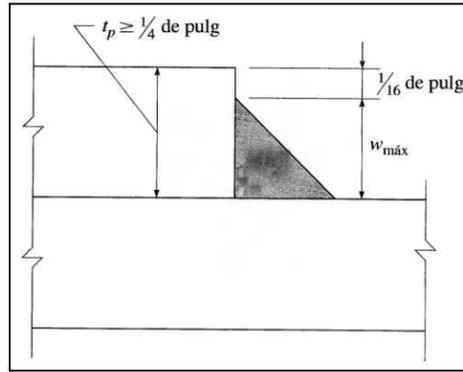
Espesor del material de la parte unida con mayor espesor (pulg)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete <sup>a</sup> (pulg)
Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive	$\frac{1}{8}$
Mayor de $\frac{1}{4}$ , hasta $\frac{1}{2}$ inclusive	$\frac{3}{16}$
Mayor de $\frac{1}{2}$ , hasta $\frac{3}{4}$ inclusive	$\frac{1}{4}$
Mayor de $\frac{3}{4}$	$\frac{5}{16}$

<sup>a</sup> Dimensiones de lado de los filetes. La soldadura debe ser de una sola pasada.

Fuente: Tupiza Morales, 2011

### 2.5.6.2 Tamaño máximo de la soldadura de filete

Es esencial que se pueda identificar el borde de la placa para poder colocar el calibrador de soldadura. Por esta razón, se requiere culminar el proceso de soldadura con menos de 1/16 de pulgada desde la esquina. El tamaño máximo de una soldadura de filete  $w_{max}$  se delimita por el espesor del borde de la pieza en el que se deposita la soldadura. (Sección J2.2b de la AISC 2005). Si el espesor del material de soldadura es menor a 1/4 de pulgada, el tamaño máximo de la pierna de la soldadura de tipo filete tiene que ser idéntico al espesor de la placa. O si el espesor del material de soldadura a lo largo del borde es de 1/4 de pulgada o mayor, el tamaño límite de la soldadura debe ser igual al espesor de la placa,  $t_p$ , menos 1/16 de pulgada.



**Figura 2.12. Dimensiones máximas de la soldadura de filete.**

Fuente: Tupiza Morales, 2011

A menos que se indique en el plano de la soldadura se calcula para obtener el espesor total de la garganta. De la siguiente manera:

$$w_{máx} = t_p \quad \text{para } t_p < \frac{1}{4} \text{ de pulgada (Ec. 25)}$$

$$w_{máx} \leq t_p - \frac{1}{16} \quad \text{para } t_p \geq \frac{1}{4} \text{ de pulgada (Ec. 26)}$$

### 2.5.6.3 Tamaño de la garganta de las soldaduras de filete

En el caso particular de la soldadura de filete, se extiende una línea perpendicular a la cara teórica pasando a través de la raíz se sitúa a la garganta de soldadura. La longitud de la línea perpendicular representa la garganta normal o teórica. Para el caso de una soldadura con piernas iguales de tamaño,  $w$ , ejecutada por medio del proceso de arco metálico protegido, el espesor efectivo de garganta, de acuerdo a la sección J2.2b de la AISC 2005, iguala a la garganta normal. Destinado a la soldadura de filete mediante el proceso SMAW.

$$t_e = w \sin(45^\circ) \text{ (Ec. 27)}$$

Donde:

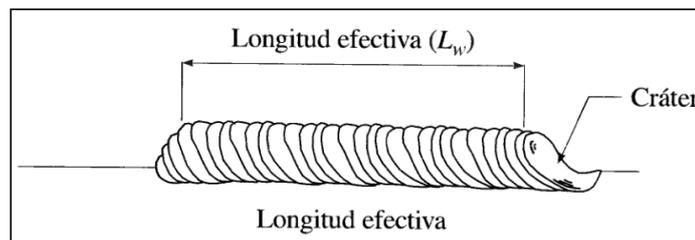
$w$ = tamaño de la pierna de una soldadura de filete. [in]

$t_e$  = garganta normal de una soldadura de filete realizada mediante el proceso SMAW. [in]

La resistencia de una soldadura de filete está en proporción directa al tamaño de su garganta, y por tanto del tamaño de su pierna. Sin embargo, el volumen del metal depositado, es decir, el costo de la soldadura, se incrementa conforme al cuadrado del tamaño de la soldadura.

#### 2.5.6.4 Área y longitud efectiva de las soldaduras de filete

La longitud total de una soldadura de filete (Observar Figura 2.13) es la distancia desde el cráter, que se encuentra en el borde de inicio, hasta el cráter que se encuentra en el borde de terminación. La longitud efectiva de una soldadura de filete,  $L_w$ , es la distancia extrema a extremo de todo el filete, medido de forma paralela a su línea de raíz.



**Figura 2.13. Longitud efectiva de una soldadura de tipo filete.**

Fuente: Tupiza Morales, 2011

Generalmente, la longitud efectiva de una soldadura de filete se considera, se la define, de la siguiente manera:

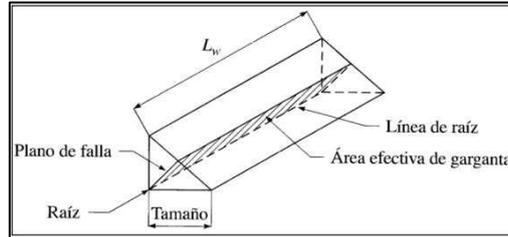
$$L_w = L_g - 2w \text{ (Ec. 28)}$$

Donde:

$L_g$  = Longitud total de una soldadura de filete. [mm]

$L_w$  = Longitud efectiva de una soldadura de filete. [mm]

Un plano que pase a través de las líneas de la garganta y de la raíz contiene el área efectiva de la garganta (Ver Figura 2.14).



**Figura 2.14. Área efectiva de una soldadura de tipo filete.**

Fuente: Tupiza Morales, 2011

El área efectiva de una soldadura de filete,  $A_w$ , es el producto de la longitud efectiva de la soldadura por el espesor efectivo de la garganta de la soldadura de filete. Expresado de la siguiente forma:

$$A_w = L_w t_e \text{ (Ec. 29)}$$

Donde:

$A_w$  = Área efectiva de la soldadura de filete. [ $in^2$ ]

### 2.5.6.5 Requisitos LRFD

La resistencia de diseño  $R_d$  de las soldaduras se determina con la sección J de AISC 2005. Se verifican el estado limite tanto del metal de aportación y el metal base, la resistencia de diseño de la soldadura está dada por:

$$R_d = \Phi R_n \geq R_u = R_{req} \text{ (Ec. 30)}$$

$$R_d = \text{mín}[R_{dw}, R_{dBM}]$$

Donde:

La resistencia de diseño del material base es:

$$R_n = R_{dBM} = F_{BM}A_{BM} \text{ (Ec. 31)}$$

La resistencia de diseño del metal de soldadura es:

$$R_n = R_{dw} = F_w A_w \text{ (Ec. 32)}$$

$F_{BM}$  = Resistencia nominal del metal base por unidad de área, [ksi]

$F_w$  = Resistencia nominal del material del electrodo por unidad de área. [ksi]

$A_{BM}$  = Área de la sección transversal del material base. [in<sup>2</sup>]

$A_w$  = Área efectiva de la sección transversal de la soldadura. [in<sup>2</sup>]

$R_n$  = Resistencia nominal. [ksi]

$R_{dw}$  = Resistencia de diseño de la soldadura que corresponde al estado límite de falla del metal de aportación. [ksi]

$R_{dBM}$  = Resistencia de diseño de la soldadura que corresponde al estado límite de falla del material base. [ksi]

$\Phi$  = Factor de resistencia.

Las limitaciones de  $\Phi$ ,  $F_{BM}$  y  $F_w$  están dados en la Tabla J2.5 de la AISC 2005.

#### 2.5.6.6 Resistencia de soldadura de filete

La resistencia para el diseño del metal de aportación para una soldadura de filete está dada por:

$$R_{dw} = 0.75(0.6F_{EXX})t_e L_w \text{ (Ec. 33)}$$

Donde:

$F_{EXX}$  = Resistencia por clasificación del electrodo. [kips]

Cuando se tiene que el eje de la soldadura está en la misma dirección de la carga, también debe comprobarse si el material base tiene capacidad al cortante, mediante la siguiente ecuación:

$$R_{dBW1} = 0.75(0.6F_{uBW})t_pL_w \text{ (Ec. 34)}$$

Donde:

$t_p$  = Espesor del material base a lo largo del cual se coloca la soldadura. [in]

$F_{uBW}$  = Esfuerzo de tensión último del metal base. [ksi]

La resistencia de diseño a la fluencia en cortante del metal base adyacente está dada por la sección J4.2 de la AISC 2005 como:

$$R_{dBW2} = 1.0(0.6F_{yBW})t_pL_w \text{ (Ec. 35)}$$

Donde:

$F_{yBW}$  = Esfuerzo de fluencia del metal base. [ksi]

La resistencia de diseño a cortante para el metal base se define por:

$$R_{dBW} = \text{mín}[R_{dBW1}, R_{dBW2}]$$

Si se tiene tensión o compresión paralela al eje de la soldadura no se considera en esta parte.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados de acuerdo a los objetivos plantados, siguiendo la metodología detallada en el Capítulo 2.

### 3.1 Vigas y columnas

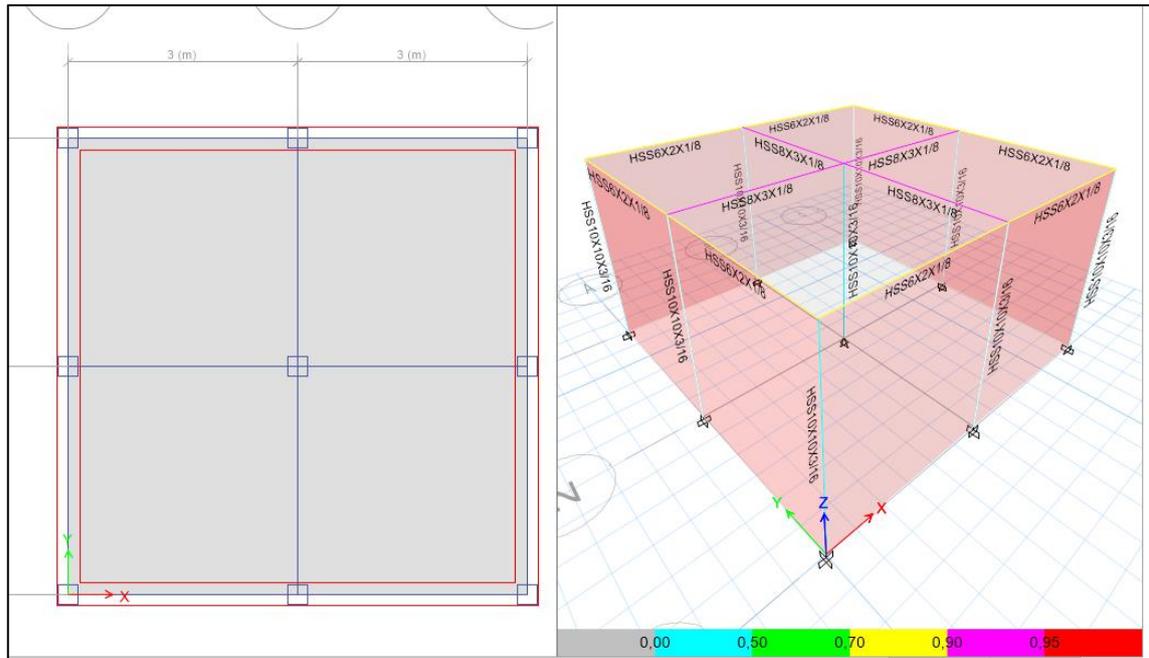
Se definió las combinaciones de carga más importante (Ver Tabla 3.1) para estimar los mayores esfuerzos a los que estarán sometidos los elementos estructurales del banco de prueba.

**Tabla 3.1. Combinaciones de carga implementados en Etabs 2015**

COMBINACIÓN	DESCRIPCIÓN	DETALLE
CC1	$1,4(D + F)$	MUERTA, FLUIDOS
CCVX	$1,2D + 1,6W + L + 0,5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$	MUERTA, VIENTO EN X
CCVY	$1,2D + 1,6W + L + 0,5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$	MUERTA, VIENTO EN Y
CCSX	$1,2D + E + L + 0,2S$	MUERTA, SISMO EN X
CCSY	$1,2D + E + L + 0,2S$	MUERTA, SISMO EN Y

Fuente: NEC, 2014

Posterior a seguir esta metodología, se obtuvieron los perfiles estructurales más ligeros e idóneos para soportar las cargas a las que va a estar sometida. El programa trabajo con la metodología que implementa la ASIC 2005.



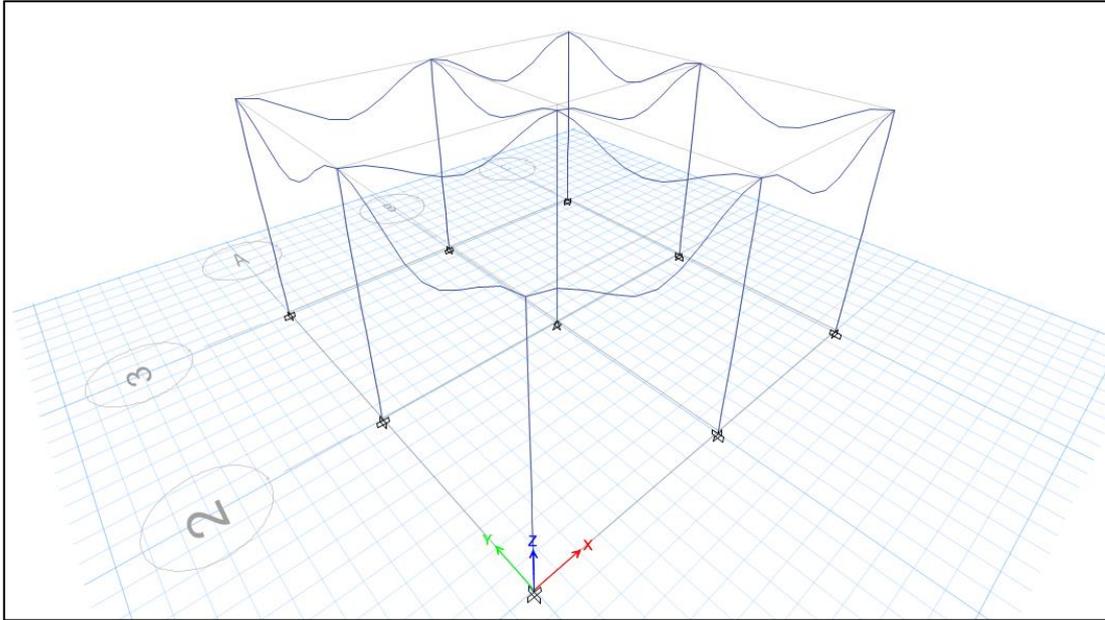
**Figura 3.1. Vigas seleccionadas por el software.**

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo perfiles HSS 10x10x3/16 para las columnas, el propósito de haber obtenido una sección de este tipo es para lograr cubrir la mayor cantidad de espesores posibles para los paneles de mampostería.

Para las vigas principales de la periferia se requirió perfiles HSS 6x2x1/8 y para las vigas principales centrales se obtuvo perfiles HSS 8x3x1/8.

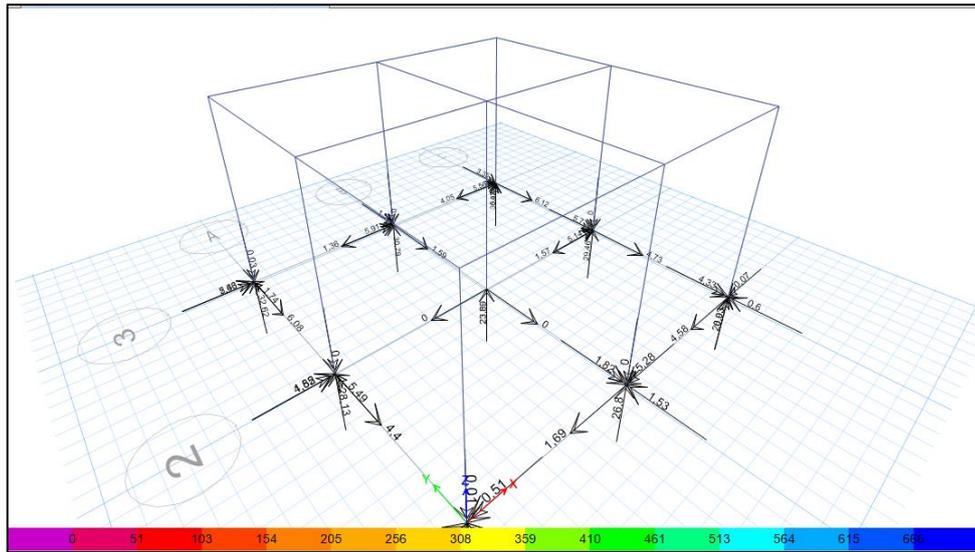
Para las columnas se obtuvo 9 perfiles, mientras que para las vigas principales se requirió 12 perfiles. Todas las secciones estuvieron sometidas entre el 50 al 90 % de su capacidad para soportar esfuerzos. Los perfiles fueron de acero ASTM A-36.



**Figura 3.2. Deformación máxima de la estructura.**

Fuente: Elaboración propia.

El software Etabs 2015 también arrojó las deformaciones máximas y mínimas a las que estaría sometida la estructura (Ver Figura 3.2). Se obtuvo como máxima deformación  $0,1886 \text{ mm}$ .



**Figura 3.3. Reacciones en las columnas de la estructura.**

Fuente: Elaboración propia.

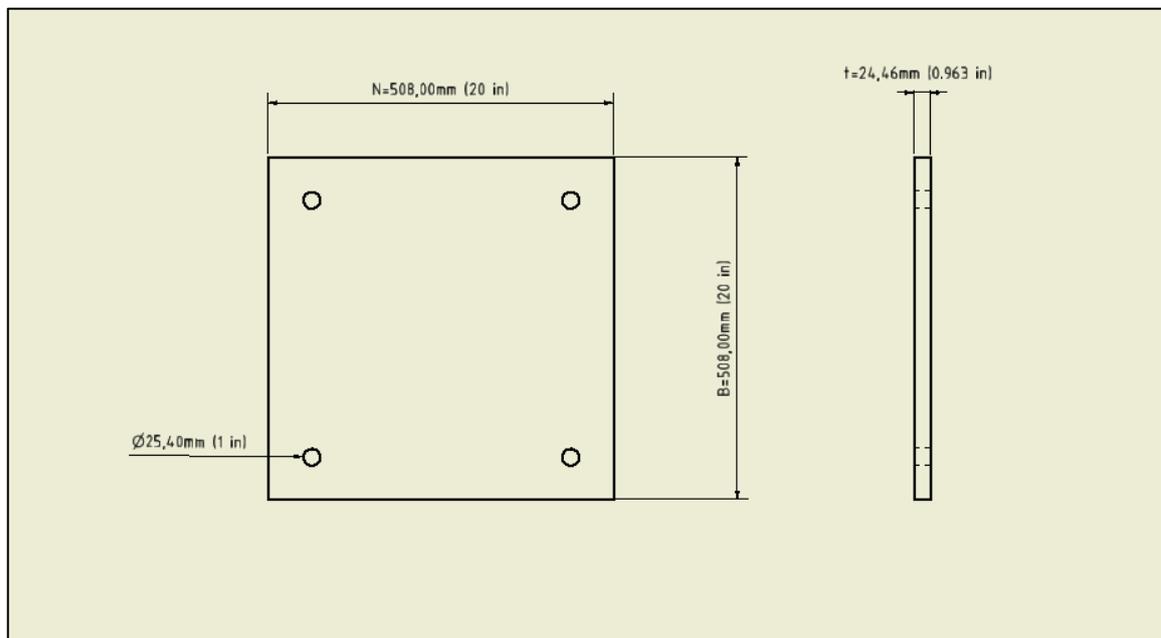
### 3.2 Placa base

Se asumió las dimensiones de largo y ancho, para una posterior comprobación de acuerdo a la metodología AISC 2005. Se usó la ecuación 33 para obtener el espesor óptimo para soportar la carga dada por la columna. Se estableció que el material a usar es acero ASTM A-36.

Se obtuvo los siguientes resultados (Ver Figura 3.4):

$$B = 20 \text{ in (508 mm)}$$
$$N = 20 \text{ in (508 mm)}$$
$$t = 0.963 \text{ in (24.46 mm)}$$

Además, se realizó 4 perforaciones de  $\varnothing = 1 \text{ in (25.4 mm)}$  para los pernos de anclaje de la estructura.



**Figura 3.4. Dimensiones de placa base.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Perno de anclaje

El perno de anclaje se realizó asumiendo una varilla del proveedor Adelca de  $\varnothing = 20 \text{ mm}$ , el acero de la varilla es ASTM A-706. Se obtuvo la longitud de la varilla dentro del plinto con la ecuación:

$$L_h = 7.71 \text{ in (197.94 mm)}$$

Además, se definió la longitud de la varilla dentro de la placa base, longitud de trabajo y longitud roscada:

$$L_{\text{placa base}} = 0.963 \text{ in (24.46 mm)}$$

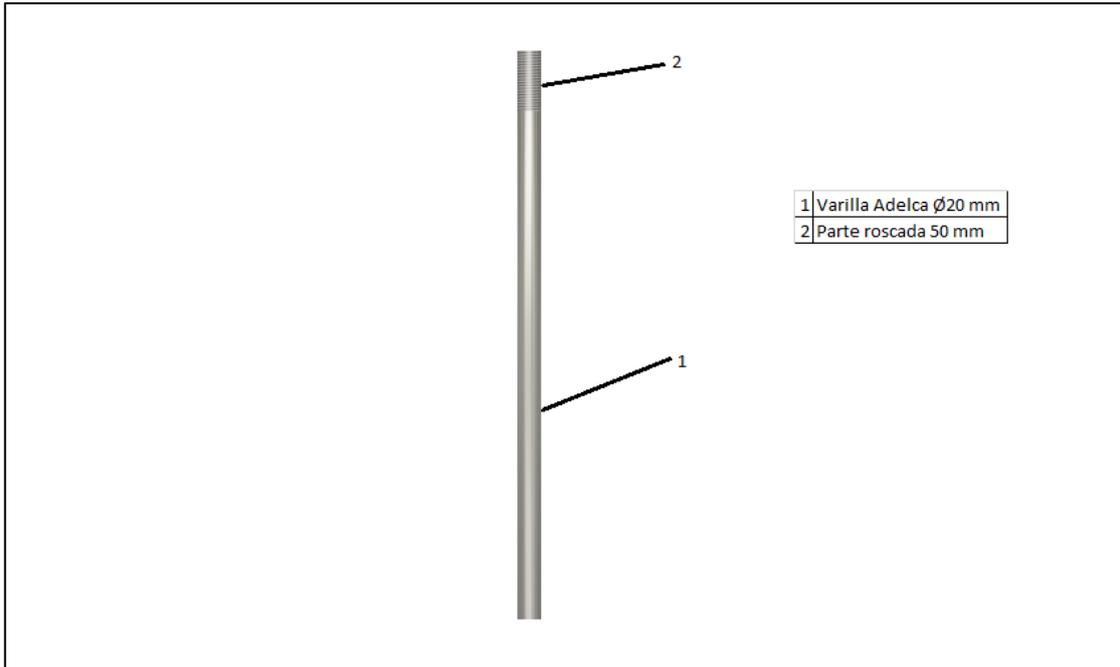
$$L_{\text{Trabajo}} = 3.93 \text{ in (100 mm)}$$

$$L_{\text{Roscada}} = 1.96 \text{ in (50 mm)}$$

Por lo tanto, se necesitó 4 pernos de anclaje de longitud total:

$$L_{\text{Total}} = 14.66 \text{ in (372.4 mm)}$$

Es decir que se necesitara una varilla Adelca de 6m.



**Figura 3.5. Detalle de perno de anclaje.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Soldadura

Se obtuvo los parámetros más representativos de la soldadura a implementar en los tres tipos de uniones soldadas, usando las ecuaciones desde la 25 hasta 35 y la Tabla 2.9.

#### 3.4.1 Soldadura de unión viga con la columna

**Tabla 3.2. Detalle de soldadura de viga-columna.**

<b>Especificación</b>	<b>Soldadura</b>
Reacción soportada ( $R_u$ )	5.938 kips
Resistencia mínima de soldadura ( $R_{dw}$ )	22.24 kips
Relación ( $R_u/R_{dw}$ )	0.266
Garganta	0.088 in
Tamaño de pierna ( $w$ )	0.125 in
Longitud efectiva de soldadura de filete	7.75 in
Remates de extremos	0.78 in

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2 Soldadura de columna con la placa base

Tabla 3.3. Detalle de soldadura de columna-placa base.

Especificación	Soldadura
Reacción soportada ( $R_u$ )	6.12 kips
Resistencia mínima de soldadura ( $R_{dw}$ )	27.98 kips
Relación ( $R_u/R_{dw}$ )	0.218
Garganta	0.088 in
Tamaño de pierna ( $w$ )	0.125 in
Longitud efectiva de soldadura de filete	9.75 in
Remates de extremos	0.78 in

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3 Soldadura de columna con el marco sujetador

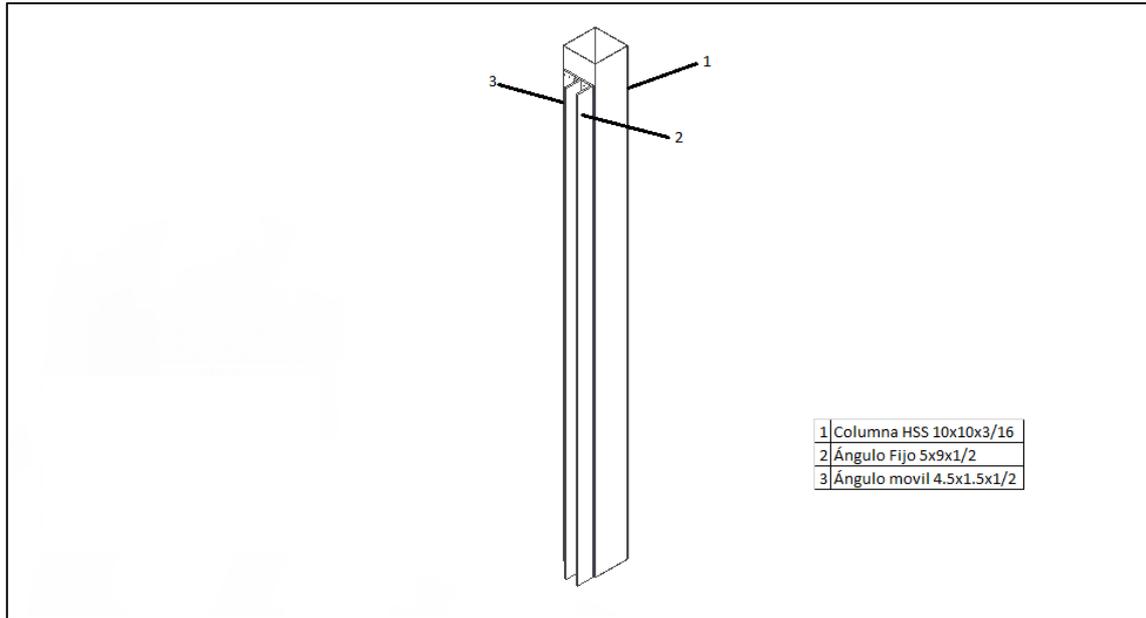
Tabla 3.4. Detalle de soldadura de columna-marco sujetador.

Especificación	Soldadura
Reacción soportada ( $R_u$ )	7 kips
Resistencia mínima de soldadura ( $R_{dw}$ )	366.05 kips
Relación ( $R_u/R_{dw}$ )	0.019
Garganta	0.088 in
Tamaño de pierna ( $w$ )	0.125 in
Longitud efectiva de soldadura de filete	127.54 in
Remates de extremos	0.78 in

Fuente: Elaboración propia.

## 3.5 Marco sujetador

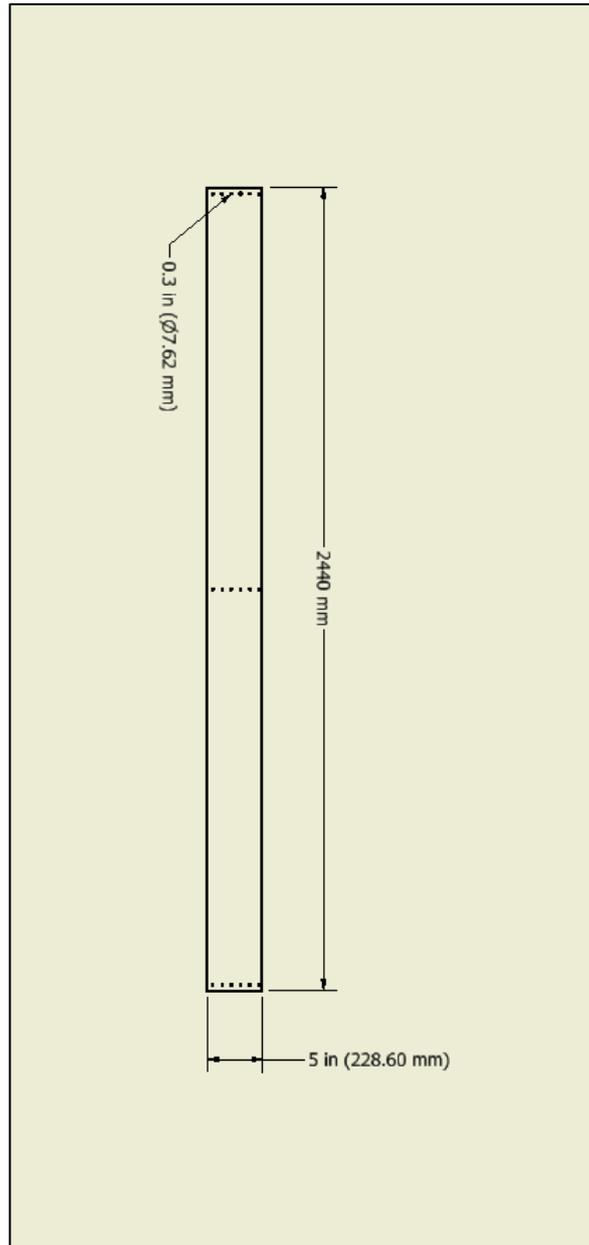
Para el sistema de sujeción de las columnas con los paneles de envolvente, se determinó que lo más óptimo es utilizar dos ángulos rectos. Los cuales servirán como un canal de espesor variable donde ingresara el panel de envolvente (Ver Figura 3.6).



**Figura 3.6. Detalle de marco sujetador para paneles de envolvente.**

Fuente: Elaboración propia.

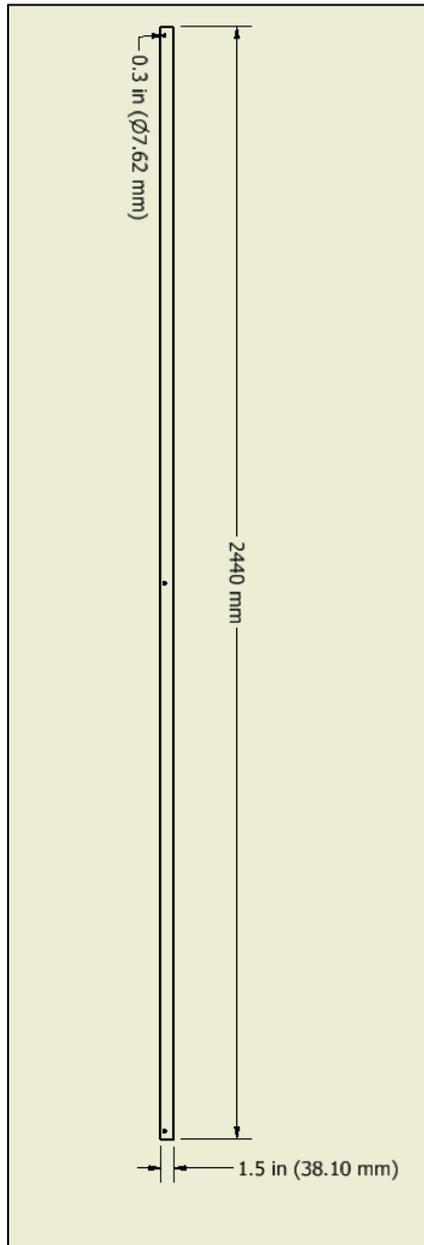
El primer ángulo recto tendrá una altura de 2440 *mm*. Donde una de las caras tendrá 9 *in* (228.6 *mm*), la cual irá soldada a las columnas. Además de contar con perforaciones cada 25.4 *mm* en tres filas divididas en los extremos y la mitad del ángulo. En su segunda cara tendrá una medida de 5 *in* (127 *mm*). (Ver Figura 3.7)



**Figura 3.7. Detalle del primer ángulo recto.**

Fuente: Elaboración propia.

El ángulo que será móvil tendrá la misma altura que el fijo. En su cara de contacto tendrá 1.5 in (38.1 mm), en esta cara se tendrá tres perforaciones, al igual que lo mencionado anterior estas se ubicarán en los extremos y la mitad. La segunda cara resulto ser 4.5 in (114.3 mm). (Ver Figura 3.8)



**Figura 3.8. Detalle del segundo ángulo recto.**

Fuente: Elaboración propia.

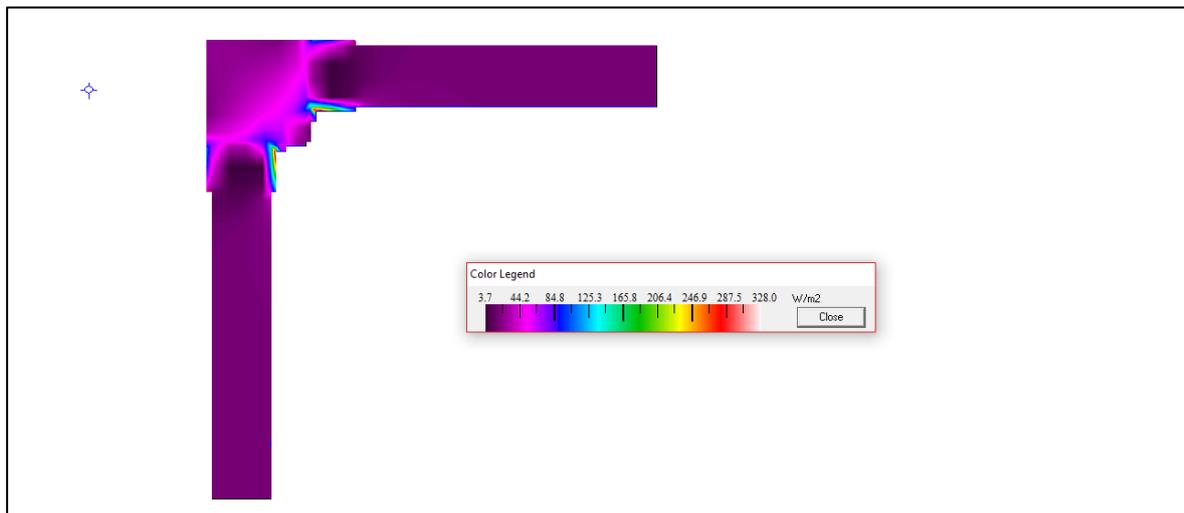
### 3.6 Aislamiento térmico en columnas

El metal posee una alta conductividad térmica de alrededor de  $58 \left[ \frac{W}{m.K} \right]$ , es decir que es un buen conductor de calor. El banco de prueba debe ofrecer una información fidedigna de la respuesta térmica de la envolvente, por ello debe disminuirse todos los factores que podrían influenciar en una potencial incertidumbre.

La estructura del banco de prueba está conformada en su totalidad por acero ASTM A-36, aumentado en gran medida la probabilidad de tener puentes térmicos, es decir una zona donde se transmita de manera más fácil el calor.

Se implementó el software libre THERM desarrollado por Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), el cual permite simular en dos dimensiones el desenvolvimiento térmico de algún componente determinado.

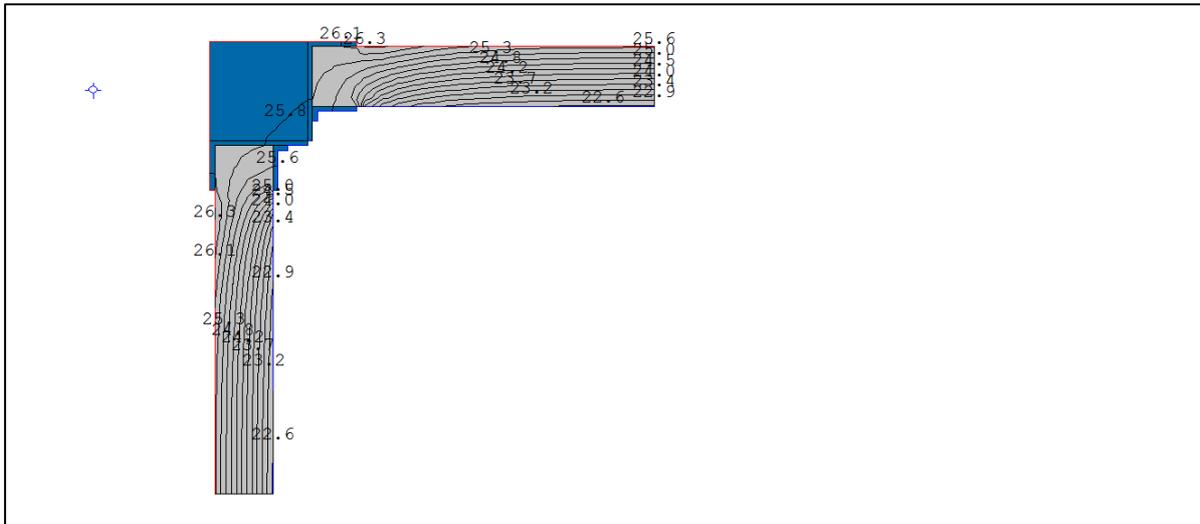
Se simuló el comportamiento de una esquina del banco de prueba, donde se estableció condiciones interiores y exteriores para obtener un flujo de calor. En las condiciones exteriores se instauró una temperatura de 38°C, mientras que para la interior 18°C. Se obtuvo que había una concentración de transmisión de calor en los marcos sujetadores (Ver Figura 3.9). En otras palabras, debido al uso de acero en esta zona se tendrán puentes térmicos, que impedirán que al momento de censar los componentes de la envolvente se tengan una estabilidad en los datos de temperatura.



**Figura 3.9. Simulación de columna sin aislamiento térmico.**

Fuente: Elaboración propia.

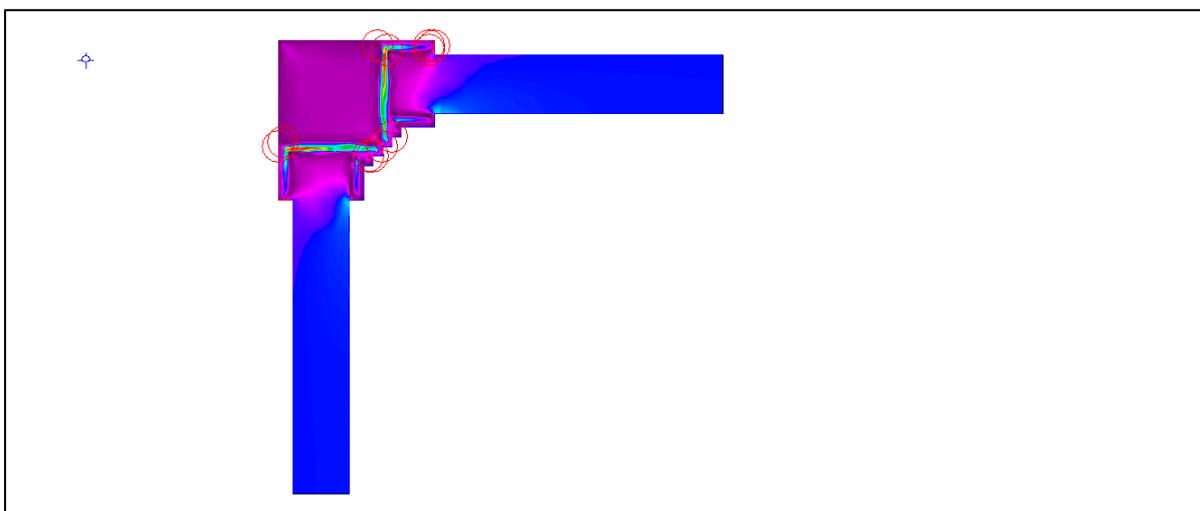
Se tuvieron grandes fluctuaciones de temperatura, debido a estos puentes térmicos. (Ver Figura 3.10.)



**Figura 3.10. Líneas isotérmicas en la columna sin aislamiento.**

Fuente: Elaboración propia.

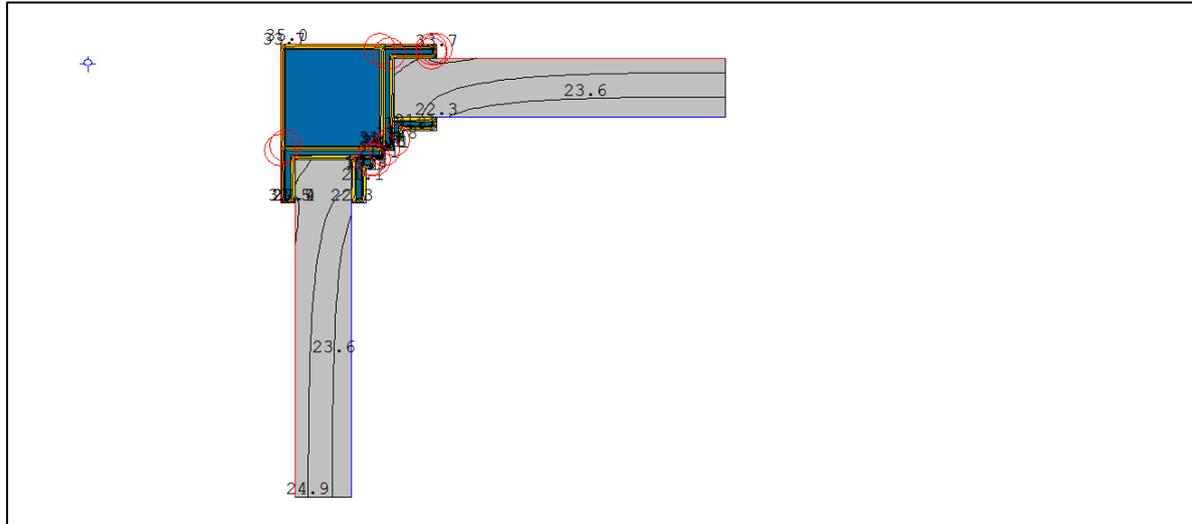
Se realizó una nueva simulación con un factor adicional, el aislamiento térmico. Se instauró en el modelo un aislamiento de 4 cm de poliuretano en la columna y el marco sujetador. Se obtuvo una mejor respuesta, pues la concentración de flujo de calor se mantuvo en el acero, pero esta vez se mantuvo aislada del panel de envolvente. Presentando una mejor uniformidad en los elementos de la envolvente. (Ver Figura 3.11.)



**Figura 3.11. Simulación de columna con aislamiento térmico.**

Fuente: Elaboración propia.

Además, se obtuvieron perfiles de temperatura más uniformes en los elementos de la envolvente. (Ver Figura 3.12.)



**Figura 3.12. Líneas isotérmicas en la columna con aislamiento.**

Fuente: Elaboración propia.

El proyecto contará con un aislamiento por medio de planchas de poliuretano puro, de la empresa Ecuapoliuretanos, los cuales ofrecen paneles de 40 mm de espesor, los cuales serán ideales para realizar el aislamiento de las 9 columnas. (Ver Figura 3.13)

Planchas y Paneles de Poliuretano

Ecuaf foam
 Bayer MaterialScience

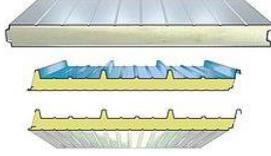



**Planchas de puro poliuretano**

Fabricamos planchas de puro poliuretano inyectado a 38 kg/m<sup>3</sup> en varios espesores según el requerimiento del cliente.

Espesores: 40mm ; 50mm ; 80mm ; 100mm (Espesores especiales bajo pedido)

Medidas: 1000mm x 2000mm (Medias especiales bajo pedido)



**Paneles y cubiertas tipo sandwich con núcleo de poliuretano.**

Paneles y cubiertas metálicas con núcleo inyectado de poliuretano de alta densidad. El acero externo puede ser color natural o prepintado, con geometría o sin geometría, una cara o dos caras "tipo sandwich". Nosotros fabricamos los paneles y cubiertas de acuerdo a las necesidades del cliente.

**Figura 3.13. Planchas y paneles de poliuretano.**

Fuente: Ecuapoliuretanos, 2016.

### **3.7 Equipos de instrumentación**

Se escogió los equipos de instrumentación, para lo cual se especificó las propiedades térmicas que se monitorearan en el banco de prueba. Las variables que se seleccionaron cuantificaran las condiciones climáticas dentro y fuera del banco de prueba. Acorde con esto, se eligió la temperatura, presión, humedad relativa, velocidad del aire y temperatura radiante como las variables a censar, con el objetivo de verificar si los materiales expuestos sobre la estructura, presentan valores atmosféricos dentro del rango de confort.

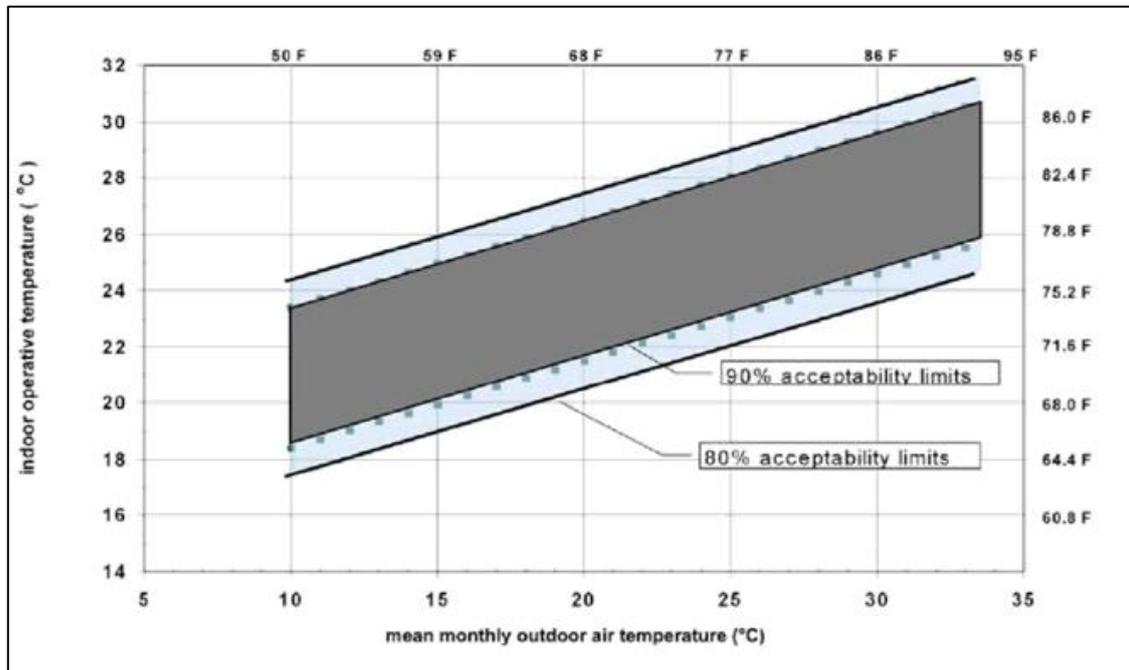
El criterio en el que se sustentó la selección de los instrumentos es la precisión de los datos, el rango de temperatura operacional, rango de medición y precio al público. Cabe recalcar que existe en el mercado una gran variedad de instrumentos procedentes de distintas compañías que ofrecen estos instrumentos. Además, es necesario que los equipos tengan a disposición un sistema de adquisición de datos para el monitoreo permanente de la estructura por un periodo de tiempo.

#### **3.7.1 Selección de equipos de instrumentación.**

La selección de los equipos de instrumentación se sustentó acorde a la norma estandarizada ASHRAE-STANDARD-55-2010, que brinda un método que permite determinar condiciones térmicas aceptables en espacios acondicionados naturalmente. Se caracteriza a estas áreas como lugares en donde las condiciones térmicas son reguladas principalmente por los ocupantes a través de la apertura y cierre de ventanas. Se aplica solamente a los espacios donde los ocupantes se dedican a actividades físicas cercanas a la sedentaria, además donde los ocupantes son libres de adaptar su vestimenta a las condiciones térmicas interiores y exteriores.

Para estos espacios, es aceptable para determinar las temperaturas operativas permisibles en el interior, esta figura incluye dos sets de juegos de límites de temperatura operativa. Una para 80% de aceptabilidad y una para 90% de aceptabilidad.

Para el 90% de límite de aceptabilidad se usa cuando se desea un mayor nivel de confort térmico, se basa en un modelo de adaptación de confort térmico que se deriva de una base de datos global de 21000 medidas adoptado principalmente en edificios de oficinas. El 80% de aceptabilidad se usa en otras aplicaciones que estén dentro de las condiciones establecidas.



**Figura 3.14. Rangos de aceptabilidad.**

Fuente: ASHRAE, 2010.

A continuación, se presenta una tabla de valores atmosféricos de la ciudad de Guayaquil en la que refleja las propiedades térmicas consideradas a evaluar en la edificación.

**Tabla 3.5. Valores Climáticos medios anuales de la ciudad de Guayaquil, Ecuador.**

Año	Presión del aire (hPa)	Temperatura ambiente (°C)	Humedad (%)	Wind Direction (°)	Wind Speed Max. (m/s)
2012	983,69	24,68	88,93	205,52	6,15
2013	974,77	25,62	82,27	207,80	6,66
2014	972,16	25,76	79,81	207,09	6,38
2015	970,88	27,62	71,13	187,84	1,24

Fuente: Estación meteorológica LAB. FREE

Finalizado el análisis de las condiciones térmicas que presenta el Ecuador como país de referencia, se eligió los instrumentos del banco de prueba tomando en cuenta los máximos y mínimos de las propiedades que se censa para verificar si los materiales que se usa proporcionan un confort térmico.

Como se mencionó anteriormente, existen muchas compañías dedicadas a la fabricación de instrumentos de medición en especial los que refiere al monitoreo ambiental e interior. El requerimiento para este tipo de banco de prueba es el monitoreo de una edificación de un solo piso y el monitoreo ambiental, es por esta razón que se eligió la compañía ONSET, ya que proporcionan productos de monitoreo de datos para medir, registrar y gestionar los datos que se obtienen al poner a prueba el material de la envolvente frente a los cambios climáticos. Además, brindan asesoría técnica, mantenimiento anual a los equipos, actualizaciones de software y garantías del producto.

El monitoreo exterior de la estructura ONSET facilita el uso de un kit de estación meteorológica HOBO acepta hasta 10 plug-and-play sensores inteligentes. El sensor se conecta y es reconocido automáticamente. Sin necesidad de programación, cableado o calibración necesaria. Con este kit se puede medir la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento/ dirección. Este kit opera en un entorno al aire libre.

Las principales funcionalidades son:

- Registrador de datos HOBO U30 NRC con 10 entradas (U30-NRC-000-10-S100-000)
- El panel solar 3W - SOLAR-3W
- Temperatura / sensor inteligente HR con cable de 2 metros - S-THB-M002
- Smart Sensor de velocidad del viento con el cable de 3 metros - S-WSB-M003
- Dirección del viento sensor inteligente con el cable de 3 metros - S-WDA-M003
- Montaje de brazo transversal para los sensores de velocidad / sentido del viento - M-CAA
- Solar Protector de Radiación de temperatura y sensor de HR - RS3

Posteriormente, se presentó las especificaciones de cada uno de los instrumentos que contiene el kit de la estación meteorológica.

**Tabla 3.6. Especificaciones técnicas del registrador de datos HOBO U30 NRC.**

	
<b>Rango normal de operación</b>	-20 ° C a 40 ° C (-4 ° F a 104 ° F)
<b>Rango extendido de funcionamiento</b>	-40 a 60 ° C (-40 a 140 ° F) - véase " La vida de la batería recargable servicio" a efectos de las operaciones de alcance extendido de funcionamiento.
<b>Entradas del Sensor</b>	5 estándar; opción de ampliar a 10
<b>Compatibilidad sensor inteligente</b>	Compatible con la mayoría de los sensores inteligentes Onset, a excepción de la S - BPA, S - TMA y S - THA
<b>Canales de datos</b>	Máximo de 15 (algunos sensores utilizan más de un canal de datos)
<b>Relé de salida de alarma</b>	Puede ser configurado para ser activado, desactivado o pulsada sobre las alarmas de sensores definidos por el usuario. El relé se puede configurar como normalmente abierto o normalmente cerrado, y tiene una capacidad de 30 V y 1 amperio máximo.
<b>Ranura de expansión</b>	Una ranura de expansión está disponible para el puerto de expansión instalada en fábrica.
<b>Comunicación local</b>	USB de alta velocidad a través del conector USB mini-B
<b>Tamaño</b>	An Onset solar panel (3w, or 6w) or AC adapter is required
<b>Peso</b>	2 kg (4 libras 10 oz)

Fuente: ONSET, 2016.

**Tabla 3.7. Especificaciones técnicas del panel solar.**

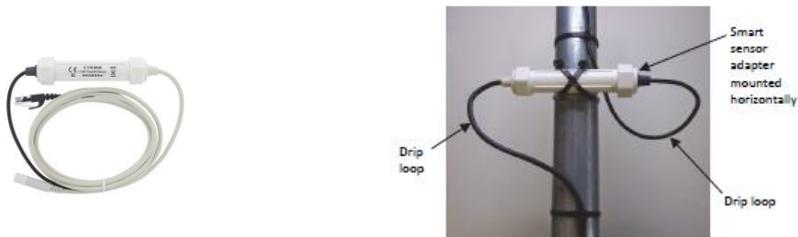
<b>Voltaje</b>	6 voltios	<i>Panel solar 3W</i> 
<b>Potencia</b>	3.0 vatios	
<b>Dimensiones</b>	14,2 cm x 24,1 cm W (5.6 x 9.5 pulgadas)	

Fuente: ONSET, 2016.

El panel se destinará para lugares con nubosidad moderada, latitudes altas y requerimientos para una transferencia de calor media. Puede ser operado en espacios al aire libre. Este dispositivo será utilizado como energía alterna en caso de que ocurra algún corte de energía eléctrica para evitar interrumpir el ensayo.

En este kit de la estación meteorológica contiene un sensor de temperatura y humedad relativa HOBO U23, cuya función será censar estas variables térmicas en el interior de las edificaciones y en el exterior. Se colocará en cada una de las envolventes en el interior del banco de prueba con la finalidad de examinar la temperatura que mantiene el material durante un periodo de tiempo.

**Tabla 3.8. Especificaciones técnicas del sensor de temperatura y humedad.**

		
<p>Modelo: 12-bit Temperature/Relative Humidity (8m cable) Smart Sensor</p>	<p>Sensor de temperatura</p>	<p>Sensor de humedad relativa</p>
<p>Rango en la adquisición de medidas.</p>	<p>-40° to 70°C (-40° to 158°F)</p>	<p>0-100% RH at -40° to 75°C (-40° to 167°F); expuesto a condiciones por debajo de -20°C (-4°F) o por encima 95% RH puede temporalmente aumentar el error máximo del sensor de humedad relativa con un adicional de 1%</p>
<p>Precisión</p>	<p>± 0.21°C from 0° to 50°C (± 0.36°F from 32° to 122°F)</p>	<p>+/- 2.5% from 10% to 90% RH (typical), to a maximum of +/- 3.5%</p>
<p>Resolución</p>	<p>0.02°a 25°C (0.04°a 77°F)</p>	<p>0.1% RH at 25°C (77°F)</p>
<p>Error de desgaste por uso</p>	<p>&lt; 0.1°C (0.18°F) por año.</p>	<p>&lt; 1% típicamente por año; histéresis 1%</p>
<p>Tiempo de respuesta</p>	<p>5 minutos con un movimiento de aire de 1m/seg</p>	<p>5 minutos con movimiento de aire 1m/seg con capa protectora.</p>
<p>Longitud de cable disponible</p>	<p>2.5 m (8.2 ft); 8 m (26.2 ft)</p>	

Fuente: ONSET, 2016.

El sensor inteligente de velocidad de viento proporciona el traslado de datos y la velocidad media del viento más alta ráfaga de tres segundos por cada intervalo de registro. El valor inicial para el arranque es de 1 m/s (2,2 millas por hora); sensor soporta vientos de hasta 170 mph. Este instrumento está destinado para funcionar en el exterior del banco de prueba. Se presenta las especificaciones del equipo en la siguiente tabla.

**Tabla 3.9. Especificaciones del sensor inteligente de velocidad de viento.**

	
<b>Rango en la adquisición de medidas.</b>	0 to 76 m/sec (0 to 170 mph)
<b>Precisión</b>	$\pm 1.1$ m/sec (2.4 mph) or $\pm 4\%$ de la lectura, lo que sea mayor
<b>Resolución</b>	0.5 m/sec (1.1 mph)
<b>Vida de servicio</b>	>5 años de vida típico, mecanismo reemplazable de fábrica
<b>Máxima velocidad del viento de supervivencia</b>	76 m/sec (170 mph)
<b>Mediciones</b>	<p>Velocidad del viento: Velocidad media del viento sobre el intervalo de registro</p> <p>Racha: Mayor racha de 3 segundos durante el intervalo de registro</p> <p>Ver operación de medición para obtener más información</p>
<b>Rango de temperatura de operación</b>	-40° to 75°C (-40° to 167°F)
<b>Promedio de la medición</b>	Promediando la medición promedio automático (ver operación de medición)

Fuente: ONSET, 2016.

También incluye en el kit, un sensor de plug-and-play de la dirección del viento posee una alta precisión para la medición y registra los datos de viento. Está compuesto de rodamientos de bolas de acero inoxidable blindados y viviendas

disipadoras de electricidad estática proporcionan una vida larga del sensor. Este instrumento registra el vector unitario promedio de la dirección del viento, proporcionando los datos específicamente en grados. Posee una veleta altamente durable y se usará en la región exterior del banco de prueba esta y otros detalles del equipo se muestra a continuación.

**Tabla 3.10. Especificaciones técnicas del sensor de dirección de viento.**

	
<b>Rango de medición</b>	0 a 355 grados, banda muerta de 5 grados
<b>Máxima Velocidad de resistencia</b>	67 m / s (150 mph)
<b>Precisión</b>	± 5 grados
<b>Resolución</b>	1,4 grados
<b>Umbral de arranque</b>	1,0 m / s (2,2 mph)
<b>Definición de la medición</b>	Componentes de vectores unitarios de la dirección de viento sin acumulados cada tres segundo de duración de intervalos de carga. Direcciones promedias son calculados desde el porcentaje de éstos.
<b>Rango de temperatura de funcionamiento</b>	-40 ° C a + 70 ° C (-40 ° F a + 158 ° F)
<b>Evaluación ambiental</b>	Resistente a la intemperie
<b>Vida de servicio</b>	4 a 6 años típico dependiendo de las condiciones ambientales
<b>Radio de giro</b>	Aproximadamente 13,5 cm (5,25 pulg.)
<b>Dimensiones</b>	46 x 20 cm (18 x 8,5 pulgadas) entre ellos de 1,27 cm (0,5 pulgadas) de diámetro varilla de montaje, de 2,5 mm (0,1 pulgadas) de voladizo por goteo
<b>Número de Canales de Datos</b>	1
<b>Opciones de medida promedio</b>	Promedio automático

Fuente: ONSET, 2016.

Además de los instrumentos, es esencial tener a disposición un brazo transversal para asegurar la medición del viento sin obstáculos. Este dispositivo permite montar los sensores de viento. Es de uso exclusivo para el exterior del banco de prueba.

**Tabla 3.11. Dimensiones del brazo transversal de la estación meteorológica.**

	
<b>Dimensiones</b>	91,5 x 3,2 x 3,2 cm (36 x 1,25 x 1,25 in)
Incluye un mástil para el montaje del hardware.	

Fuente: ONSET, 2016.

Para finalizar con los componentes de la estación meteorológica tenemos el RS3 protector solar de radiación que tiene como objetivo proteger los sensores externos de la luz solar y la lluvia. Con este dispositivo se asegura mediciones con mayor precisión, ya que permite que el flujo de aire se concentre alrededor de los sensores. Dando como resultado un tiempo de respuesta 2.5 veces más rápido a las condiciones cambiantes por esta razón se consideró a este accesorio dentro de la adquisición de los equipos. Está destinado para que funcione con el sensor de temperatura/humedad relativa. Otros aspectos técnicos se detallan a continuación.

**Tabla 3.12. Especificaciones técnicas del protector de radiación.**

	
<b>Tiempo de respuesta</b>	2,5 veces más rápido que el RS1 y M-RSA
<b>Resistencia del viento</b>	Probado con vientos sostenidos de hasta 129 kilómetros por hora a (80 mph), probado en ráfagas de hasta 161 kilómetros por hora (100 mph)
<b>Materiales</b>	Escudo: ASA estireno (rayos UV) Soporte: nylon cristal llenado- (rayos UV) Hardware de montaje: Acero inoxidable y latón
<b>Temperatura</b>	-40 ° a 75 ° C (-40 ° a 167 ° F)
<b>Peso</b>	113 g (4 oz)
<b>Altura</b>	89 mm (3,5 pulgadas); 159 mm (6,25 pulgadas) con el soporte
<b>Diámetro</b>	102 mm (4 pulgadas); soporte sobresale un 51 mm (2 pulgadas) de escudo
<b>Montaje</b>	hasta 51 mm (2 pulgadas) de diámetro mástil con abrazadera de la manguera; ilimitada con
<b>Nota</b>	Este escudo no protege a los sensores de la luz reflejada por debajo del blindaje en algunos ángulos.

Fuente: ONSET, 2016.

Este instrumento se destinará para el interior del banco de prueba al igual que el sensor de temperatura/humedad relativa El sensor de presión barométrica permite

realizar un promedio de las mediciones tomadas mostrando la máxima precisión obtenida. Fácil montaje sobre mástil o superficie plana con tornillos.

**Tabla 3.13. Especificaciones técnicas del sensor inteligente de presión barométrica.**

	
<b>Rango de medida</b>	660 to 1070 mbar (19.47 to 31.55 in. Hg)
<b>Precisión</b>	±3.0 mbar (0.088 in. Hg) sobre el rango de presión completa a 25°C (77°F); máximo error de ±5.0 mbar (0.148 in. Hg) por arriba de -40° a 70°C (-40° to 158°F)
<b>Resolución</b>	0.1 mbar (.003 in. Hg)
<b>Rango de temperatura operacional</b>	-40° to 70°C (-40° to 158°F)
<b>Dimensiones</b>	6.4 cm (2.5 in) diámetro x 5.1 cm (2 in) peso
<b>Peso</b>	96 gm (3.4 oz)
<b>Longitud del sensor inteligente. Cable de red</b>	50 cm (20 in.)
<b>Longitud de cable disponible</b>	50 cm (20 in.)
<b>Error de deriva / Gasto de uso</b>	1.0 mbar (0,03 in. Hg) por año.

Fuente: ONSET, 2016.

Se añadió al interior del banco de prueba el sensor de temperatura radiante, que mide la radiación infrarroja en el perímetro en una pared. La radiación infrarroja es un elemento crítico que permite comprobar lo que se percibe en forma de calor. Es ideal para la medición de ambientes térmicos en espacios donde la radiación tiene mayor influencia en la temperatura percibida. La instalación es sencilla ya que se puede montar en cual tipo de techo incluyendo placas para la instalación

o techos absorbedores de sonido. Otras especificaciones se muestran a continuación.

**Tabla 3.14. Especificaciones técnicas del sensor de temperatura radiante.**

	
<b>Rango de medida</b>	Temperatura radiante: 5 °C to 50°C
<b>Rango de precisión</b>	Temperatura radiante: +/- 2 °C (temperatura ambiente 25°C) Temperatura interior: ±0,35°C (TY7321B), ±0,7 °C (TY7321B)
<b>Fuente de poder</b>	Max. 0,3 VA
<b>Señal de salida</b>	Temperatura radiante: 1 a 5 V DC (corresponde a la temperatura radiante 0 a 50°C) Temperatura interior: Pt3KΩ (TY7321B), Pt100 (TY7321C)
<b>Tiempo constante</b>	Temperatura radiante: Max. 10 segundos. Temperatura interior: Max. 3 minutos
<b>Rango de efectividad</b>	Temperatura ambiental: -20 a 60 °C Humedad ambiental: 5 a 95 % RH (no condensación) Vibración: $9,8 \frac{m}{s^2}$ (empacado)
<b>Rango efectivo</b>	52°

Fuente: Azbil, 2012

Para la selección de este último sensor, se tomó en cuenta las condiciones estimadas con los rangos de temperatura tanto de la ciudad de Guayaquil como la Quito. Es necesario tomar en cuenta que en las condiciones estimadas el rango de temperatura ambiente es corto se debe monitorear cuidadosamente la temperatura en el interior y exterior del banco de prueba, en el caso de que sobrepase el límite tomar medidas que impidan la introducción de datos erróneos durante una prueba de ensayo. Se detalla en la Tabla 3.17 el resumen del número de sensores a usar tanto en el interior como en el exterior del banco de prueba.

**Tabla 3.15. Resumen de Transductores del banco de prueba.**

<b>Uso</b>	<b>Instrumentos de medición</b>	<b>Modelo</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Transductores internos</b>	<b>Sensor de presión barométrica</b>	S-BPB-CM50	1
	<b>Sensor de temperatura radiante</b>	TY7321	1
	<b>Sensor de temperatura interior</b>	S-THB-M002 S-THB-M008	8
<b>Transductores externos</b>	<b>Data Logger para estación climática</b>	HOBO U30	1
	<b>Sensor inteligente de dirección de viento</b>	S-WDA-M003	1
	<b>Sensor inteligente de velocidad de viento</b>	S-WSB-M003	1
	<b>Panel solar</b>	SOLAR-3W	1
	<b>Sensor de temperatura/Humedad externa</b>	S-THB-M002 S-THB-M008	1
	<b>Protector solar de radiación de temperatura</b>	HR-RS3	1
	<b>Brazo transversal para sensores de viento</b>	part # M-CAA	1
	<b>Cable de extensión del sensor inteligente.</b>	S-EXT-M010	2

Fuente: Elaboración propia.

### **3.8 Análisis de Costos**

En la presente sección se describirá los costos para la ejecución del actual proyecto. En este análisis se incluirá los costos de materiales, equipos, consumibles, montaje e instalación. También se detallarán los costos por mano de obras para la concesión del banco de prueba. Este análisis se clasifico en costos directos y costos indirectos.

#### **3.8.1 Costos directo**

Dentro de los costos directos estuvieron todos los gastos que fueron identificados de manera sencilla con su función. Por ende, tenemos:

- Costos de materiales y equipos.
- Costos de construcción.
- Costos de instalación y montaje.

##### **3.8.1.1 Costos de materiales y equipos**

Los costos de materiales y equipos fueron todos los gastos que se realizarán a fin de obtener todos los insumos, para finalmente obtener el banco de prueba. En la Tabla 3.5 se detallan todos estos valores, los cuales se dividieron en:

- Costos de materiales.
- Costos de transductores.

**Tabla 3.16. Costos de materiales y equipos.**

<b>COSTO DE MATERIALES Y EQUIPOS PARA BANCO DE PRUEBAS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Origen</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
<b>Materiales</b>					<b>\$ 11.279,38</b>
Perfil Estructural HSS 10x10x3/16	Acero Tienda	México	9	\$ 481,63	\$ 4.334,67
Perfil Estructural HSS 6x2x1/8	Acero Tienda	México	8	\$ 117,11	\$ 936,88
Perfil Estructural HSS 8X3X1/8	Acero Tienda	México	4	\$ 382,31	\$ 1.529,24
Plancha de Acero ASTM A36 e= 1 pulg.	Centro Acero S.A.	Ecuador	2	\$ 421,80	\$ 843,60
Varilla de Acero ASTM A706 Ø=20mm L= 6m	Adelca	Ecuador	1	\$ 18,38	\$ 18,38
Plancha de Acero ASTM A36 e= 1/2 pulg.	Centro Acero S.A.	Ecuador	16	\$ 201,89	\$ 3.230,24
Paneles de Poliuretano	Ecuapoliuretano	Ecuador	27	\$ 14,31	\$ 386,37
<b>Transductores</b>					<b>\$ 5.273,80</b>
Estación Meteorológica (HOBO HOBO U30-NRC WEATHER STATION STARTER KIT)	ONSET	USA	1	\$ 1.459,00	\$ 1.459,00
Adaptador de potencia AC	ONSET	USA	1	\$ 39,00	\$ 39,00
Sensor de temperatura radiante TY7321	AZBIL	USA	1	\$ 1.600,80	\$ 1.600,80
Sensor de temperatura y humedad relativa (12-bit Temperature/Relative Humidity (8m cable) Smart Sensor)	ONSET	USA	8	\$ 195,00	\$ 1.560,00
Cable de extensión para sensor inteligente 10m de longitud	ONSET	USA	2	\$ 33,00	\$ 66,00

Sensor Inteligente de presión barométrica	ONSET	USA	1	\$ 249,00	\$ 249,00
RX3000 Data Plan Cellular Plans (por año) *	ONSET	USA	1	\$ 300,00	\$ 300,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 16.553,1</b>

\*Por año

Fuente: Varios proveedores, 2016.

### 3.8.1.2 Costos de construcción

En esta sección se detallan los costos que intervienen para la elaboración del banco de prueba. En estos costos incluirá la realización de los marcos sujetadores mediante la plancha de acero, además de incluir todo el proceso de soldadura de las columnas, vigas y placa base. Para obtener mayor detalle ver Tabla 3.6.

**Tabla 3.17. Costos de construcción.**

Horas por día: 8 horas				
CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE				
Consumibles	Cantidad	Unidad	P.U.	Total
Soldadura A-6011	20	Kg	\$ 2,70	\$ 54,00
Disco de corte	5	Unidad	\$ 1,80	\$ 9,00
<b>Total</b>				<b>\$ 63,00</b>
Mano de Obra	Cantidad	Tiempo (horas)	P.U.	Total
Soldador	1	120	\$ 3,39	\$ 406,80
Ayudante	1	120	\$ 3,22	\$ 386,40
			<b>Total</b>	<b>\$ 793,20</b>
Tiempo: 15 días		<b>TOTAL COSTO DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>\$ 856,20</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.1.3 Costos de instalación y montaje

Se define como costos de instalación y montaje a todos los gastos necesarios para lograr la ensambladura del banco de prueba. Cabe destacar que dentro de estos costos se incluye los materiales, manos de obras y consumibles. Para mayor detalle ver Tabla 3.7, se tienen los siguientes rubros:

- Instalación de equipos de transducción
- Instalación de aislamiento térmico
- Montaje de estructura de banco de prueba

**Tabla 3.18. Costos de instalación y montaje.**

<b>Horas por día: 8 horas</b>				
<b>INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE TRANSDUCCIÓN</b>				
<b>Mano de Obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Técnico de equipos	1	96	\$ 4,50	\$ 432,00
Ing. Mecánico o Ing. Electrónico	1	40	\$ 4,25	\$ 170,00
Ayudante	1	40	\$ 3,22	\$ 128,80
Tiempo: 12 días			<b>Total</b>	\$ 298,80
<b>INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO</b>				
<b>Mano de Obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Técnico	1	56	\$ 3,35	\$ 187,60
Ayudante	1	56	\$ 3,22	\$ 180,32
Tiempo: 7 días			<b>Total</b>	\$ 367,92
<b>MONTAJE DE ESTRUCTURA DE BANCO DE PRUEBA</b>				
<b>Mano de Obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Técnico	1	120	\$ 3,39	\$ 406,80
Ayudante	1	120	\$ 3,22	\$ 386,40
Tiempo: 15 días			<b>Total</b>	\$ 793,20
<b>TOTAL COSTO DE INSTALACIÓN</b>				<b>\$ 1.459,92</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.2 Costos indirectos

Los costos indirectos son los gastos que no se pueden definir en la planificación específica, pero tienen su peso dentro del proyecto final. Todos estos costos se detallan en la Tabla 3.8., los cuales se clasifican en:

- Costos de ingeniería.
- Gastos imprevistos
- Costos de transporte.

### 3.8.2.1 Costos de ingeniería

Estos costos se atribuyen a profesionales que desarrollen una planificación, solución de algún inconveniente y ejecución del proyecto. Se asignó un valor de \$ 900 por cada profesional.

### 3.8.2.2 Costos de transporte

La transportación de todos los materiales al lugar donde se realizará el banco de prueba.

### 3.8.2.3 Costos de imprevistos

Los imprevistos están en casi la mayoría de proyectos, por lo cual se define un valor para alguna eventualidad. Este valor se definió como el 2% de los costos directos.

**Tabla 3.19. Costos indirectos.**

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>Función</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Ingeniería	2	Meses	\$ 900,00	\$ 1.800,00
Transporte	1	Unidad	\$ 100,00	\$ 100,00
Imprevistos (2%)	1	Meses	\$ 377,39	\$ 377,39
			<b>Total</b>	<b>\$ 1.900,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.3 Costo total

En la Tabla 3.9. se resume la suma de los costos directos e indirectos, detallados en las secciones anteriores.

**Tabla 3.20. Costos totales de la ejecución del proyecto.**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
MATERIALES Y EQUIPOS	\$ 16.553,18
CONSTRUCCIÓN	\$ 856,20
MONTAJE E INSTALACIÓN	\$ 1.459,92
<b>COSTO TOTAL DIRECTO</b>	<b>\$ 18.869,30</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	
Ingeniería	\$ 1.800,00
Transporte	\$ 100,00
Imprevistos (2%)	\$ 377,39
<b>COSTO TOTAL INDIRECTO</b>	<b>\$ 2.277,39</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>\$ 21.146,69</b>

Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO 4

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La medición del comportamiento térmico de la envolvente de una edificación, ofrece datos que podría ayudar a mejorar la eficiencia energética. Lo que disminuiría un porcentaje de consumo eléctrico, esto se refiere a climatización. El análisis térmico de materiales de construcción actualmente está en desarrollo en el país, por lo que un banco de prueba de este tipo, ayudaría a seguir fortaleciendo esta área de investigación.

El banco de prueba se desarrolló basándose en las casas más comunes del país, es decir viviendas unifamiliares de una planta. Una desventaja que posee el banco de prueba, es que se desarrolló en la estructura una cubierta plana imposibilitando que se testeen cubiertas con pendientes. Esto es solo una limitación de forma, puesto que se podrían ensayar cualquier material de cubierta.

Se definió nueve columnas, que le darían forma a ocho paredes. Estas paredes serán en mayor porcentaje los elementos que más aporten a la envolvente. En las paredes se colocaron sensores que brinden perfiles de temperatura durante un ciclo determinado. Se seleccionaron sensores tanto sensores de temperatura como de temperatura radiante. Pues con la información que proporcionen ambos sensores se podrá tener una perspectiva sobre el grado de confort térmico dentro del banco de prueba.

Cabe destacar que los buenos niveles de eficiencia energética van ligados de obtener un buen confort térmico en cualquier casa. Por ello si se regulan los niveles de eficiencia energética se podrá tener un grado de confort térmico aceptable. En climas tropicales como el de Guayaquil, esto se convierte en un desafío, debido a los constantes altos valores de humedad y temperatura.

Otra característica ambiental que se medirá será la humedad relativa, puesto que los sensores de temperatura cuentan con la instrumentación para lograr medirla al mismo tiempo que la temperatura. También se eligió un sensor para censar la presión en el interior del banco de prueba. Para la parte exterior se pensó en colocar sensores de diferentes parámetros ambientales alrededor de toda estructura, pero resultaba algo muy

costoso, por lo que la solución ideal para este problema resulto ser una estación meteorológica.

La estación meteorológica contara con sensores de temperatura, humedad, velocidad de viento y dirección de viento. La estación meteorológica cuenta con un sistema que funciona por medio del internet, el mismo ofrece una aplicación para celular. En la aplicación se pueden crear alertas para que informe de algún valor determinado.

La estación climática cuenta con su propio Data Logger, el mismo que puede ser empleado para todos los sensores del interior de la edificación. Debido a que la empresa que provee dichos equipos ofrece la facilidad de ofrecer equipos compatibles con la estación meteorológica.

Un punto clave en el desarrollo del diseño, fue el de idealizar un sistema que permita desmontar y montar diferentes tipos de paneles de elementos de mampostería. Entre todas las ideas que aparecieron se eligió la de fabricar dos ángulos sujetadores por ser la más sencilla y económica. Con este sistema que forma un canal donde deberá ir el panel a ensayar, se garantiza firmeza y sobre todo lograr que, al momento del ensayo, las paredes y las columnas funcionen como un conjunto de envolvente.

El uso de una estructura metálica implica tener un sistema con una alta conductividad de calor, por ello se realizó un análisis en las columnas utilizando una herramienta informática, como el software THERM. De dicho software se obtuvo que en las columnas y el marco sujetador se creaban puentes térmicos, es allí donde se daban las mayores interacciones de transferencia de calor.

Al analizar lo que ocurría con los perfiles de temperatura en los paneles de envolvente simulados, se notaba un decremento inusual. Por lo que se ejecutó una nueva simulación con un modelo que tenga un aislamiento de 4 cm de poliuretano. Se obtuvieron mejores resultados, concluyendo a que se debe aislar a todas las columnas y marcos sujetadores de la estructura.

El costo más fuerte que representa el banco de prueba está en la estructura, la misma que bordea los \$11,000.00. Este costo podría disminuir si se realizan posteriores

optimizaciones en el diseño, como por ejemplo no usar perfiles HSS y en su lugar usar vigas de secciones armadas. También se puede implementar mejorar cambiando el material del que se basa la estructura, se puede suplir el acero por aluminio. Un cambio de material que en cambio podría elevar el costo del proyecto es algún aislante. Se mantuvo entre las opciones de material, pero debido a sus elevados precios, se los descarto.

Este trabajo implica un peldaño más en el desarrollo del área de estudio de eficiencia energética. Actualmente se han inaugurado laboratorios de análisis de materiales de construcción tanto en Quito como en Guayaquil, siendo el diseño de este banco de prueba una herramienta de aplicación de los estudios que se realicen en ambos laboratorios.

Ecuador como país en desarrollo hidroeléctrico, puede tener una mejora administración y distribución de un recurso tan importante como es la energía eléctrica.

#### **4.1 Conclusiones**

- Se seleccionó perfiles estructurales HSS que soporten las cargas a las que estará sometido el banco de prueba. Se eligió que para el diseño de la estructura del banco de prueba se tenga nueve columnas HSS 10x10x3/16, ocho vigas principales HSS 6x2x1/8 y cuatro vigas principales HSS 8x3x1/8. Se utilizó las normativas AISC, NEC y ASCE, las cuales presentan una metodología de diseño para estructuras en acero. Además, se diseñó un sistema de marco sujetador, que estará compuesta por dos ángulos sujetadores. El ángulo sujetador fijo a la columna será de dimensiones 9x5x1/2 y el ángulo sujetador móvil tendrá medidas 3/2x9/2x1/2.
- La selección de los transductores internos y externos para el banco de prueba no solo requirió los manuales de los fabricantes sino también el estudio de las condiciones atmosféricas de la ciudad de Guayaquil y Quito, se analizó estas dos ciudades ya que permitieron establecer un rango aceptable que permita ser implementado en cualquier parte del país. Se eligió un solo fabricante especializado en el monitoreo de edificaciones y

condiciones térmicas exteriores con la finalidad de elegir un solo sistema de adquisición de datos, evitando de esta manera la compra de productos que no lleguen a ser compatibles. Para la parte exterior se prefirió elegir una estación meteorológica que brinda todos los equipos necesarios para cuantificar las variables en el entorno expuesto el banco de prueba mientras que en el interior solo se seleccionó los sensores de las variables que se monitoreará reflejando el comportamiento utilizado en las envolventes.

- El diseño estructural fue validado con la herramienta computacional Etabs 2015, de donde se obtuvo que la estructura no estará propensa a fallas mecánicas, pues trabajar en un rango del 50% al 90% de su capacidad. La máxima deformación que sufrirá la estructura fue 0,1886 *mm*.
- Mediante el software THERM se determinó que en las columnas y el marco sujetador se tenía puentes térmicos, por lo que se eligió usar un aislamiento térmico de poliuretano de 4 *cm*. Usando el mismo software se hizo la validación del aislamiento obteniendo que los puentes térmicos se habían reducido en un gran porcentaje.
- La ejecución del banco de prueba tiene un costo de \$21.019,30, estos costos incluyen materiales, transductores, montaje, instalación y funcionamiento.
- Para los materiales prefabricados se tomó en cuenta las dimensiones de los paneles en especial su espesor ya que la junta que se utiliza en la estructura del banco limita una gran cantidad de paneles pre fabricados, por esta razón se elegía los fabricantes que presentaban detalles del panel prefabricado y se tuvo como requisito principal tener una variabilidad considerada de paneles para el estudio en el banco de prueba.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se podría diseñar un sistema para ensayar cubiertas planas y con pendientes. Con un mecanismo de tornillos sin fin y engranajes podría lograr imitarse el movimiento que hacen las gatas hidráulicas de tipo tijera.

- Analizar la factibilidad de utilizar otro material para la estructura, que posea una conductividad térmica menor y un bajo presupuesto. Dentro de este análisis se debería considerar materiales aislantes, cerámicos, entre otros.
- Para disminuir los costos de la estructura, se debe analizar si es conveniente usar perfiles de sección armada, supliendo los perfiles HSS analizados en este trabajo.
- Se recomienda el estudio de un programa de mantenimiento predictivo para el banco de prueba. Para lograr alargar la vida útil de los transductores y de la estructura del equipo.

# BIBLIOGRAFÍA

- ❖ 12-bit Temperature/RH Smart Sensor: S-THB-M002 by Onset. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.onsetcomp.com/products/sensors/s-thb-m002>
- ❖ 3 Watt Solar Panel - SOLAR-3W. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.onsetcomp.com/products/power/solar-3w>
- ❖ AC Power Adapter. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.onsetcomp.com/products/power/ac-u30>
- ❖ Aelenei, D., & Henriques, F. M. (2008). Analysis of the condensation risk on exterior surface of building envelopes. Energy and Buildings, 40(10), 1866-1871.
- ❖ AISC, 2005, "Specification for Structural Steel Buildings", Estados Unidos, pp98
- ❖ AISC 360-05: Specification for Structural Steel Buildings.
- ❖ ASCE 7-05: Minimum Design Loads for Building and other Structures, American Society of Civil Engineers.
- ❖ AWS D1.1: Structural Welding Code-Steel 2006, American Welding Society.
- ❖ Barometric Pressure Smart Sensor: S-BPB-CM50 by Onset. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.onsetcomp.com/products/sensors/s-bpb-cm50>
- ❖ Barros López, J. G., & Troncoso Salgado, A. Y. (2010). Atlas climatológico del Ecuador.
- ❖ Características térmicas | PedroJHernández. (2016). Pedrojhernandez.com. Recuperado 29 agosto 2016, a partir de <https://pedrojhernandez.com/tag/caracteristicas-termicas/>
- ❖ Christian, J. E., & Kosny, J. (1996). Thermal performance and wall ratings. ASHRAE journal, 38(3).
- ❖ Clima: Guayaquil - Temperatura, Climograma, Tabla climática - Climate-Data.org. (2016). Es.climate-data.org. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://es.climate-data.org/location/2962/>
- ❖ Clima: Quito - Temperatura, Climograma, Tabla climática - Climate-Data.org. (2016). Es.climate-data.org. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://es.climate-data.org/location/1012/>

- ❖ Código de Práctica Ecuatoriano; CPE INEN 5; Parte 1:2001; Deflexiones; Capitulo 7; Literal 7.1; Tabla 7.1(a); Pagina 6.
- ❖ CPE INEN 03 Código de Dibujo Técnico-Mecánico.
- ❖ CPE INEN 5, Parte 1:2001, Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos Generales de Diseño.
- ❖ De la Norma Ecuatoriana, C. E. de la Construcción. (2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 11.
- ❖ Ecuapoliuretanos - Poliuretano y Poliurea - Aislamiento Termico. (2016). Ecuapoliuretanos - Poliuretano y Poliurea - Aislamiento Termico. Recuperado 24 agosto 2016, a partir de <http://www.ecuapoliuretanos.com/#!paneles-de-poliuretano/c12r7>
- ❖ Fachada Zinculine. (2016). Dismonte.com. Recuperado 30 Julio 2016, a partir de <http://www.dismonte.com/es/fachadas/fachada-zinculine.html>
- ❖ Geografía y Clima de Quito - Quito Adventure: Encuentra tu aventura en Ecuador y Galápagos. (2016). Quitoadventure.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.QUITOAdventure.com/espanol/informacion-ecuador/acerca-ecuador/geografia-quito.html>
- ❖ Goulart, S. V., Lamberts, R., & Firmino, S. (1998). Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras. Universidade Federal de Santa Catarina, Núcleo de Pesquisa em Construção, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.
- ❖ Goulart, S. V. (2004). Thermal inertia and natural ventilation: optimisation of thermal storage as a cooling technique for residential buildings in Southern Brazil (Doctoral dissertation, Open University).
- ❖ HOBO U30 USB Energy Monitoring and Weather Station Data Logger. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u30-nrc>
- ❖ John T. Dewolf, 1990, "AISC design Guide 01, Column Base Plates", Estados Unidos.
- ❖ López, M. (2003). Estrategias Bioclimáticas en la Arquitectura. Universidad Politécnica de Cataluña.
- ❖ MALDONADO\*, E. D. U. A. R. D. O., YANNAS, S., & GONCALVES, H. (1997). Studies of the Thermal performance of Buildings in Summer in Southern Europe. International journal of solar energy, 19(1-3), 161-178.

- ❖ Marincic, I., del Río, J. A., & Huelsz, G. (2001). Correlation Filter for the Radiation and Thermal Responses of Indoor Temperature in Buildings. Proceedings of ISES, Adelaide, Australia, November, 298-303.
- ❖ McCormac Jack C, 2002, "Diseño de estructuras de acero Método LRFD", 2ª Edición, Editorial AlfaOmega, México, pp206
- ❖ McCormac Jack C, 2002, "Diseño de estructuras de acero Método LRFD", 2ª Edición, Editorial AlfaOmega, México, pp284
- ❖ MECOTT GOMEZ, S. I. L. V. I. A. (2008). VIVIENDA BIOCLIMATICA CON PANELES MODULARES DE FERROCEMENTO Y MATERIALES AISLANTES ALTERNATIVOS PARA LA CIUDAD DE OAXACA, OAX (Doctoral dissertation).
- ❖ Monroy, M. M. (2001). Claves para el diseño bio-climático: reflexiones sobre arquitectura y urbanismo bioclimático (II). Basa, (24), 148-159.
- ❖ Panel sándwich tornillo a la vista. (2016). Dismonte.com. Recuperado 30 Julio 2016, a partir de <http://www.dismonte.com/es/fachadas/panel-sandwich-tornillo-a-la-vista.html>
- ❖ Panel sándwich tornillo oculto. (2016). Dismonte.com. Recuperado 30 Julio 2016, a partir de <http://www.dismonte.com/es/fachadas/panel-fachada.html>
- ❖ Precio en Perú de m<sup>2</sup> de Fachada pesada de panel de concreto armado. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A. (2016). Peru.generadordeprecios.info. Recuperado 30 Julio 2016, a partir de [http://www.peru.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/Fachadas/Pesadas/Paneles\\_prefabricados\\_de\\_concreto/FPP020\\_Fachada\\_pesada\\_de\\_panel\\_de\\_concreto.html](http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Fachadas/Pesadas/Paneles_prefabricados_de_concreto/FPP020_Fachada_pesada_de_panel_de_concreto.html)
- ❖ Revestimiento madera werzalit. (2016). Dismonte.com. Recuperado 30 Julio 2016, a partir de <http://www.dismonte.com/es/fachadas/resvestimiento-madera-werzalit.html>
- ❖ Riba i Romeva, C. (2002). Diseño Concurrente. Madrid: ETSEIB.
- ❖ Ríos Moreno, J. G. (2014). Confort térmico y lumínico para edificios inteligentes (Doctoral dissertation).
- ❖ RTE INEN 037:2009, Reglamento Técnico Ecuatoriano, Diseño, Fabricación y Montaje de estructuras de Acero.
- ❖ Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (2004). Arquitectura y energía natural (Vol. 17). Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.

- ❖ Simancas, K. (2003). Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña.
- ❖ Smart Sensor Extension Cable - 10m length. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.onsetcomp.com/products/cables/s-ext-m010>
- ❖ Solar Radiation Shield - RS3 | Onset HOBO. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.onsetcomp.com/products/mounting/rs3>
- ❖ Tutiempo Network, S. (2016). Clima en Guayaquil / Simon Bolivar - Históricos el tiempo. [www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net). Recuperado 29 Julio 2016, a partir de [http://www.tutiempo.net/clima/Guayaquil\\_Simon\\_Bolivar/842030.htm](http://www.tutiempo.net/clima/Guayaquil_Simon_Bolivar/842030.htm)
- ❖ TUPIZA, C. (2011). Diseño de una casa sismo resistente de dos niveles en estructura metálica. Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingenieros Mecánico, EPN, Quito, Ecuador.
- ❖ Vega Rojas, J. C. (2015). Influencia del diseño de una edificación en el consumo de energía eléctrica por sistemas de climatización aplicado al Edificio Torre Sol de la ciudad de Machala.
- ❖ Vinnakota Sriramulu, 2006, "Estructuras de Acero: Comportamiento y LRFD", 1ª Edición, Editorial McGraw-Hill, México, pp251
- ❖ Weather Station Full Cross Arm for Wind Measurement - Onset. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de [http://www.onsetcomp.com/products/mounting/m-caa#tabs-product\\_page\\_tabs1-2](http://www.onsetcomp.com/products/mounting/m-caa#tabs-product_page_tabs1-2)
- ❖ Wind Speed Smart Sensor - S-WSB-M003 by Onset. (2016). Onsetcomp.com. Recuperado 29 Julio 2016, a partir de <http://www.onsetcomp.com/products/sensors/s-wsb-m003>

# APÉNDICES

**APÉNDICE A**  
**CÁLCULOS REALIZADOS**

## A.1 Diseño de placa base

El diseño de la placa base se hará considerando las fuerzas y momentos de la columna crítica:

- Material Acero A-36
- Sección armada 10X10X0.625 in
- $P_u = 47.450 \text{ kips (compresión)}$
- $M_{ux} = 77.53 \text{ kips.in}$
- $M_{uy} = 16.27 \text{ kips.in}$

Se considera los 10 in de ancho de la columna. Entonces se establece un valor de  $n = m = 5 \text{ in}$ ; por lo tanto, el ancho de la placa base será de  $N = B = 20 \text{ in o } 50.60 \text{ cm}$  (Ver Figura 2.13). Se estableció un ancho de cimentación de  $25 \text{ in o } 63.25 \text{ cm}$ .

Usando desde las ecuaciones 30 a 33, tenemos:

$$A_1 = 20 \times 20 = 400 \text{ in}^2 = 2560.36 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 25 \times 25 = 625 \text{ in}^2 = 4000.56 \text{ cm}^2$$

$$f'_c = 210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 2.98 \frac{\text{Kips}}{\text{in}^2}$$

$$P_p = 0.85 * 2.98 * 400 \sqrt{\frac{625}{400}} = 1266.5 \text{ kips}$$

$$P_p \leq 1.7 f'_c A_1$$

$$1266.5 \text{ kips} \leq 2026.4 \text{ kips}$$

Por lo cual:

$$P_d = \phi_c P_p = 0.60 * 1266.5 = 759.9 \text{ kips}$$

Se comprueba mediante la relación  $P_u/P_d$ :

$$\frac{P_u}{P_d} = \frac{47.50 \text{ kips}}{759.9 \text{ kips}} = 0.062$$

Finalmente se obtiene el espesor de la placa base:

$$t = 5 \sqrt{\frac{2 * 262.13}{0.98 * 36 * 20 * 20}} = 0.963 \text{ in} = 24.46 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la relación  $P_u/P_d$  establece que  $P_d > P_u$  y define que la placa cumple con el estado límite de resistencia a la compresión, con las dimensiones de 20X20 in y un espesor de placa de 0,963 in o 24.47 mm.

## A.2 Diseño de perno de anclaje

Se requiere que el perno resista el esfuerzo a la tensión F requerida por el momento M aplicado con ayuda de la siguiente expresión:

$$M = n * F * d_o$$

El momento M se toma a partir de la columna crítica diseñada:  $M = 73.18 \text{ kips.in}$

Se asume 4 pernos por cada placa base, donde  $n = 2$  pernos por cada lado, y un diámetro de 20 mm o 0,78 in. Por ende, se calcula  $d_o = 13,66 \text{ in}$ .

Se calcula F requerida en el perno de anclaje:

$$F = \frac{73.18}{2(15)}$$

$$F = 2.43 \text{ kips}$$

Se tiene  $t = 0.9$ , factor de resistencia a la tensión,  $F_u$  es el esfuerzo a la ruptura, en nuestro caso se trata de varillas de acero ADELA-ECUADOR  $F_u = 79 \text{ ksi}$ ,  $A_g$  es el área del perno en  $\text{in}^2$  y un diámetro de 20 mm = 0,78 in, entonces se tiene un área  $A_g = 0,48 \text{ in}^2$ .

Calculando Tu con la ecuación 35:

$$F = Tu = 0.75 \times 0.9 \times 79 \times 0.48 = 25.6 \text{ kips}$$

Por lo tanto, el perno resiste la resistencia a la tensión requerida.  
Se determina la longitud del perno:

$$L_h = \frac{\left(\frac{25.6}{2}\right)}{0,7 * 2.98 * \frac{20}{25.4}}$$
$$L_h = 197.94 \text{ mm}$$

Se define una longitud de perno de anclaje dentro del plinto de hormigón de 300 mm por facilidad de construcción, un valor de prueba de 100 mm, mas es espesor de placa base que fue 24.46 mm, finalmente con una longitud roscada de 50 mm, es decir se tendrá una varilla de longitud total de 474.46 mm.

### A.3 Diseño de soldadura de viga principal y columna

- Columna: HSS 10x10x3/16
- Viga principal: HSS 8x3x1/8
- $R_u = V_u = 5,938 \text{ kips}$

Para estas uniones soldadas se usará electrodos E-6011  $F_{EXX_u} = 48 \text{ ksi}$ ;  $F_{EXX_y} = 60 \text{ ksi}$ .

Valores sacados de la Tabla 2 de AWS A5.1 pg. 91

Como se unirá la viga principal de espesor 1/8 in y la columna de 3/16 in. El espesor más pequeño es de 1/8, por lo cual de acuerdo a la figura 2.32 se tendrá un tamaño de pierna de soldadura de 1/8 in (3,175 mm)

Se obtendrá el tamaño de la garganta:

$$t_e = w \sin(45^\circ)$$
$$t_e = (0.125) * \sin(45^\circ)$$
$$t_e = 0.088 \text{ in} = 2,23 \text{ mm}$$

Se calcula la longitud de la soldadura:

$$\begin{aligned}L_w &= L_g - 2w \\L_w &= 8 - 2(0.125) \\L_w &= 7.75 \text{ in} = 196.85 \text{ mm}\end{aligned}$$

La resistencia de diseño se obtiene:

$$\begin{aligned}R_{dw} &= 0.75(0.6F_{EXX})t_eL_w \\R_{dw} &= 0.75(0.6 * 60)(0.1063)(7.75) \\R_{dw} &= 22.24 \text{ kips}\end{aligned}$$

Se comprueba el estado límite:

$$\frac{R_u}{R_{dw}} = \frac{5.938}{22.24} = 0.266$$

La soldadura cumple el diseño de resistencia por cortante

Para el metal base

Se tiene el espesor del material base:

$$t_p = 0.1875 \text{ in}$$

La resistencia de diseño a la ruptura se lo calcula de acuerdo a:

$$\begin{aligned}R_{dBW1} &= 0.75(0.6F_{uBW})t_pL_w \\R_{dBW1} &= 0.75(0.6 * 58)(0.1875)(7.75) \\R_{dBW1} &= 37.92 \text{ kips}\end{aligned}$$

La resistencia de diseño a la fluencia se lo calcula de acuerdo a:

$$R_{dBW2} = 1.0(0.6F_{yBW})t_pL_w$$

$$R_{dBW2} = 1.0(0.6 * 36)(0.1875)(7.75)$$

$$R_{dBW2} = 31.38 \text{ kips}$$

Se comprueba el estado de fluencia por cortante de la resistencia:

$$\frac{R_u}{R_{dBW2}} = \frac{5.938}{31.38} = 0.1892$$

Por lo tanto, la soldadura cumple con los límites del diseño.

#### A.4 Diseño de soldadura de columna con la placa base

- Columna: HSS 10x10x3/16
- Placa base: Acero A-36 20x20x0.963
- $R_u = V_u = 6.12 \text{ kips}$

Para estas uniones soldadas se usará electrodos E-6011  $F_{EXX_u} = 48 \text{ ksi}$ ;  $F_{EXX_y} = 60 \text{ ksi}$ .

Valores sacados de la Tabla 2 de AWS A5.1 pg. 91

Como se unirá la columna de 3/16 in y la placa base 0.963 in. El espesor más pequeño es de 3/16, por lo cual de acuerdo a la figura 2.32 se tendrá un tamaño de pierna de soldadura de 1/8 in (3,175 mm)

Se obtendrá el tamaño de la garganta:

$$t_e = w \sin(45^\circ)$$

$$t_e = (0.125) * \sin(45^\circ)$$

$$t_e = 0.088 \text{ in} = 2,23 \text{ mm}$$

Se calcula la longitud de la soldadura:

$$L_w = L_g - 2w$$

$$L_w = 10 - 2(0.125)$$

$$L_w = 9.75 \text{ in} = 247,65 \text{ mm}$$

La resistencia de diseño se obtiene:

$$R_{dw} = 0.75(0.6F_{EXX})t_e L_w$$

$$R_{dw} = 0.75(0.6 * 60)(0.1063)(9.75)$$

$$R_{dw} = 27.98 \text{ kips}$$

Se comprueba el estado límite:

$$\frac{R_u}{R_{dw}} = \frac{6.12}{27.98} = 0.218$$

La soldadura cumple el diseño de resistencia por cortante

Para el metal base

Se tiene el espesor del material base:

$$t_p = 0.1875 \text{ in}$$

La resistencia de diseño a la ruptura se lo calcula de acuerdo a:

$$R_{dBW1} = 0.75(0.6F_{uBW})t_p L_w$$

$$R_{dBW1} = 0.75(0.6 * 58)(0.1875)(9.75)$$

$$R_{dBW1} = 47.71 \text{ kips}$$

La resistencia de diseño a la fluencia se lo calcula de acuerdo a:

$$R_{dBW2} = 1.0(0.6F_{yBW})t_p L_w$$

$$R_{dBW2} = 1.0(0.6 * 36)(0.1875)(9.75)$$

$$R_{dBW2} = 39.48 \text{ kips}$$

Se comprueba el estado de fluencia por cortante de la resistencia:

$$\frac{R_u}{R_{dBW2}} = \frac{6.12}{39.48} = 0.1550$$

Por lo tanto, la soldadura cumple con los límites del diseño.

### A.5 Diseño de soldadura de columna con marco de sujeción

- Columna: HSS 10x10x3/16 (Acero ASTM A-36)
- Marco de sujeción: Ángulo A-36 9x5x0.5
- $R_u = V_u = 7 \text{ kips}$

Para estas uniones soldadas se usará electrodos E-6011  $F_{EXXu} = 48 \text{ ksi}$ ;  $F_{EXXy} = 60 \text{ ksi}$ .

Valores sacados de la Tabla 2 de AWS A5.1 pg. 91

Como se unirá la columna de 3/16 in y la placa base 0.5 in. El espesor más pequeño es de 3/16, por lo cual de acuerdo a la figura 2.32 se tendrá un tamaño de pierna de soldadura de 1/8 in (3,175 mm)

Se obtendrá el tamaño de la garganta:

$$\begin{aligned}t_e &= w \sin(45^\circ) \\t_e &= (0.125) * \sin(45^\circ) \\t_e &= 0.088 \text{ in} = 2,23 \text{ mm}\end{aligned}$$

Se calcula la longitud de la soldadura:

La longitud de la soldadura de filete se definirá como la longitud de la columna 137.79 in (3500 mm) menos la longitud que se define para la unión de la viga principal 10 in (254 mm)

$$\begin{aligned}L_w &= L_g - 2w \\L_w &= 127.79 - 2(0.125)\end{aligned}$$

$$L_w = 127.54 \text{ in} = 3239.51 \text{ mm}$$

La resistencia de diseño se obtiene:

$$\begin{aligned} R_{dw} &= 0.75(0.6F_{EXX})t_eL_w \\ R_{dw} &= 0.75(0.6 * 60)(0.1063)(127.54) \\ R_{dw} &= 366.05 \text{ kips} \end{aligned}$$

Se comprueba el estado límite:

$$\frac{R_u}{R_{dw}} = \frac{7}{366.05} = 0.019$$

La soldadura cumple el diseño de resistencia por cortante

Para el metal base

Se tiene el espesor del material base:

$$t_p = 0.1875 \text{ in}$$

La resistencia de diseño a la ruptura se lo calcula de acuerdo a:

$$\begin{aligned} R_{dBW1} &= 0.75(0.6F_{uBW})t_pL_w \\ R_{dBW1} &= 0.75(0.6 * 58)(0.1875)(127.54) \\ R_{dBW1} &= 624.14 \text{ kips} \end{aligned}$$

La resistencia de diseño a la fluencia se lo calcula de acuerdo a:

$$\begin{aligned} R_{dBW2} &= 1.0(0.6F_{yBW})t_pL_w \\ R_{dBW2} &= 1.0(0.6 * 36)(0.1875)(127.54) \\ R_{dBW2} &= 516.53 \text{ kips} \end{aligned}$$

Se comprueba el estado de fluencia por cortante de la resistencia:

$$\frac{R_u}{R_{dBW2}} = \frac{7}{516.53} = 0.0135$$

Por lo tanto, la soldadura cumple con los límites del diseño.

## **APÉNDICE B**

### **TRANSDUCTORES DEL BANCO DE PRUEBA**



## HOBO® U30-NRC Weather Station

### Research-grade data logging weather station

This rugged weather station is one of Onset's most durable outdoor environmental monitoring solutions. Users can easily configure the HOBO U30-NRC Weather Station to fit their application needs. Use up to 15 channels to collect environmental data and then upload to HOBOWare Pro software for expert analysis.

**Supported Measurements:** Barometric Pressure, Leaf Wetness, Light Intensity, PAR, Pulse Input, Rainfall, Relative Humidity, Soil Moisture, Solar Radiation, Temperature, Wind Speed & Direction, 4-20mA, Voltage Input

#### Key Advantages:

- Rugged double-weatherproof, tamper-proof enclosure
- Setup is quick and easy with plug-and-play sensors
- Fast data offload via USB
- Optional analog inputs with sensor excitation
- Includes relay that can be activated on user-defined alarm conditions



#### Minimum System Requirements:



Software



Power source<sup>1</sup>



Sensor

► For complete information and accessories, please visit: [www.onsetcomp.com](http://www.onsetcomp.com)

<b>Part number</b>	<b>U30-NRC</b>
<b>Smart-Sensor Inputs</b>	5 or 10
<b>Data Channels</b>	Maximum of 15 (some sensors use more than one data channel)
<b>Smart Sensor Cable Length</b>	100m (323ft) maximum
<b>Alarm Relay</b>	Can be activated, deactivated or pulsed on user-defined sensor alarms.
<b>Logging Interval</b>	1 minute to 18 hours, user-specified
<b>Data Storage Memory</b>	512K bytes local storage in non-volatile flash memory
<b>Environmental Rating</b>	Weatherproof enclosure, NEMA 4x
<b>Operating Range</b>	-40 to 60°C (-40 to 140°F) see battery life
<b>Power</b>	An Onset solar panel (3w, or 6w) or AC adapter is required
<b>Battery Life</b>	3-5 years, 4 volt 10 AHr rechargeable sealed lead acid
<b>Dimensions</b>	17.8 x 11.7 x 19.3 cm (7.0 x 4.6 x 7.6 in)
<b>Weight</b>	2kg (4lbs 10oz)
<b>Local Communication</b>	USB
<b>CE Compliant</b>	Yes

#### Contact Us

Sales (8am to 5pm ET, Monday through Friday)

- Email [sales@onsetcomp.com](mailto:sales@onsetcomp.com)
- Call 1-508-759-9500
- In U.S. toll free 1-800-564-4377
- Fax 1-508-759-9100

Technical Support (8am to 8pm ET, Monday through Friday)

- Contact Product Support [onsetcomp.com/support/contact](http://onsetcomp.com/support/contact)
- Call 1-508-759-9500
- In U.S. toll free 1-877-564-4377

Onset Computer Corporation  
470 MacArthur Boulevard  
Bourne, MA 02532

# Section 1: About the HOBO U30-NRC Station

## Introduction

The HOBO U30 Station is a data logging and monitoring device that can be easily reconfigured and adapted to a wide variety of applications. Up to 15 channels of data can be recorded and monitored remotely via HOBOLink®.

Use HOBOWare® software to set up analog data channels, communicate with the logger locally, and perform advanced plotting and analysis.

The HOBO U30 Station is a data logging system that can be easily reconfigured and adapted to a wide variety of applications. Up to 15 channels of data can be recorded and monitored with HOBOWare software.

You can set alarms to trip for specific sensor readings that you select or for overall system conditions, such as when the memory or battery is running low.

## Contents

The HOBO U30 Station package includes:

- HOBO U30 Station
- Mounting Kit
- Grounding Wire
- Cable Entry and Sealing Kit
- Optional Analog Sensor Port, if ordered
- Optional Sensor Expander Board, if ordered

## Key Features

### Automatic Detection of Smart Sensors

The HOBO U30 Station automatically recognizes Smart Sensors. You can connect up to 10 Smart Sensors of any type or combination just by plugging them in before logging begins. No programming, wiring or calibration is required to set them up. The connections between the Smart Sensors and the logger are digital, ensuring accurate, reliable data collection and storage. The HOBO U30 Remote Monitoring System is compatible with all Smart Sensors used with the HOBO Weather Station and HOBO Micro Station.

### Alarm Notification

The HOBO U30 Station supports alarm notification for sensors as well as system alarms. When an alarm is detected, the system can trigger the relay contact closure and send you a notification to your email/mobile phone. Alarms can be set for individual sensors and for overall system conditions.

### Rechargeable Battery

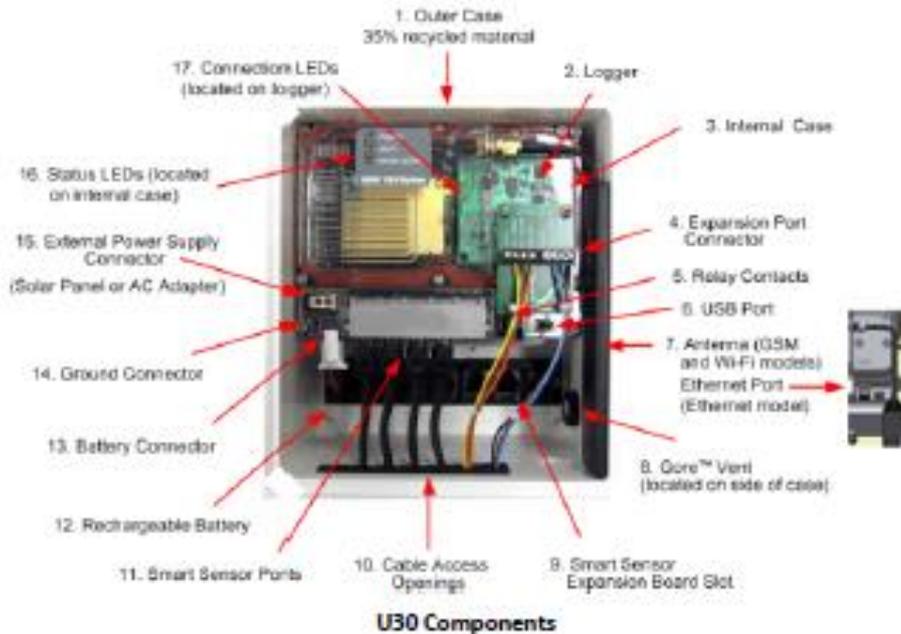
The HOBO U30 Station uses a Sealed Lead Acid battery that can be recharged via a solar panel or AC adapter. This provides continuous power to keep the HOBO U30 Station recording and transmitting data for years.

### Optional Analog Sensor Ports

The HOBO U30 Station can be optionally configured with two analog sensor ports. The ports are user-configurable and can accept and provide excitation power to a wide range of Onset and third-party sensors with 0–20 V or 0–20 mA output. The Analog sensor ports are factory-installed.

## U30 Station Components

This topic describes the components for the HOBO U30 Station. Some components apply to specific models only, as noted.



### Component Descriptions

1. Outer Case - protects the U30.
2. Logger - The U30 Station.
3. Internal case. - This weatherproof case provides a second level of protection for the U30 electronic circuitry. Do not open this case; doing so will void the warranty.
4. Expansion Port Connector (shown with optional Analog Sensor Port installed) - This port is where the optional Analog Sensor Ports are factory-installed.
5. Relay Contacts - The Relay can be activated, deactivated, or pulsed on user-defined sensor alarms. The relay can be configured as normally open or normally closed, and is rated for 30 V, 1 Amp maximum.
6. USB port - Plug in a USB cable here to connect directly to a computer.
7. GSM or Wi-Fi Antenna Connection (antenna installed on GSM or Wi-Fi models). Ethernet Connection (for the Ethernet model only)
8. Vent - This vent allows pressure to equalize inside the enclosure, but does not allow liquid to pass through.  
**NOTE:** The pressure inside the case does not match the outside air pressure exactly so a barometric pressure sensor deployed within this case cannot measure the true atmospheric pressure unless it has its own unrestricted vent to the outside.
9. Smart Sensor Expansion Slot - The optional Smart Sensor Expander Board is installed here.
10. Cable access openings - All cables and wires are pulled through a protective rubber cable channel placed in this opening. If using the optional factory-installed expander board for additional Smart Sensors, you will need to use the second cable access opening.

channel in the Analog Sensor Port if it is not needed (the first channel cannot be disabled). If you connect a Smart Sensor that has multiple channels (such as temperature and relative humidity), all of its channels will be logged. There is no way to disable them.

## The Analog Sensor Port

The Analog Sensor Port is an easy-to-configure, flexible DC signal-conditioning option that can be factory-installed in the HOBO U30 Station. This two-channel port can accept, and provide excitation power to a wide range of Onset and third-party sensors with 0–20 V or 0–20 mA output, including devices with 4–20 mA current loop interface, and sensors with 0–2.5, 0–5, and 0–10 V DC output.

The Analog Sensor Port features input protection and signal filtering, as well as delta-sigma A/D conversion and factory calibration. This port features extremely low power operation, resulting in long battery life for unattended data logging applications. Precision electronics provide  $\pm 0.25\%$  accuracy from 50 mV to full scale (FS).

Sensors connected to this Analog Sensor Port can be configured using HOBOWare. Configuration options include scaling parameters, and excitation power. See page 12, as well as the *HOBOWare User's Manual* for configuration details. If your HOBO U30 Station does not have an Analog Sensor Port and you wish to upgrade to one, contact Onset Computer Corporation for information.

### Sensor Excitation

The Analog Sensor Port supports optional, user-configurable sensor excitation power and warm-up. Sensor excitation is a voltage output provided by the HOBO U30 Station to power a sensor that is connected to it. This power may be needed because the sensor is not self-powered, or because the sensor's power capacity cannot support a long deployment.

When sensor excitation is required, the logger can provide 12 V DC sensor excitation voltage up to 50 mA total for transducers that require external power for proper operation. The excitation voltage has a programmable warm-up time and is controlled by the Analog Sensor Port.

Excitation power can affect the battery life. If your sensor does not require it, you should not include it in the channel configuration.

### Modes

Carefully select the sensor excitation mode that best meets your needs.

- **Warm-up mode.** The logger supplies excitation power for a brief, user-programmable period prior to each measurement. This mode allows you to select the minimum warm-up time needed to allow for sensor stabilization, while conserving battery power. For example, if you specify a warm-up of one second and set the Logging Interval to one minute, the HOBO U30 Station will power the external sensor for one second, log a measurement, and then turn off the excitation power for the next 59 seconds. The warm-up time can be set from 5 milliseconds up to 120 seconds. **NOTE:** If the warm-up time selected is greater than the logging interval selected, the logger will interpret the excitation mode as continuous.
- **Continuous mode.** The logger supplies constant excitation power to the sensor for the entire duration of the deployment. This mode will result in reduced battery life. Continuous mode is required if the sensor needs more than two minutes of warm-up time. The Analog Sensor Port begins functioning when logging begins. When the ports are functioning correctly, the Active indicator LED on the port blinks once per logging interval to indicate that a successful measurement has been made. The Ex. On indicator LED will also be lit when excitation is enabled.

## HOBO® U30/NRC Quick Start Guide

Follow the steps in this Quick Start Guide to configure a HOBO U30 Station with No Remote Communication (U30/NRC).

For more information, see the *HOBO U30 NRC User Guide* available as a printable file from the Onset website at: <http://www.onsetcomp.com/support/manuals>

The HOBO U30 Station is a data logging system that can be easily reconfigured and adapted to a wide variety of applications. Up to 15 channels of data can be recorded, monitored, graphed, and analyzed with HOBOWare® Pro software.

### Main Features

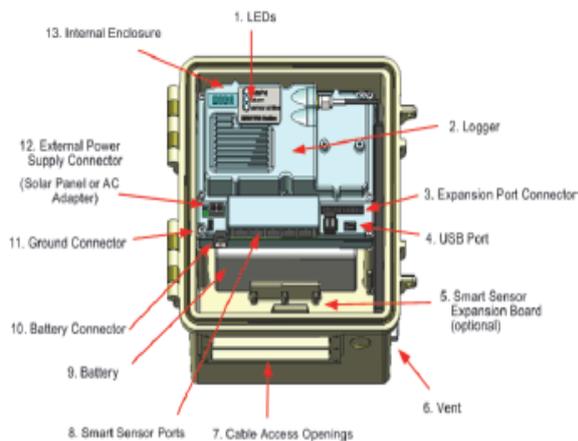
- All electronics are housed within a rugged double-weatherproof, tamper-proof enclosure
- Set up is quick and easy with plug-and-play connectors
- Fast data offload via USB
- Optional analog inputs with sensor excitation

### Contents

The HOBO U30 Station package includes:

- HOBO U30 Station
- Mounting Kit
- Grounding Wire
- Cable Entry and Sealing Kit
- Optional Analog Sensor Port, if ordered
- Optional Sensor Expansion Board, if ordered

### Components



11867-B MAN-U30-NRC-QS

**IMPORTANT:** Always plug in the battery first, before you plug in any solar panel or power supply connector. When disconnecting power, always unplug any solar panel or power supply connector first, then unplug the battery.

### Step 1 - Install Mounting Plates

Screw the mounting plates onto the back of the HOBO U30 Station case using a Phillips-head screwdriver. Be careful to orient the plates so that the screw heads are sunk into the screw holes.

### Step 2 - Remove Secondary Cable Slot (Optional)

If you are using the Smart Sensor Expansion Board, you must remove the piece covering the Secondary Cable Slot to access the board. See the *U30 Station/NRC User's Guide* for details.

### Step 3 - Plug in Smart Sensors

Insert the Smart Sensor cables through the cable access opening in the bottom of HOBO U30 Station and plug them into the Smart Sensor jacks.

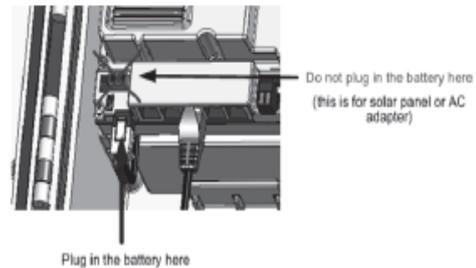
If you are using the Smart Sensor Expansion Board, you should install these cables to that board first, routing them through the secondary cable slot.

### Step 4 - Connect the U30 to a Computer Running HOBOWare

Connect the U30 to a computer using a USB cable supplied by Onset. Plug the "mini-B" end of the USB cable provided into the USB port on the HOBO U30 Station and connect the "A" end to the USB port in your computer.

### Step 5 - Connect the Battery

Power up the HOBO U30 Station by plugging in the built-in battery cable into the battery connector.



### Step 6 - Configure Analog Sensor Port (Optional)

If you are using analog sensors, configure the analog sensor port on the U30 now using HOBOWare.

- a. From the Main Menu select **Device > Configure Modules/Ports**. The **Select Channel to Configure** dialog will appear showing all configurable Analog Sensors attached to the logger.
- b. Click the + sign to expand the entry and show the channels.
- c. Select a channel name and then click the **Configure** button to open the **Channel Configuration** dialog.
- d. Change any configurable parameters as required.
- e. To send the currently displayed configuration to the module/port, click **Configure**.

See the *HOBOWare User Guide* for more details.

### Step 7 - Configure Launch Settings

- a. From the Main Menu, select **Device > Launch**.
- b. Enter values as required in the **Launch Window**.  
Enter a **Launch Description**, which will be used as the filename for data readouts.  
  
Select a **Logging Interval**, which is how often the U30 logs data from the sensors. For an initial test, configure a logging interval of 10 seconds.  
  
Select a **Launch Option**, which determines when the U30 will be launched. For an initial test, select **Now**.
- c. Click the **Start** button.

### Step 8 - Test U30 and Sensors

- a. To verify that the U30 and sensors are working properly, from the Main Menu select **Device > Status**.
- b. Change the sensor readings by changing the conditions.

For example, if you are measuring temperature, hold the temperature sensor in your hands for a minute or two and verify that the temperature shown in the Current Readings increases.

### Step 9 - Reading Out Data

- a. Click the **Readout** icon on the toolbar to open the **Readout** window (or from the Main Menu select **Device > Readout**).
- b. When HOBOWare prompts you to stop the logger before reading out, click **Stop**.
- c. When HOBOWare Pro prompts you to save the data file, click **Save**.  
After you save the file, the **Plot Setup** dialog appears.
- d. Select channels to plot and other desired options, and click **Plot**.

The graph appears.

e. Use HOBOWare tools and features to change your view of the graph and analyze the data. Review the data and verify that it is accurate. The graph should reflect the change in conditions that you created in Step 7. See the *HOBOWare User Guide* for more details.

### Step 10 - Prepare Logger for Deployment

You are now ready to deploy the U30 in the field.

- a. Open the **Launch Window** in HOBOWare and set your **Logging Interval** to the value you want to deploy with.
- b. **If you are not deploying the system immediately, disconnect the battery to save battery power.**
- c. Disconnect the USB cable from the U30.
- d. Disconnect the sensors for transporting the system to the field (Optional).

### Tripod Setup

For information on setting up a tri-pod and deploying the U30 in the field, see the *Tripod Setup Guide* available at <http://www.onsetcomp.com/support/manuals>.

### Support

For support, please contact the company that you bought the products from: Onset Computer Corporation or an Onset Authorized Dealer.  
1-800-LOGGERS (1-800-564-4377) or 508-750-9500  
8 AM to 8 PM ET, Monday through Friday Fax: 508-750-9100

### Contact Information

Onset Computer Corporation 470 MacArthur Blvd Bourne, MA 02532  
Mailing Address: PO Box 3450 Pocasset, MA 02550-3450  
[www.onsetcomp.com](http://www.onsetcomp.com); email: [loggerhelp@onsetcomp.com](mailto:loggerhelp@onsetcomp.com)

© 2007–2014 Onset Computer Corporation. All rights reserved. Onset, HOBOWare, and HOBOLink are trademarks or registered trademarks of Onset Computer Corporation. All other trademarks are the property of their respective companies.

# Temperature/RH Smart Sensor (S-THB-M00x) Manual



The temperature/RH smart sensor is designed to work with smart sensor-compatible HOBO® data loggers and stations. All sensor parameters are stored inside the smart sensor, which automatically communicates configuration information to the logger without any programming, calibration or extensive user setup.

## Specifications

	Temperature	RH
<b>Measurement Range</b>	-40°C to 75°C (-40°F to 167°F)	0-100% RH at -40° to 75°C (-40° to 167°F); exposure to conditions below -20°C (-4°F) or above 95% RH may temporarily increase the maximum RH sensor error by an additional 1%
<b>Accuracy</b>	±0.21°C from 0° to 50°C (±0.38°F from 32° to 122°F); see Plot A	±2.5% from 10% to 90% RH (typical), to a maximum of ±3.5% including hysteresis. See Plot B for full range
<b>Resolution</b>	0.02°C at 25°C (0.04°F at 77°F); see Plot A	0.1% RH at 25°C (77°F)
<b>Bits Per Sample</b>	12	10
<b>Drift</b>	<0.1°C (0.18°F) per year	<1% per year typical
<b>Response Time</b>	5 minutes in air moving 1 m/sec	5 minutes in air moving 1 m/sec with protective cap
<b>Operating Temperature Range</b>	-40°C to 75°C (-40°F to 167°F)	
<b>Environmental Rating</b>	Weatherproof: 0 to 100% RH intermittent condensing environments. For best results, the temp/RH smart sensor should be mounted inside a protective enclosure, such as a solar radiation shield.	
<b>Housing</b>	PVC cable jacket with ASA styrene polymer RH sensor cap; modified hydrophobic polyethersulfone membrane	
<b>Sensor Dimensions</b>	10 x 35 mm (0.39 x 1.39 in)	
<b>Weight</b>	S-THB-M002: 110 g (3.88 oz); S-THB-M008: 180 g (6.35 oz)	
<b>Number of Data Channels*</b>	2	
<b>Measurement Averaging Option</b>	No	
<b>Cable Lengths Available</b>	2.5 m (8.2 ft); 8 m (26.2 ft)	
<b>Length of Smart Sensor Network Cable*</b>	0.5 m (1.6 ft); 6 m (19.6 ft)	
<b>CE</b>	The CE Marking identifies this product as complying with all relevant directives in the European Union (EU).	

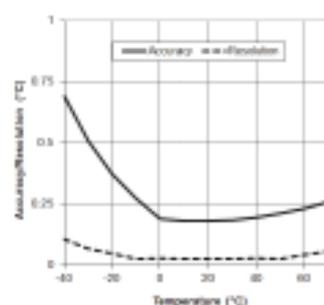
### Temperature/RH Smart Sensor

Models: S-THB-M002  
S-THB-M008

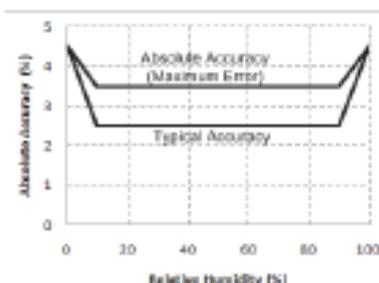
#### Accessories:

- Solar radiation shield (M-RSA or RS3)
- Replacement RH sensor (HUM-RHPCB-2)

\* A single HOBO station can accommodate 15 data channels and up to 100 m (328 ft) of smart sensor cable (the digital communications portion of the sensor cable).



Plot A: Temperature Accuracy and Resolution



Plot B: Relative Humidity Accuracy

## 3 Watt and 6 Watt Solar Panels (SOLAR-3W and SOLAR-6W)

### Items included:

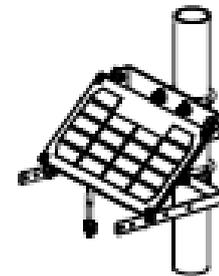
- 3 watt or 6 watt solar panel with assembly hardware (brackets, screws, bolts, lock washers)
- U-bolts, saddles, flanged nuts (for mounting solar panel to a 4.1 cm/1.63 in. diameter mast)

### Tool required:

- Phillips-head screwdriver
- 7/16-inch wrench
- 1/2-inch wrench

**Important:** The solar panel must be mounted where it will receive full sunlight or performance will be severely degraded.

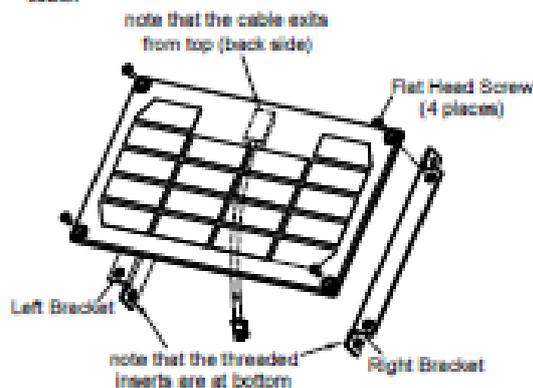
**Note:** 3 watt solar panel shown in illustrations below; assembly identical for 6 watt panel.



Mounted Solar Panel

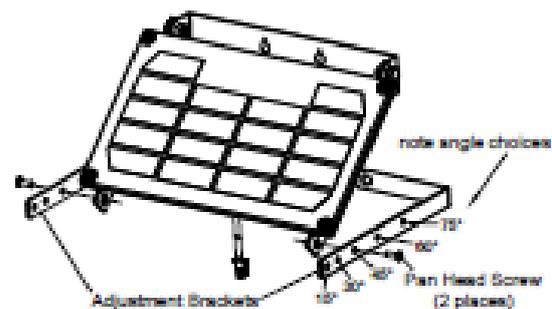
### 1. Install Left and Right Brackets.

Install the left and right brackets onto the solar panel using the four supplied flat head screws. Note orientation of the threaded inserts in the brackets and of the solar panel cable.



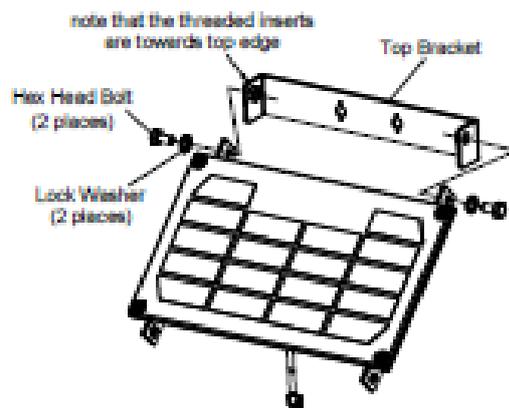
### 3. Install Adjustment Bracket.

Install the two adjustment brackets onto the left and right brackets using the two supplied pan head screws. Note the five angle choices (15°, 30°, 45°, 60°, and 75°) shown. Choose the proper angle for the location where the solar panel is being deployed and install the screws in the correct holes.



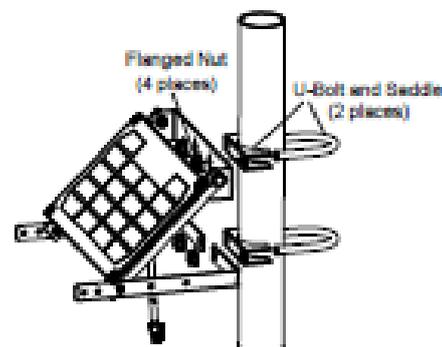
### 2. Install Top Bracket.

Install the top bracket between the left and right brackets using the two supplied hex head bolts and lock washers. Note orientation of the threaded inserts in the top bracket.



### 4. Mount to Mast.

Mount the assembled solar panel to 4.1 cm (1.63 inch) diameter mast (mast not included) using the supplied U-bolts and saddles (two each) and flanged nuts (four each) to secure the top bracket and the two adjustment brackets to the mast.



## Solar Radiation Shield (RS3)



### Items Included:

- One assembled solar radiation shield
- One mounting bracket
- Six cable ties
- Two knurled nuts
- Two screws
- One hose clamp

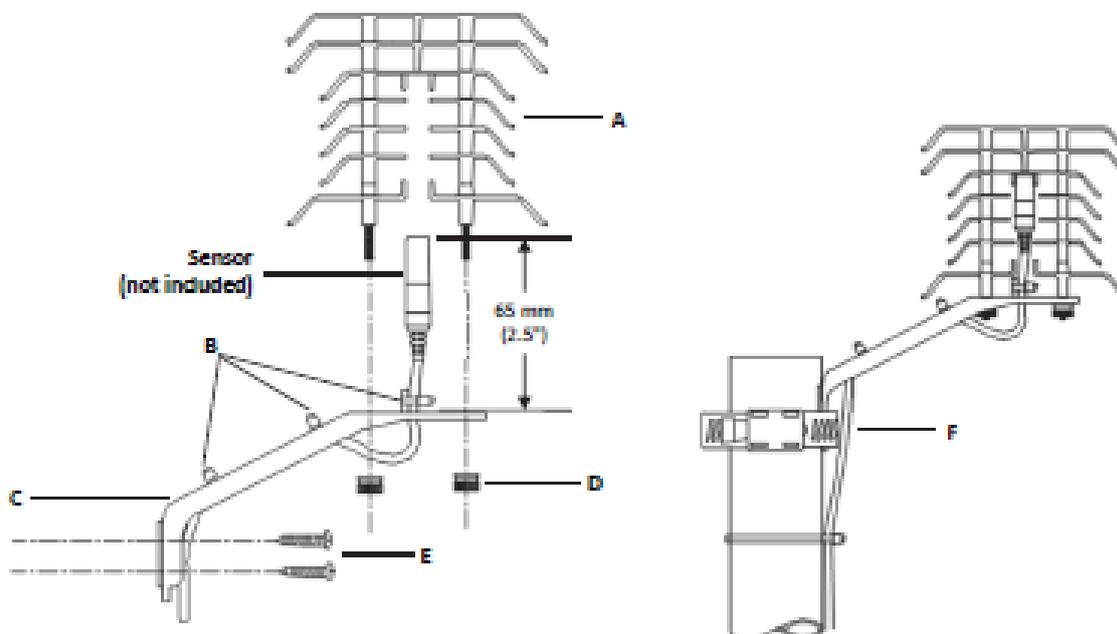
### Specifications

<b>Time Response</b>	2.5 times faster than the RS1 and M-RSA
<b>Wind Resistance</b>	Tested in sustained winds up to 129 kph (80 mph) Tested in gusts up to 161 kph (100 mph)
<b>Materials</b>	Shield: ASA styrene (UV-stable) Bracket: Glass-filled nylon (UV-stable) Mounting hardware: Stainless steel and brass
<b>Temperature</b>	-40° to 75°C (-40° to 167°F)
<b>Weight</b>	113 g (4 oz)
<b>Height</b>	89 mm (3.5 inches); 159 mm (6.25 inches) with bracket
<b>Diameter</b>	102 mm (4 inches); bracket protrudes an additional 102 mm (4 inches) from shield
<b>Mounting</b>	Up to 51 mm (2 inches) mast diameter with hose clamp; unlimited with screws
<b>Compatible Sensors</b>	Onset part numbers S-T1B-00K, S-TMA-M00K, S-TMD-M00K, TMCx-HB, TMCx-HD, W-TMB and external sensors from U33-000; NOT compatible with S-T1A sensors.

Mount temperature or temp/RH sensor in shield as shown. Clearance between mounting bracket and radiation shield ceiling is 65 mm (2.5 in.). Measure the sensor's placement accordingly and secure the cable to the mounting bracket (C) with cable ties (B). Carefully place the radiation shield (A) over the sensor and attach to mounting bracket with knurled nuts (D), being careful not to over-tighten.

Attach mounting bracket to wall, post, or station mast. To use included screws (E) as shown in the diagram on the left, pre-drill 2.4 mm (3/32 in.) holes in wood, or 2.75 mm (7/64 in.) holes in metal.

Or, fasten with hose clamp (F) as shown in diagram on the right.



**Note:** This shield does not protect sensors from light reflected from below the shield at some angles. Avoid deploying this shield next to reflective surfaces if possible.

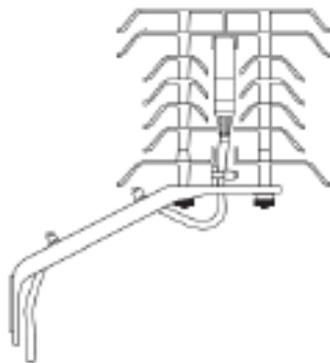
## Mounting

### Typical Mounting

**Solar Radiation Shield:** Use the washer and screw (included with the M-RSA radiation shield) or cable clamps (included with the RS3 radiation shield) to secure the smart sensor in the radiation shield as shown at right and below.



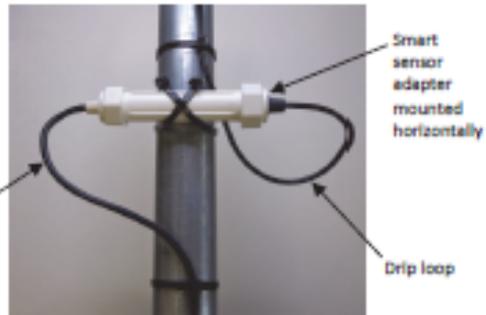
Temp/RH Sensor mounted in the Solar Radiation Shield M-RSA



Temp/RH Sensor mounted in Solar Radiation Shield RS3 (cross-section)

### Mounting Considerations

- A solar radiation shield is strongly recommended when measuring air temperature in direct sunlight. Solar radiation can be a significant source of error in the temperature and RH readings.
- When mounting the probe, care should be taken to thermally isolate the sensor from the mounting surface to ensure accurate air temperature and humidity readings. The probe's temperature sensor is at the end of the cable, just below the cap.
- It is recommended that the probe be protected from direct exposure to the weather. This will prolong the sensor accuracy.
- If you are running sensor cables along the ground, it is recommended that you use conduit to protect against animals, lawn mowers, exposure to chemicals, and so on.
- To provide long-term protection from moisture entry, the smart sensor adapter must be mounted horizontally and with the cable wires routed with drip loops so that water drains away from the cable entry point as shown in the next column. When mounted properly, the housing is weatherproof (but not waterproof).
- Refer to the station manual and Tripod Setup Guide for more information regarding setting up stations.



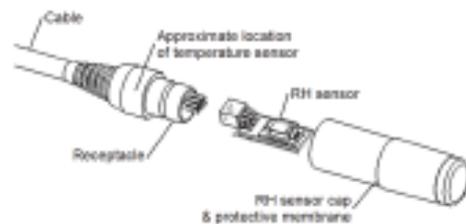
### Connecting the Sensor to a Station or Logger

To connect the sensor to a station or logger, stop the station or logger from logging and insert the smart sensor's modular jack into an available smart sensor port. See the station manual for details on operating stations or loggers with smart sensors.

### Replacing the RH Sensor

The RH sensor is protected by an ASA styrene polymer cap and a modified hydrophobic polyethersulfone fluid barrier membrane that allows vapor to penetrate while protecting the sensor from condensation. RH sensor performance may degrade over time. To replace the RH sensor, take the following steps:

1. Remove the tape fastening the sensor cap to the receptacle. Discard the tape.
2. Grasp the cap and membrane and pull firmly to remove them. Discard them.
3. Note the orientation of the small circuit board containing the RH sensor. Pull it out and discard it in compliance with local disposal guidelines for circuit boards.



4. Push gently but firmly to install the new sensor (HUM-RHPCB-2) in the same orientation.
5. Put the new sensor cap and membrane on. Do not force the cap. If it does not go on easily, the sensor may be installed backwards. Reverse the sensor and try again.

### Maintenance

The temperature/RH smart sensor is sensitive to dust, salts and other airborne contamination. Periodically inspect the RH sensor. If contamination is present on the protective cap, gently rinse it with cool fresh water. If the sensor itself is contaminated, you can rinse it with distilled water. Do not use hot water, organic solvents, or detergents. Dry before use.

# Wind Direction Smart Sensor (S-WDA-M003) Manual



## Wind Direction Smart Sensor

S-WDA-M003

### Item included:

- Mounting rod

### Accessories:

- Full cross arm (M-CAA)
- Half cross arm (M-CAB)

The Wind Direction smart sensor is designed to work with HOBO® stations. The smart sensor has a plug-in modular connector that allows it to be added easily to a HOBO station. All sensor parameters are stored inside the smart sensor, which automatically communicates configuration information to the logger without the need for any programming or extensive setup.

## Specifications

Measurement Range	0 to 355 degrees, 5 degree dead band
Accuracy	±5 degrees
Resolution	1.4 degrees
Starting Threshold	1 m/s (2.2 mph)
Maximum Wind Speed Survival	67 m/s (150 mph)
Measurement Definition	Unit vector averaging used; vector components for each wind measurement are calculated every three seconds for duration of logging interval (see <i>Measurement Operation</i> )
Operating Temperature Range	-40°C to 70°C (-40°F to 158°F)
Environmental Rating	Weatherproof
Service Life	4 to 6 years typical depending upon environmental conditions
Housing	Injection-molded plastic housing and vane, static dissipating base, lead-free silicon bronze nose and aluminum mounting rod
Bearing Type	Two shielded stainless steel ball bearing
Turning Radius	Approximately 13.5 cm (5.25 in.)
Dimensions	46 x 20 cm (18 x 8.5 in.) including 1.27 cm (0.5 in) diameter mounting rod; 2.5 mm (0.1 in.) drip overhang
Weight	370 g (13 oz)
Bits per Sample	8
Number of Data Channels*	1
Measurement Averaging Option	Automatic averaging (see <i>Measurement Operation</i> )
Cable Length Available	3.5 m (11.5 ft)
Length of Smart Sensor Network Cable*	0.5 m (1.6 ft)



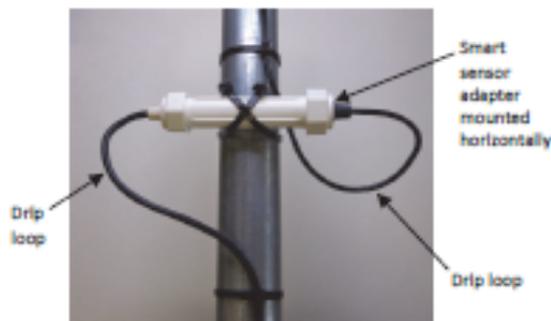
The CE Marking identifies this product as complying with all relevant directives in the European Union (EU).

\* A single HOBO station can accommodate 15 data channels and up to 100 m (328 ft) of smart sensor cable (the digital communications portion of the sensor cables).

## Mounting

### Placement and Mounting Considerations

- The Wind Direction smart sensor should be mounted vertically in a location free of wind shadows.
- For accurate wind direction measurements, mount the sensor at a distance of at least five times the height of the nearest tree, building, or other obstruction.
- Be sure to secure the sensor cable with cable ties to protect it from damage.
- The tripod or mounting mast must be properly grounded. For field installations, you can use Onset's Grounding Kit (M-GKA).
- Secure the mast the wind sensor is mounted on so that it does not vibrate. If you are using Onset masts or tripods, secure them with guy wires.
- The sensor can be damaged with improper handling. Store the sensor in its shipping box until you are ready to install it.
- To minimize measurement errors due to ambient RF, use the shortest possible probe cable length and keep the probe cable as far as possible from other cables carrying high frequency or high-current signals.
- To provide long-term protection from moisture entry, the smart sensor adapter must be mounted horizontally and with the cable wires routed with drip loops so that water drains away from the cable entry point as shown in the example below. When mounted properly, the housing is weatherproof (but not waterproof).

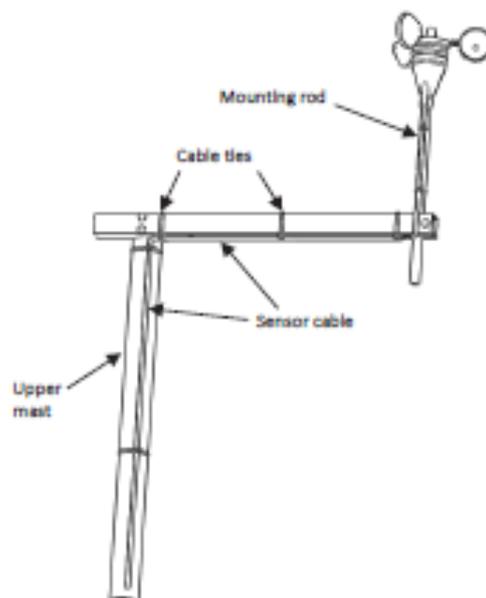


- Refer to the Tripod Setup Guide for more information.

### Mounting the Sensor to a Tripod Cross Arm

1. Insert a 1/4-20 x 1 3/4 inch hex head bolt with a flat washer on it through the 1/4 inch hole on the end of the cross arm. Install a lock washer and nut on the bolt. Tighten with a 7/16 inch wrench until snug.
2. Insert the sensor mounting rod into the cross arm allowing the mounting rod to protrude 1.3 cm (1/2 inch) from the bottom of the cross arm.
3. Tighten the nut and bolt until the rod is slightly clamped in place.

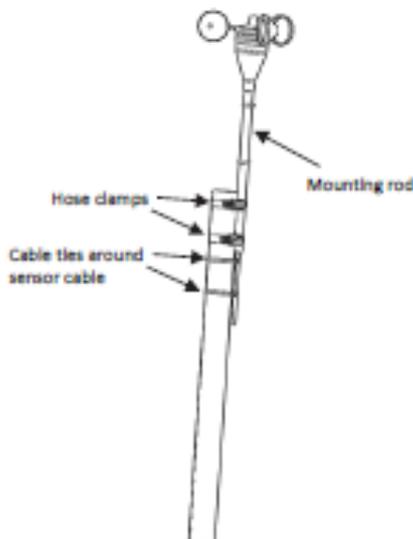
4. Adjust the height of the sensor in the cross arm as necessary using one of the following methods and then tighten the nut and bolt until the cross arm just starts to deform.
  - a. Loosen the tri-clamp bolts and raise or lower the entire mast so the sensor is close to the desired height. Make sure there is at least 5 cm (2 inches) of mast extending below the lower tri-clamp.
  - b. Make sure the upper mast dimple is still facing north (if in northern hemisphere) and then re-tighten the tri-clamps. Once the tri-clamp bolts are tight, tighten the lock nuts to lock the bolts in place. This requires two wrenches: one to hold the bolt and one to tighten the lock nut against the tri-clamp.
  - c. Loosen the bolt holding the sensor mounting rod and raise or lower it as necessary to the desired height. Re-tighten the bolt.
5. Use cable ties to secure the sensor cables to the cross arm, bracket, and mast. The sensor cables should run below the cross arm and brackets to minimize the chance of birds pecking and damaging the cables. Cable ties should be spaced no more than 0.3 m (1 foot) apart. Make sure there are drip loops on both sides of the smart sensor housing, which must also be mounted horizontally, as described under *Placement and Mounting Considerations*.



### Mounting the Sensor to a Pole

1. Loosely secure the sensor with two hose clamps (not included). Adjust the height as necessary, but make sure the hose clamps are separated by at least 4 inches (10 cm).

- Secure the sensor cable with cable ties. Make sure there are drip loops on both sides of the smart sensor housing, which must also be mounted horizontally, as described under *Placement and Mounting Considerations*.



- Tighten the hose clamps making sure the mounting rod remains vertical.
- Follow the steps in the *North Alignment* section.

### North Alignment

The wind direction sensor must be oriented properly to obtain meaningful data. This involves aligning the north markings on the base of the sensor with true north. There are two methods to align the sensor:

- Compass Alignment
- Global Positioning Satellite (GPS) alignment.

**Note:** The magnetic declination must be known to align the direction sensor to true north using a magnetic compass. Worldwide declination information is available from the National Space Science Data Center at: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/space/cgm/cgm.html>.

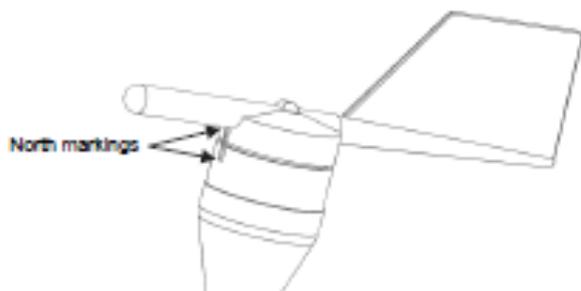
#### Compass Alignment

Tools required:

- Compass
- Binoculars
- Tape (such as electrical, packing, or duct tape)

Two people are required to complete this procedure.

- Align bronze tip of the wind vane with the north markings on the base.



- Secure the base and vane shaft with a piece of tape so that the vane cannot rotate.
- While standing 150 to 200 feet south of the sensor, use the compass to determine magnetic north. If true north is the same as magnetic north, align yourself so the compass points north and directly at the sensor. If you are in an area with an east variation, align yourself so that the station is that number of degrees to the east of magnetic north. If you are in an area with a west variation, align yourself so that the station is that number of degrees to the west of magnetic north.
- While viewing the sensor through binoculars, instruct another person to rotate the sensor mounting rod to point the vane north. The vane should seem to disappear from sight when properly aligned.
- Once you've obtained the correct position, secure the mounting rod and remove the tape.

#### GPS Alignment

Tools required:

- Handheld GPS with WAAS-enabled receiver or any similar high accuracy GPS device
- Flag, orange cone, or other temporary marker
- Laptop computer with logger software installed

This procedure requires only one person, but is easier to complete with two people. In this procedure, you will be using the GPS receiver first to create an arbitrary waypoint and then to determine the bearing from the sensor to that waypoint. You will then align the sensor so that when the vane is pointed at the waypoint, the direction reported by the logger software matches the GPS receiver's bearing to the waypoint.

- Connect the sensor to the logger (refer to the *Connecting to the Logger* section below).
- Connect the laptop to the logger with the PC interface cable.
- Pick a visible location that is at least 100 meters (110 yards) away from the wind direction sensor and walk to it. Establish a waypoint with the handheld GPS receiver. You may want to use averaging to minimize the waypoint position error if your GPS receiver is so equipped. (For best results, the estimated position error of the waypoint should be less than 10 feet if the distance to the sensor is 100 meters, and less than 20 feet for a distance of 200 meters. Mark the waypoint with a flag, orange cone, or other suitable marker.

4. Walk back to the sensor and determine the bearing to the waypoint you just created with the GPS receiver. Again you may need to determine the average value of the bearing to keep the errors to a minimum.
5. Start the logger software and select Status to get the current reading (refer to the software manual or online help for details about operating the software).
6. Point the sensor vane directly at the waypoint flag or marker and rotate the sensor mounting rod until the wind direction sensor value in the logger software matches the angle obtained with the GPS receiver.
7. Once the vane is in position, secure the mounting rod and then double-check that the reported angle is correct.

### Connecting the Sensor to a Station

To connect the sensor to a station, stop the station from logging and insert the smart sensor's modular jack into an available smart sensor port on the station. See the station manual for details on operating stations with smart sensors.

### Measurement Operation

Wind direction measurements are averaged over the logging interval or a 3-second timeframe (whichever is greater). If you set up the sensor to log faster than every 3 seconds, the same sensor reading will be recorded until a new 3-second average is calculated. For example, if the sensor is logging at a 1-second interval, the sensor will report the same wind direction (its calculated average) for three samples before calculating and reporting a new value for another three samples. Measurement averaging for this sensor is independent of the logger's measurement averaging. Therefore the automatic measurement averaging for this sensor is not affected by any sampling intervals entered for averaging on other sensors.

#### Direction Averaging

Unit vector averaging is used to determine wind direction because traditional averaging would produce inaccurate results. For example, three measurements of 350, 11, and 12 degrees—which are all winds from the north—averaged together would result in 126 degrees, which incorrectly indicates a southeasterly wind. Instead, the vector components (North/South and East/West) for each wind measurement are calculated every three seconds for the duration of the logging interval. At the conclusion of the logging interval, the North/South and East/West components are averaged and then re-combined to calculate the average wind direction for the logging interval.

### Maintenance

The sensor does not normally require any maintenance other than an occasional cleaning. If the vane becomes dirty, rinse the sensor with mild soap and fresh water. Do not immerse the sensor in water or use any organic solvents to clean the unit.

### Verifying Sensor Accuracy

It is recommended that you check the accuracy of the sensor annually. The wind direction sensor cannot be calibrated. Onset uses precision components to obtain accurate measurements. If the smart sensor is not providing accurate data, then it is damaged or possibly worn out if it has been in use for several years. If you are unsure of the accuracy, you can send the smart sensor back to Onset for inspection and possible replacement of the mechanism or bearings if required. Contact Onset or your dealer for a Return Merchandise Authorization (RMA) number before sending the sensor.

# Barometric Pressure Smart Sensor (S-BPB-CM50) Manual



The S-BPB barometric pressure smart sensor easily plugs into HOBO® stations with smart sensor inputs. All calibration parameters are stored inside the smart sensor, which automatically communicates configuration information to the station without any programming or extensive user setup.

The S-BPB barometric pressure smart sensor has a rugged, outdoor rated, weatherproof housing. The sensor is mounted outside the logger enclosure, so the logger does not need to be open to the atmosphere.

## Barometric Pressure Smart Sensor

### S-BPB-CM50

#### Items Included:

- Two cable ties
- Two self-tapping screws

#### Accessories:

- Smart sensor extension cables (S-EXT-M-0xx)
- Weatherproof connection housing (S-EXT-CASE)
- Cable caddy (M-CDY)

## Specifications

Measurement Range	660 to 1070 mbar (19.47 to 31.55 in. Hg)
Accuracy	±3.0 mbar (0.088 in. Hg) over full pressure range at 23°C (73°F); maximum error of ±5.0 mbar (0.148 in. Hg) over -40° to 70°C (-40° to 158°F)
Resolution	0.1 mbar (.003 in. Hg)
Drift	1.0 mbar (0.03 in. Hg) per year
Operating Temperature Range	-40° to 70°C (-40° to 158°F)
Environmental Rating	Weatherproof
Dimensions	6.4 cm (2.5 in) diameter x 5.1 cm (2 in) height
Weight	96 gm (3.4 oz)
Bits per Sample	12
Number of Data Channels*	1
Measurement Averaging Option	Yes
Cable Length Available	50 cm (20 in.)
Length of Smart Sensor Network Cable*	50 cm (20 in.)



The CE Marking identifies this product as complying with all relevant directives in the European Union (EU).

\* A single HOBO station can accommodate 15 data channels and up to 100 m (328 ft) of smart sensor cable (the digital communications portion of the sensor cables).

## Operation

The barometric pressure smart sensor supports measurement averaging. When measurement averaging is enabled, data is sampled more frequently than it is logged. The multiple samples are then averaged together and the average value is stored as the data for the interval.

For example, if the logging interval is set at 10 minutes and the sampling interval is set at 1 minute, each data point in the data file will be the average of 10 measurements. Measurement averaging is useful for reducing noise in the data. Onset recommends that measurement averaging be used when the barometric pressure smart sensor is used in a windy location. Note that fast sampling intervals (less than 1 minute) may significantly reduce battery life.

## Maintenance

Use a damp sponge or rag to clean the barometric pressure smart sensor housing if it gets dirty. Under no circumstances should the unit be immersed in water or any other cleaning solvent.

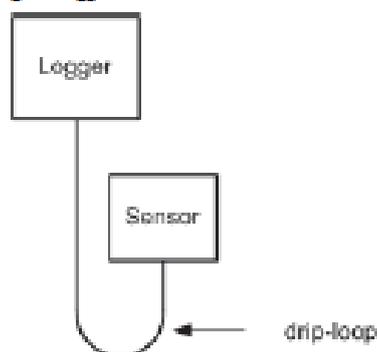
Do not open the sensor as there are no user-serviceable parts inside.

**Important:** The sensor will give inaccurate measurements if exposed to light by removing the cap.

## Mounting the Sensor

### Guidelines

- Mount the S-BPB barometric pressure smart sensor outside the logger, either on a mast or a flat, vertical surface.
- The sensor must be mounted vertically to prevent water from collecting under the cap.
- Mount the sensor so that the cable is hanging straight down and create a drip-loop to prevent moisture from entering the logger connection.



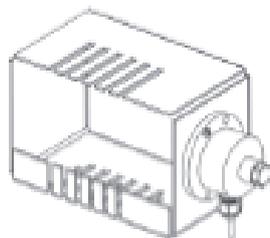
### Mounting Options

**Tripod:** To mount the S-BPB on a pole or Onset tripod mast, use the cable ties provided, as shown in below.



S-BPB Mounted to a Tripod Mast

**Onset Cable Caddy:** To mount the sensor on the side of the Onset Cable Caddy (M-CDY), use the 8-32 x 3/8 Phillips pan head screws provided with the Cable Caddy, as shown below.



S-BPB Mounted to Cable Caddy

**Flat Surface:** To mount the sensor on a flat, vertical surface, use the #8 x 1 self-tapping screws provided.

**CAUTION:** Do not screw the sensor to the side of the HOBO station case. Inserting screws in the side of the HOBO station case will violate the integrity of the unit. You can use double-sided tape.

### Connecting the Sensor to a Station

To connect the sensor to a station, stop the station from logging and insert the smart sensor's modular jack into an available smart sensor port on the station. See the station manual for details on operating stations with smart sensors.

### Verifying Sensor Accuracy

It is recommended that you check the accuracy of the barometric pressure smart sensor annually. The barometric pressure smart sensor cannot be re-calibrated. Onset uses precision components to obtain accurate measurements. If the smart sensor is not providing accurate data, then it may be damaged and should be replaced. If you are unsure of the accuracy, you can send the smart sensor back to Onset for re-certification. Contact Onset or your dealer for a Return Merchandise Authorization (RMA) number before returning it.

# Radiant Temperature Sensor TY7321

---

## General

The radiant temperature sensor measures infrared radiation at the perimeter on a wall. The infrared radiation is one of the critical elements that determine what is perceived as heat. Including information on infrared temperature in the setpoint of air handling units makes it possible to enhance the comfort of the occupants.



## Features

- The radiant temperature sensor provides non-contact and remote measurement of radiant temperature from windows or walls.
- Ideal for the measurement of thermal environments in spaces where radiation has a major influence on perceived temperature.
- Can be installed in a variety of ceilings including facility plates or sound-absorbing ceilings.
- Thermopiles are used as sensing elements.
- High responsivity and repeatability
- For ceiling-mounted return-chamber air conditioning installations, a sensor-mounted model can be used.
- Changes in measuring area, installation and maintenance can be carried out from inside the room.
- By connecting to Azbil Corporation's air conditioning controllers or building automation systems, the sensor provides more comfortable control which takes account of the impact of radiation.

## Measurement principle

All objects radiate infrared rays in relation to their surface temperatures. Detecting the energy volume of these infrared rays allows the measurement of radiant temperatures.

The TY7321's thermopile sensing element converts infrared radiation to electricity and outputs a signal via an internal signal processing circuit.

## Specifications

Item	Specification
Sensing range	Radiant temperature: 5 °C to 50 °C
Sensing accuracy	Radiant temperature: +/-2 °C (ambient temperature 25 °C) Room temperature: ±0.35 °C (TY7321B), ±0.7 °C (TY7321C)
Power supply	24 V AC +/-15 %
Frequency	50/60 Hz +/-4 %
Power consumption	Max. 0.3 VA
Output signal	Radiant temperature: 1 to 5 V DC (corresponds to radiant temperature 0 to 50 °C) Room temperature: Pt3K Ω (TY7321B), Pt100 (TY7321C)
Time constant	Radiant temperature: Max. 10 seconds Room temperature: Max. 3 minutes
Rated conditions	Ambient temperature: 15 to 35 °C Ambient humidity: 10 to 90 % RH (non-condensing) Vibration: 2 m/s <sup>2</sup> (10 to 55 Hz)
Transport/storage conditions	Ambient temperature: -20 to + 60 °C Ambient humidity: 5 to 95 % RH (non-condensing) Vibration: 9.8 m/s <sup>2</sup> (packed)
Effective range	52 °
Sensor coverage	344 ° (horizontal) 65 ° (vertical, in 5 ° steps)
Weight	Approx. 200 g
Color	Base, housing, terminal cover: DIC 546 1/2 Cover: White Case, housing, cover of sensor : White
Materials	Base, housing, terminal cover : Molded polycarbonate resin, equivalent to UL V-O Cover : Molded fire-resistant ABS resin, equivalent to UL V-O Case, housing, sensor cover : Molded polycarbonate resin, equivalent to UL V-O

## Safety Instructions

Please read instructions carefully and use the product properly. Please keep this instruction on hand for reference at any time.

### Usage Restrictions

This product is targeted for general air conditioning. Do not use this product in a situation where human life may be affected. If this product is used in clean rooms or places where reliability or control accuracy is particularly required, please contact Azbil Corporation's sales representatives. Azbil Corporation bears no responsibility for any benefit, or lack of benefit, derived from the operation by the customer.

### ⚠ CAUTION

- ❗ • Installer must be a trained, experienced service technician.
- ❗ • Check the ratings given in this instructions to prevent equipment damage.
- ❗ • Check the environment given in this instructions to prevent equipment damage.
- ❗ • Disconnect power supply before wiring to prevent electrical shock or equipment damage.
- ❗ • All wiring must comply with local codes and ordinances.
- ❗ • Use crimp contacts with insulation jackets for wire terminals.
- ❗ • Do not remove or disassemble casing except for wiring. May result in equipment damage.
- ❗ • Use an insulating transformer to supply 24V AC. Do not share power supply with other equipment. A loop is formed at the common and may cause equipment damage.

## Models

Ty7321A1001	W/o room temperature sensor, box type
Ty7321A1009	W/o room temperature sensor, Boxless type
Ty7321B1004	W/ room temperature sensor (P1 3K), box type
Ty7321B1012	W/ room temperature sensor (P1 3K), boxless type
Ty7321C1007	W/ room temperature sensor (P1 100) box type.
Ty7321C1015	W/ room temperature temperature sensor (P1 100) boxless type.

## Dimensions & Parts Identification

### Boxless type

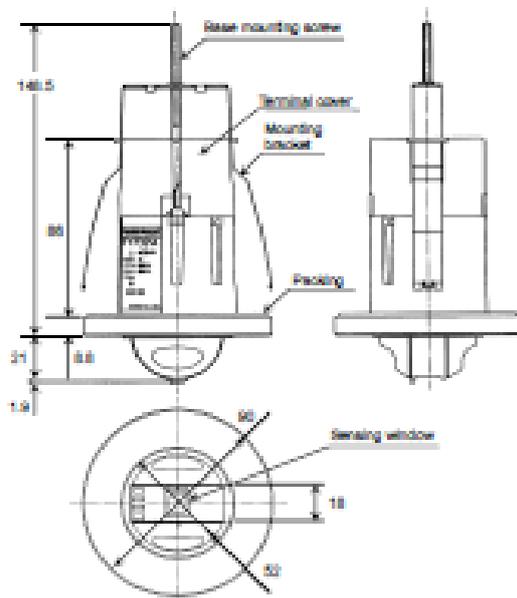
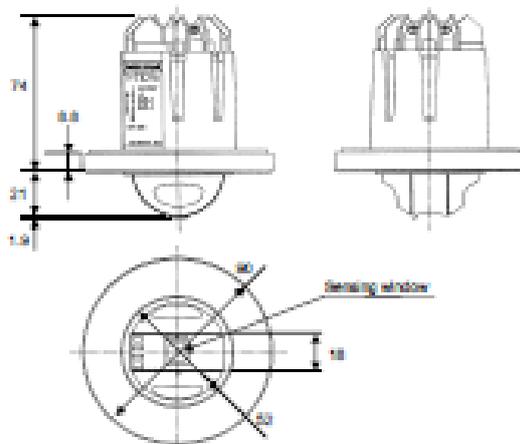


Fig 1 Boxless type dimensions (mm)

### Box type



## Installation

### Installation Location

Make sure the installation is :

- Within the area to be sensed
- Away from lights
- Away from direct air flows
- 1 to 3 m away from window surface

### Connection/Wiring

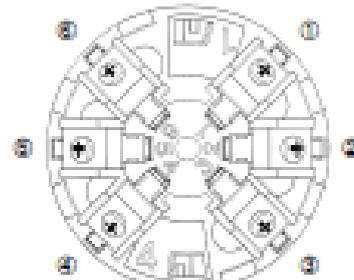


Fig 3

Table 1

Terminal #	Connection destination
①	24V AC (~)
②	24V AC (⊥)
③	Radiant temperature output (+)
④	Radiant temperature output (⊥)
⑤	Room temperature sensor output
⑥	Room temperature sensor output

### CAUTION



Disconnect power supply when wiring to prevent electrical shock and equipment damage.

### Wiring instructions

Use M 3.5 connection terminal. The width of crimp-style terminal must be the maximum 7.2 mm. Shielded multi-core cables (CVV-6) of 1.25 mm<sup>2</sup> is recommended. A 1.25 mm<sup>2</sup> IV cable may be used.

Be sure to ground the shielded cable on the controller side. Use separate conduit for the power and the signal. The maximum cable length is 100 m.

For Ty7321C, connect the compensation line to the terminal #6 together with sensor output.

Always check wiring before supplying power.

Never share 24 V AC transformer to other products.

## **APÉNDICE C**

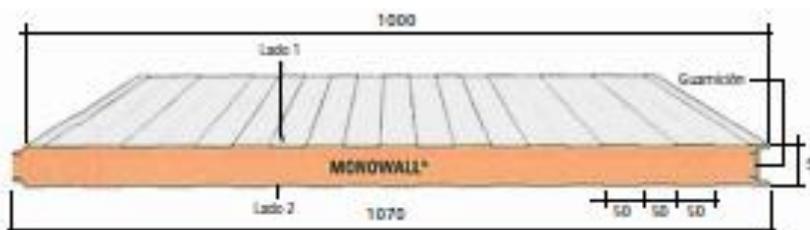
### **PANELES DE ENVOLVENTE PREFABRICADOS**

**Panel Fachada Monowall**

El Panel Monowall es un panel metálico autoportante, con aislamiento en espuma de poliuretano y utilizado en las fachadas de edificios Industriales y comerciales, cámaras frigoríficas con temperatura positiva y divisiones en general.

**IMPORTANTE:** En la fase de montaje hay que comprobar la orientación correcta de la pintura. (La cara del panel tiene una etiqueta marcada INTERIOR y se debe colocar hacia el interior de la fachada).

Posibilidad de montaje en vertical y horizontal.



**TABLA DE LAS CARGAS ADMISIBLES**

Las luces *l* en metros correspondientes a las sobrecargas *p* (daN/m<sup>2</sup>) uniformemente distribuidas, han sido obtenidas por pruebas de carga efectuadas en los laboratorios de Metcover y garantizan simultáneamente una flecha *f* ≤ 1/200 y un coeficiente de seguridad conforme con cuanto prescrito por las normas UNE-AE correspondientes a los paneles sandwich que han sido elaborados y son aplicadas por las principales entidades certificadoras europeas.



mm	Kcal m <sup>2</sup> h°C	Watt m <sup>2</sup> °C	0,5+0,4	p = (daN/m <sup>2</sup> )	Peso panel kg/m <sup>2</sup>									
					60	80	100	120	150	60	80	100	120	150
30	0,58	0,65	8,74	L	2,60	2,45	2,30	2,05	1,85	2,25	2,10	1,90	1,80	1,65
35	0,48	0,58	8,93	L	3,20	3,00	2,80	2,50	2,20	2,80	2,60	2,40	2,20	2,00
40	0,43	0,50	9,12	L	3,40	3,20	3,00	2,80	2,60	3,10	2,90	2,70	2,50	2,20
50	0,35	0,41	9,50	L	3,90	3,65	3,40	3,10	2,75	3,45	3,20	2,95	2,75	2,40
60	0,29	0,34	9,88	L	4,40	4,10	3,75	3,45	3,00	3,80	3,55	3,30	3,00	2,60

mm	Kcal m <sup>2</sup> h°C	Watt m <sup>2</sup> °C	0,5+0,4	p = (daN/m <sup>2</sup> )	Peso panel kg/m <sup>2</sup>									
					60	80	100	120	150	60	80	100	120	150
30	0,58	0,65	9,98	L	2,80	2,65	2,45	2,20	2,00	2,40	2,25	2,05	1,95	1,75
35	0,48	0,58	9,77	L	3,35	3,15	2,90	2,60	2,30	3,00	2,70	2,50	2,30	2,10
40	0,43	0,50	9,96	L	3,55	3,35	3,15	2,90	2,60	3,25	3,00	2,80	2,60	2,30
50	0,35	0,41	10,34	L	4,05	3,80	3,55	3,25	2,85	3,60	3,35	3,05	2,85	2,50
60	0,29	0,34	10,72	L	4,55	4,15	3,90	3,60	3,05	3,85	3,70	3,45	3,15	2,70

## PANEL ARQUITECTONICO PARA FACHADA PF 600/1000

El panel para fachadas PF-600/1000 es un revestimiento exterior para edificios perfectamente enmarcado con las actuales tendencias arquitectónicas.

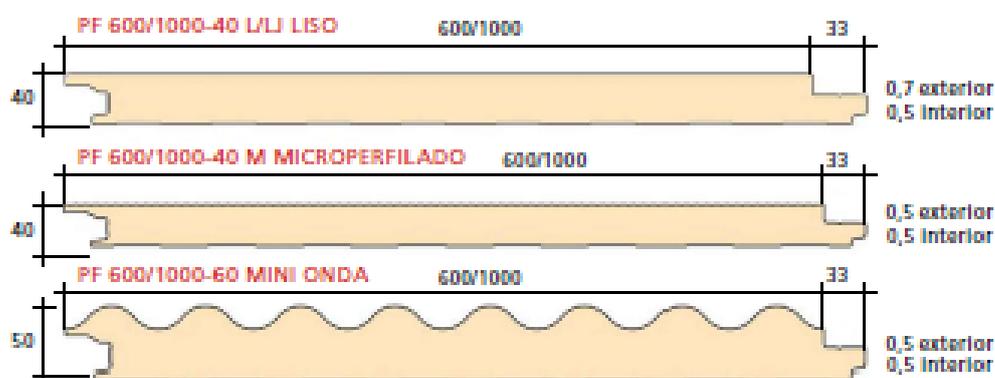
El alto aislamiento térmico y eficiente estanqueidad combinados a una elevada resistencia estructural tornan las fachadas PF-600/1000 la solución ideal para el revestimiento exterior de edificios urbanos o industriales con un producto de rápida colocación y de longevidad garantizada.

Con 40 mm de espesor, el panel para Fachada de Arquitectura PF-600/1000 es fabricado con una doble chapa metálica y un

núcleo de espuma rígida de poliuretano exenta de CFC's con un densidad de 40 Kg/m<sup>3</sup>.

El panel estándar es fabricado con chapa de acero galvanizada y lacada, aunque también se produce panel de aluminio, cinc o cobre.

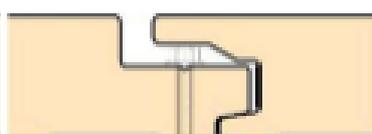
La aplicación del panel puede ser horizontal o vertical. Horizontalmente el efecto estético podrá ser mejorado con la utilización del accesorio de remate en perfil de aluminio, lacado o anodizado.



EJEMPLO DE MONTAJE SIN JUNTA



EJEMPLO DE MONTAJE CON JUNTA



EJEMPLO DE MONTAJE MINI ONDA



PF 600/1000-40 L/LI LISO



PF 600/1000-40 M MICROPERFILADO



PF 600/1000-60 MINI ONDA



El Panel Superwall ML es un panel metálico aislado en poliestireno con sistema de fijación retráctil, destinado a las fachadas de edificios industriales, comerciales y compartimentos en general que requieren particulares requisitos estéticos.

La particular junta de doble laberinto de este panel garantiza prestaciones de resistencia mecánica y de aislamiento decididamente superiores a cualquier otro producto: el microestriado exterior del panel valoriza el elevado aspecto estético del mismo, que puede ser puesto tanto horizontal como verticalmente. Dada la particularidad conformación de la junta, las fijaciones son ocultas.

Posibilidad de montaje en vertical y horizontal.

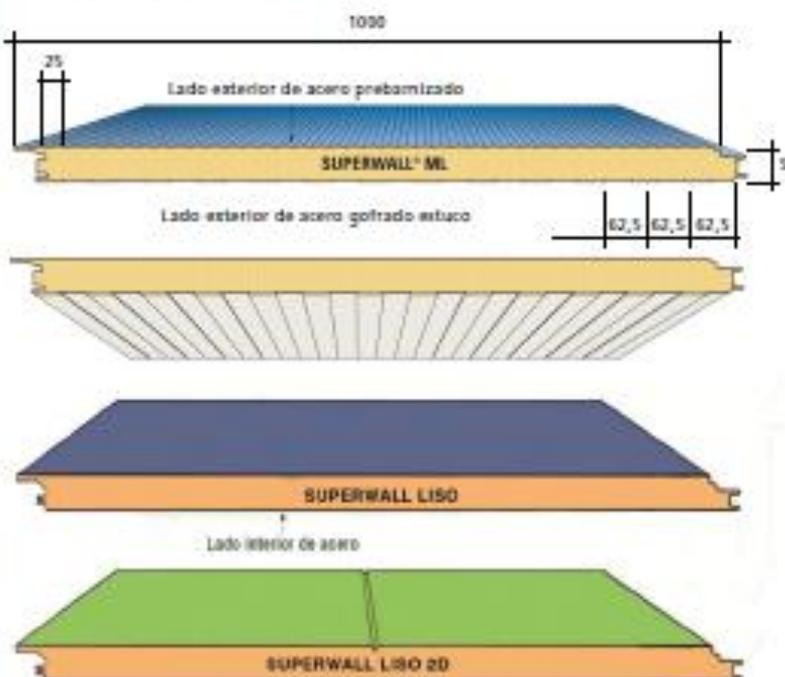


TABLA DE LAS CARGAS ADMISIBLES

Las luces  $l$  en metros correspondientes a las sobrecargas  $p$  (de  $N/m^2$ ) uniformemente distribuidas, han sido obtenidas por pruebas de carga efectuadas en los laboratorios de Melcover y garantizan simultáneamente una flecha  $f/1000$  y un coeficiente de seguridad conforme con cuando prescrito por las normas UNE-EN correspondientes a los paneles sandwich que han sido elaboradas y son aplicadas por las principales entidades certificadoras europeas.

S mm	K		Peso panel kg/m <sup>2</sup> 0,6 - 0,8	f =	p (kN/m <sup>2</sup> )					p (kN/m <sup>2</sup> )				
	Kcal m/h °C	W/m <sup>2</sup> °C			60	80	100	120	150	60	80	100	120	150
40	0,43	0,50	9,00	f =	2,25	2,35	2,45	2,55	2,65	3,25	3,30	3,35	3,40	3,45
50	0,35	0,41	10,34	f =	4,05	3,90	3,75	3,60	3,45	3,60	3,35	3,10	2,85	2,60
60	0,28	0,34	10,72	f =	4,50	4,15	3,80	3,45	3,05	3,95	3,70	3,45	3,15	2,75
70	0,25	0,29	11,10	f =	4,90	4,45	4,05	3,75	3,40	4,30	3,95	3,65	3,30	2,85
80	0,22	0,26	11,48	f =	5,30	4,75	4,30	3,95	3,60	4,70	4,35	3,95	3,50	3,00
100	0,18	0,21	12,20	f =	5,90	5,25	4,85	4,40	3,75	5,10	4,65	4,20	3,80	3,35
120	0,15	0,18	13,05	f =	6,30	5,60	5,25	4,85	4,30	5,75	5,30	4,70	4,30	3,85

## Revestimiento madera werzalit

### Óptimamente estructurado: el perfil de fachada Selektá

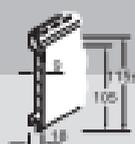
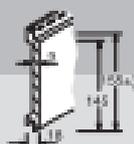
El perfil de fachada Selektá de Werzalit le brinda la máxima flexibilidad y libertad de diseño. Tanto en vertical, diagonal o horizontal - se puede colocar en todas las direcciones. La superficie del perfil está disponible en tonos de madera y vetados naturales o barnizado acabado con estructura de poros en más de 50 tonalidades de color.

#### Datos técnicos

Perfil de fachada	Selektá 155/1	Selektá 115/1
Anchura de cubrimiento	155 mm (+1/-2)	115 mm (+1/-2)
Longitud de cubrimiento	más. 5400 mm	más. 5400 mm
Material necesario/m <sup>2</sup>	6,45 metros lineales	8,7 metros lineales
Grosor en estado colocado	aprox. 19 mm	aprox. 19 mm
Variantes de ejecución	B2*, B1***	B2*
Superficie	Estructura de poros, coloración acabada o recubrimiento de decoración	

\* Estándar - inflamabilidad normal

\*\*\* A petición también con inflamabilidad reducida





Cabeza mínima superficie de acrílico con estructura de madera de pino S2 en 10 colores

Delapan Plus: resistentes a los rayos UV y resistente a la intemperie en un total de 4 decoloraciones de madera

Colocación horizontal, vertical y diagonal; también indicado para las vigas desde abajo del tejado

Estructuras distancias de fijación de hasta más. 675 mm

Unión de ranura- lengüeta lista para el montaje

Sumos de fijación preparados para tornillos de fijación de 3,8 x 12 mm

También posible como unión de solapa en combinación con el gambo de solapadura de tablas 3x7

Disponibles como sistema de colocación completa, inclusive aserradas con perfiles de complemento, perfiles de unión de tejado y perfiles de rebaje del tejado



Estructura de pino Cabeza Plus



Decoloración de madera Delapan Plus



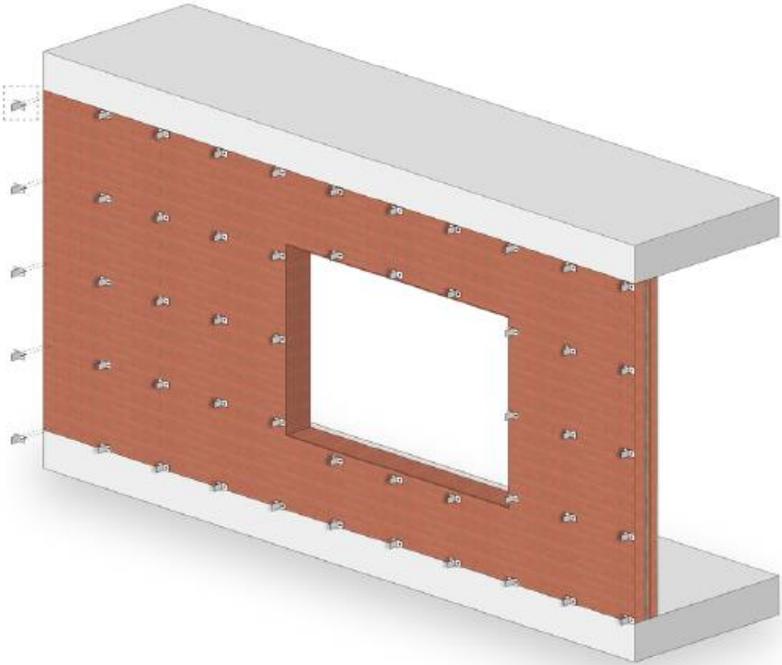
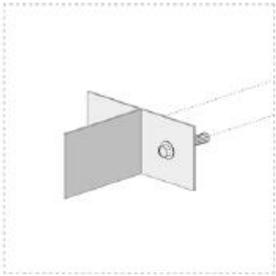
Junta de lapera lista



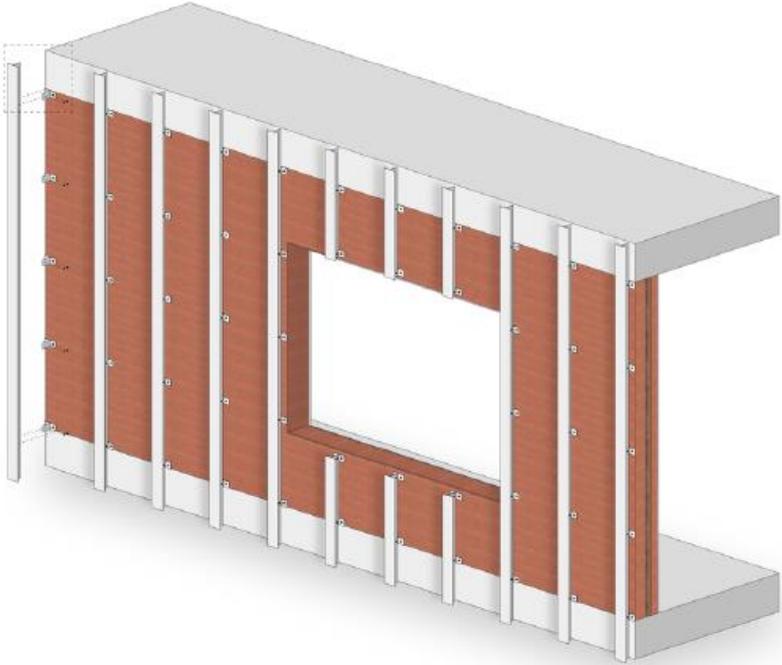
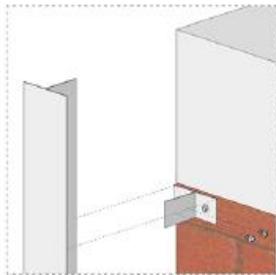
Colocación horizontal, vertical y diagonal

# Fachada Zinculine

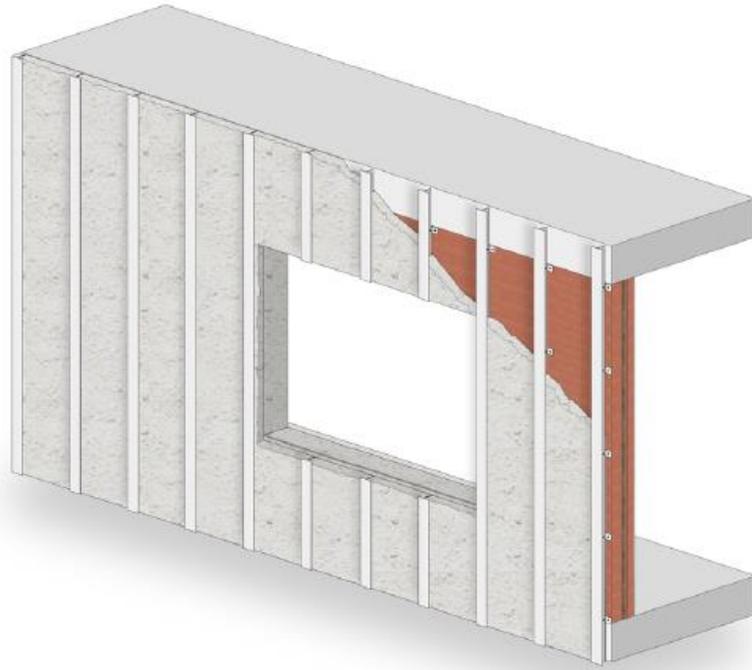
1. Colocación y fijación de grupos de aluminio a muro resistente. Separación vertical entre 80-120cm. Detalle grapa y tornillería.



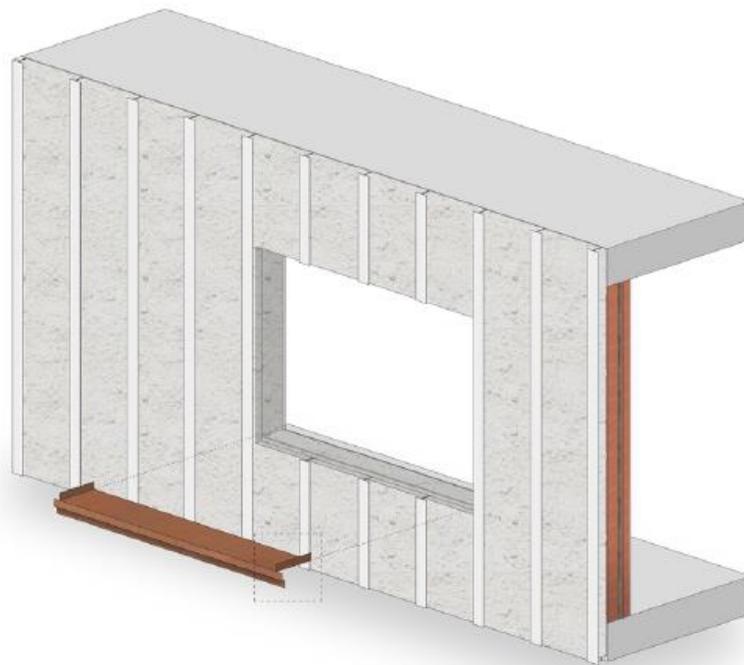
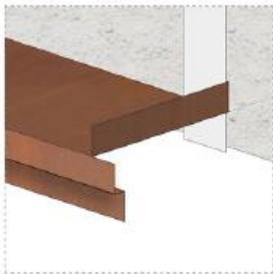
2. Colocación y fijación de perfiles omega de aluminio. Separación aproximada 60cm. Detalle perfil omega y tornillería.



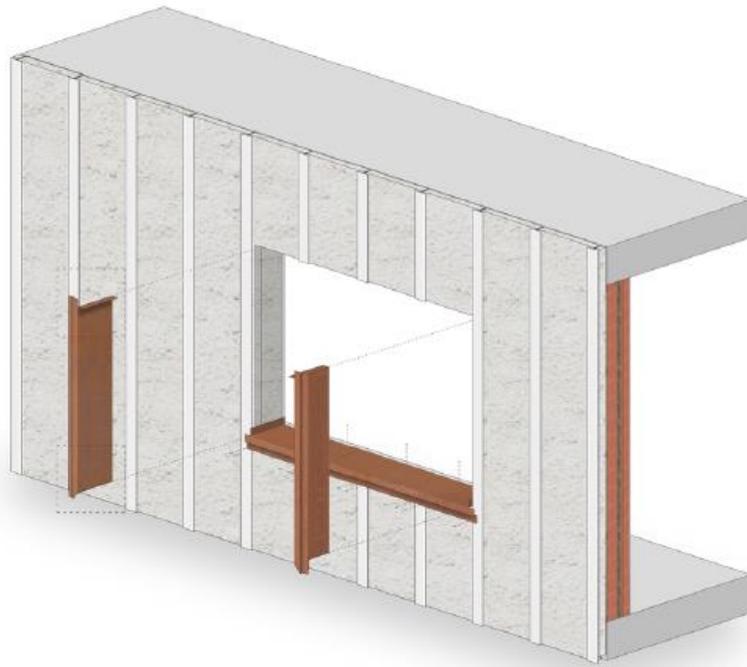
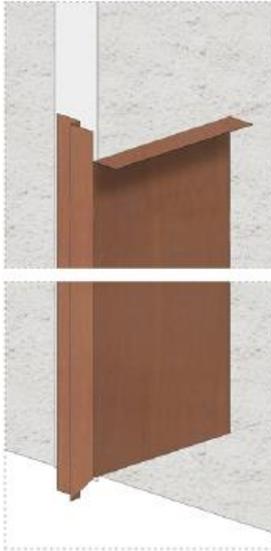
3. Proyecto de aislante para impedir puentes térmicos.



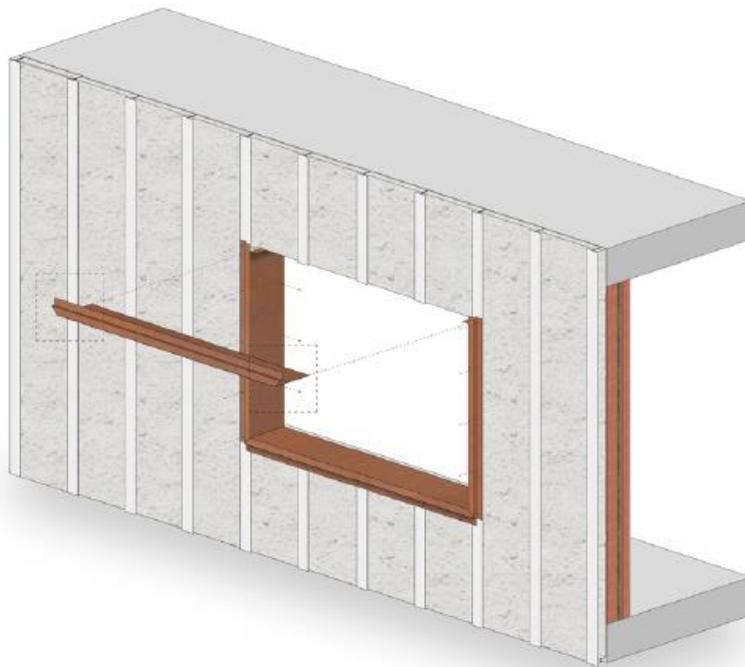
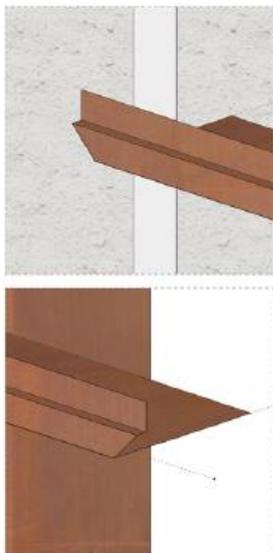
4. Colocación pieza remate vierteaguas.  
Detalle de doblado para encuentro con jamba.



5. Colocación pieza remate jambas.  
Detalle de doblado para encuentro con dintel, detalle de corte a inglete o 45° para encuentro con vierleaguas.



6. Colocación pieza remate dintel.  
Detalle de inglete a 45° para encuentro con jambas.



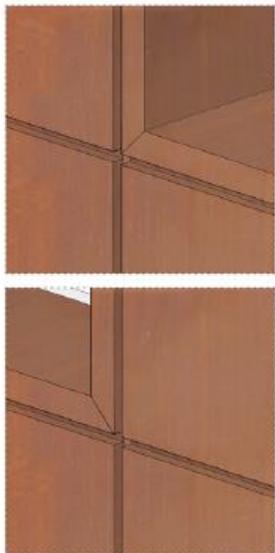
7. Colocación bandejas de zinc con núcleo de poliestireno expandido, e.25mm.

Detalle encuentro jamba-dintel. Detalle en-  
gastillado bandeja inferior -bandeja superior.



8. Resultado final.

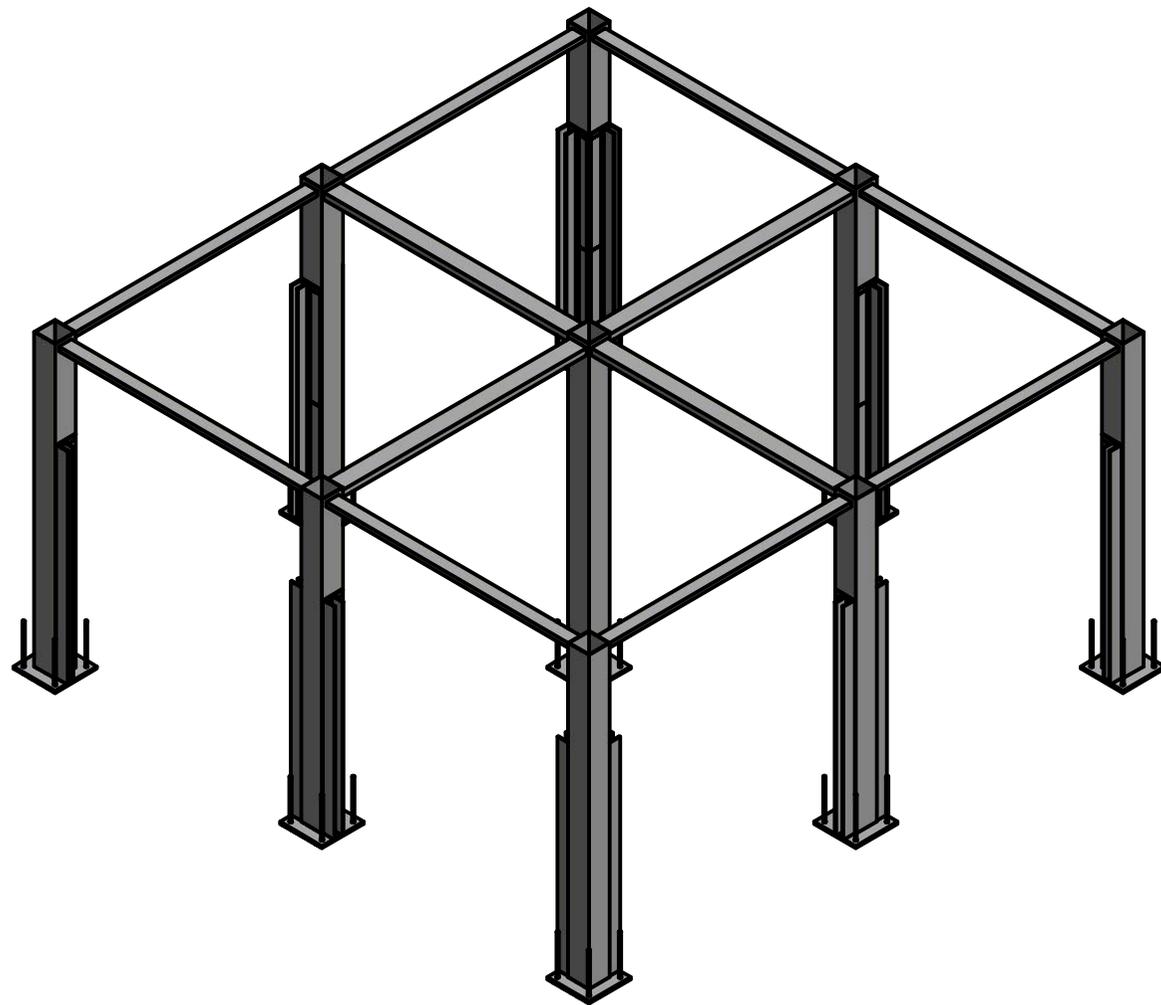
Detalle encuentros jambas-vierteen-  
guas.



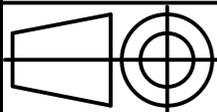
## Fachada pesada de panel de concreto armado

<p>Montaje</p> <p><input checked="" type="radio"/> Horizontal (el montaje horizontal se emplea, generalmente, en construcciones de gran perímetro, dado que reduce el tiempo de ejecución de la obra)</p> <p><input type="radio"/> Vertical (el montaje vertical es habitual cuando por diseño o funcionalidad se requiere una altura importante)</p>	<p>Tipo</p> <p><input checked="" type="radio"/> Liso</p> <p><input type="radio"/> Liso aligerado</p> <p><input type="radio"/> Nervado</p> <p><input type="radio"/> Nervado aligerado</p>	<p>Puntales</p> <p>Número de puntales (ud/m<sup>2</sup>) <input type="text" value="2.0"/></p> <p>Número de usos <input type="text" value="50"/></p>
	<p>Espesor del panel (cm)</p> <p><input checked="" type="radio"/> 12 <input type="radio"/> 14 <input type="radio"/> 16</p>	<p>Tablones de madera</p> <p>Número de usos <input type="text" value="4"/></p>
	<p>Acabado</p> <p><input checked="" type="radio"/> Liso de color blanco</p> <p><input type="radio"/> Liso de color</p> <p><input type="radio"/> Liso de color gris</p> <p><input type="radio"/> Lavado con ácido de color blanco</p> <p><input type="radio"/> Lavado con ácido de color</p> <p><input type="radio"/> Lavado con ácido de color gris</p>	

**APÉNDICE D**  
**PLANOS ESQUEMÁTICOS**



Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.



Dibujado por:

Luis Zambrano  
María Cando

Fecha

31/08/2016

Aprobado por:

PhD Guillermo Soriano

**ESPOL**

Escala:

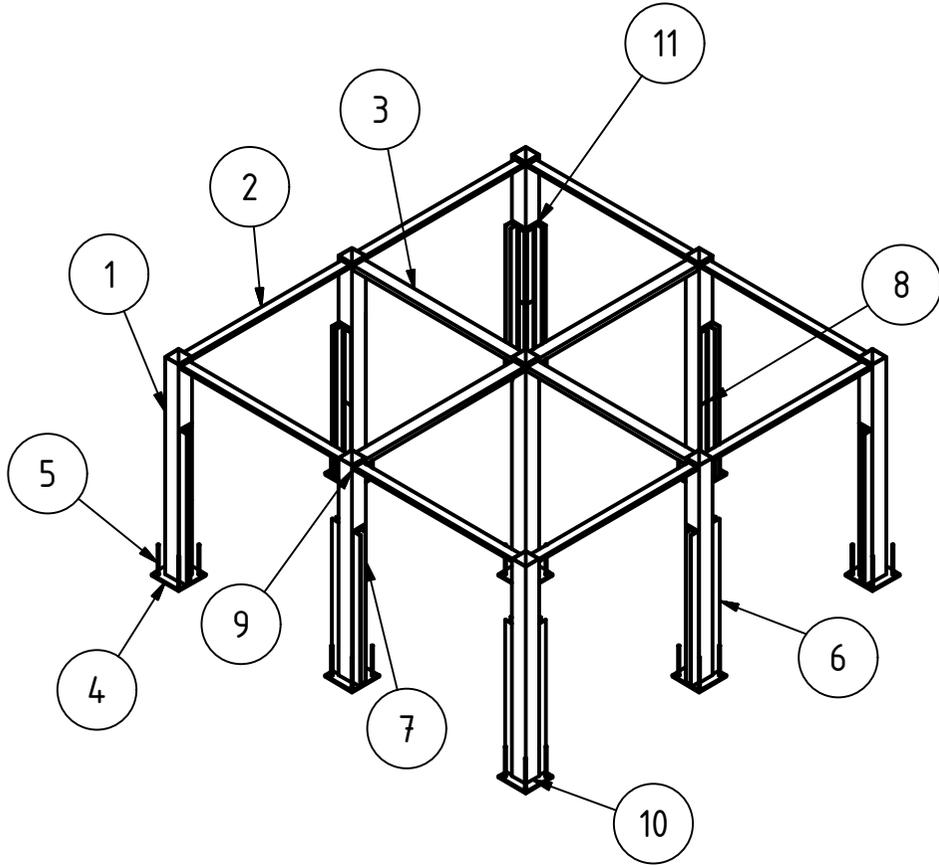
**1:65**

Unidades  
Milímetros

**VISTA GENERAL**

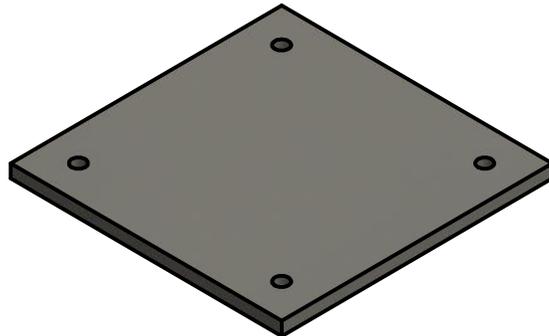
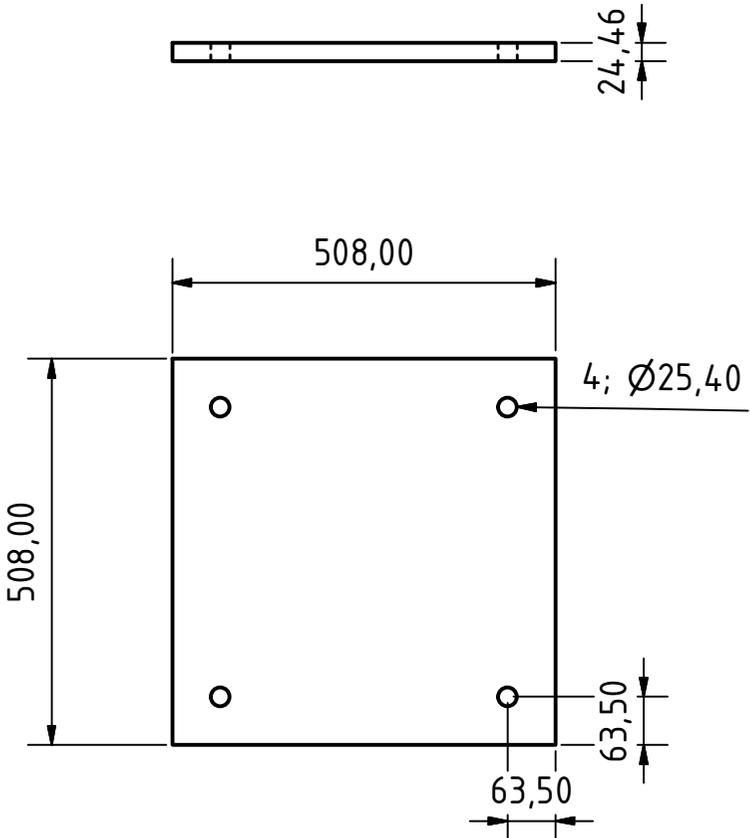
Plano No.

**1**



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	CTDAD
1	HSS 10x10x3/16	9
2	HSS 6x2x1/8	8
3	HSS 8x3x1/8	4
4	PLACA BASE	9
5	PERNO DE ANCLAJE	36
6	MARCO SUJETADOR 1	18
7	MARCO SUJETADOR 2	18
8	PASADOR	27
9	UNIÓN COLUMNA-VIGA	24
10	UNIÓN COLUMNA-PLACA BASE	9
11	UNIÓN COLUMNA-MARCO	18

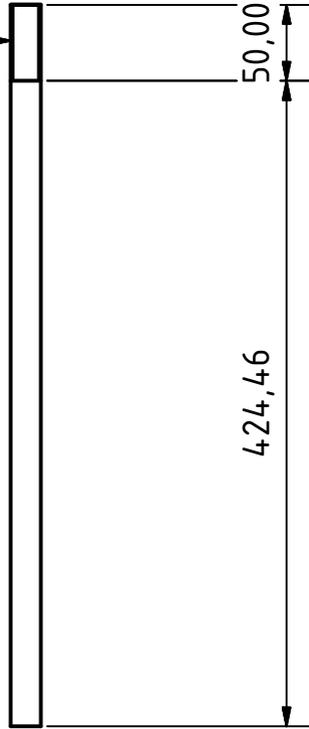
Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.			
	Dibujado por:	Luis Zambrano María Cando	Fecha 31/08/2016
	Aprobado por:	PhD Guillermo Soriano	
Escala: <b>1:100</b>	Unidades Milímetros	<b>VISTA DETALLADA</b>	
			Plano No. <b>2</b>



Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.			
	Dibujado por:	Luis Zambrano María Cando	Fecha 31/08/2016
	Aprobado por:	PhD Guillermo Soriano	
Escala: <b>1:10</b>	Unidades Milímetros	<h1>PLACA BASE</h1>	
			Plano No. <b>3</b>

**ESPOL**

M20x2.5 - 6g



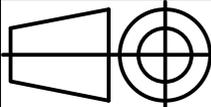
424,46

50,00



Ø20,00

Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.



Dibujado por:

Luis Zambrano  
María Cando

Fecha

31/08/2016

Aprobado por:

PhD Guillermo Soriano

ESPOL

Escala:

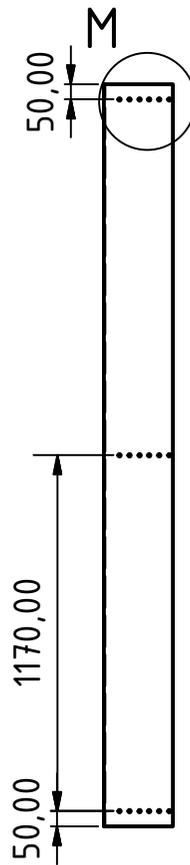
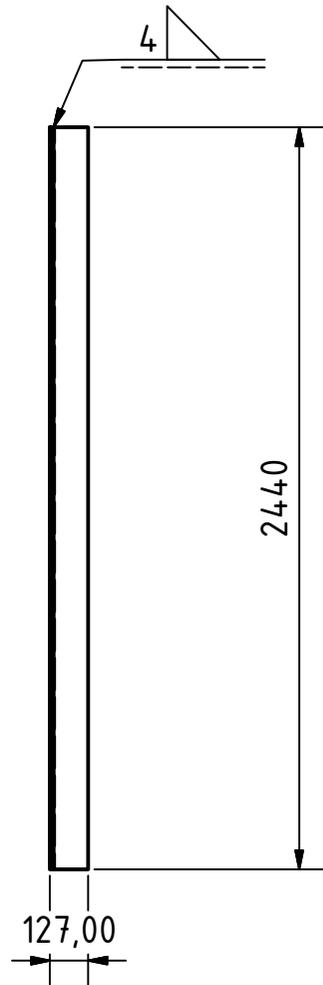
1:5

Unidades  
Milímetros

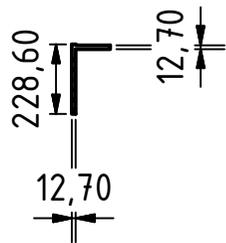
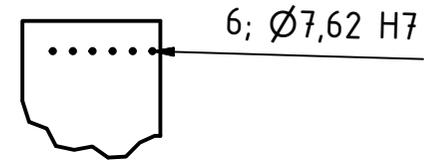
PERNO DE ANCLAJE

Plano No.

4

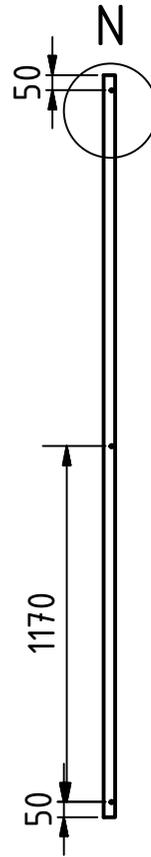
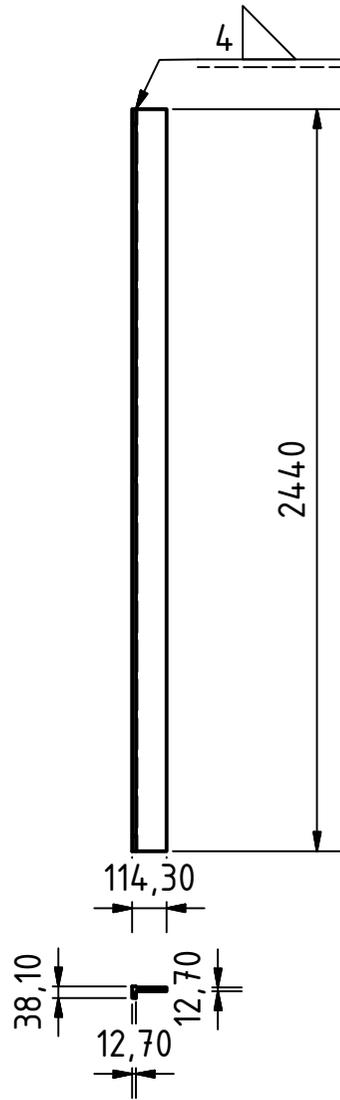


VISTA M

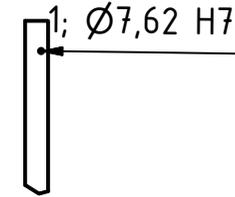


Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.			
	Dibujado por:	Luis Zambrano María Cando	Fecha 31/08/2016
	Aprobado por:	PhD Guillermo Soriano	
Escala: <b>1:25</b>	Unidades Milímetros	<b>MARCO SUJETADOR 1</b>	Plano No. <b>5</b>

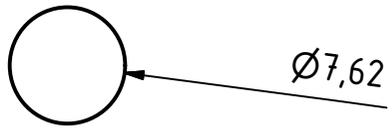
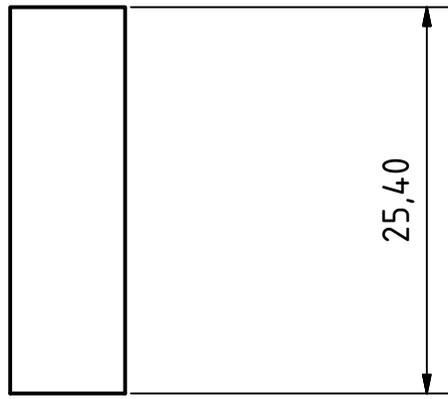
**ESPOL**



VISTA N



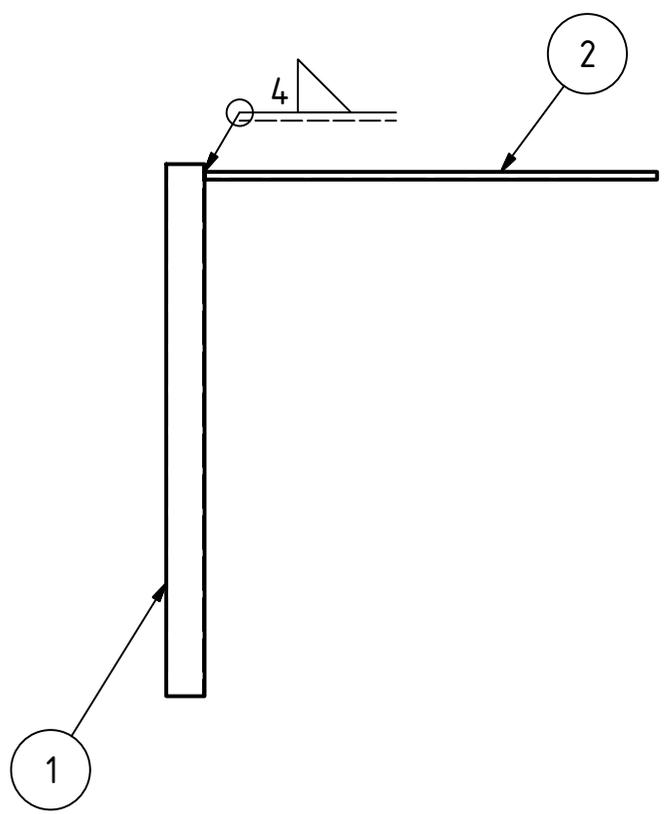
Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.			
	Dibujado por:	Luis Zambrano María Cando	Fecha 31/08/2016
	Aprobado por:	PhD Guillermo Soriano	
Escala: <b>1:25</b>	Unidades Milímetros	<b>MARCO SUJETADOR 2</b>	Plano No. <b>6</b>



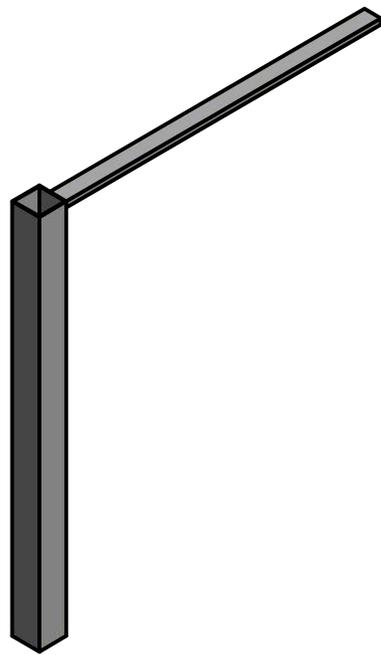
Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.			
	Dibujado por:	Luis Zambrano María Cando	Fecha 31/08/2016
	Aprobado por:	PhD Guillermo Soriano	
Escala: <b>2:1</b>	Unidades Milímetros	<b>PASADOR</b>	
			Plano No. <b>7</b>

**ESPOL**

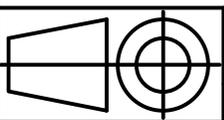
**7**



LISTA DE PIEZAS	
ELEMENTO	Nº DE PIEZA
1	HSS 10x10x3/16
2	HSS 6x2x1/8



Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.



Dibujado por:  
Aprobado por:

Luis Zambrano  
María Cando  
PhD Guillermo Soriano

Fecha  
31/08/2016

**ESPOL**

Escala:  
**1:50**

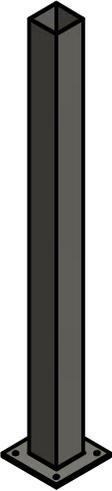
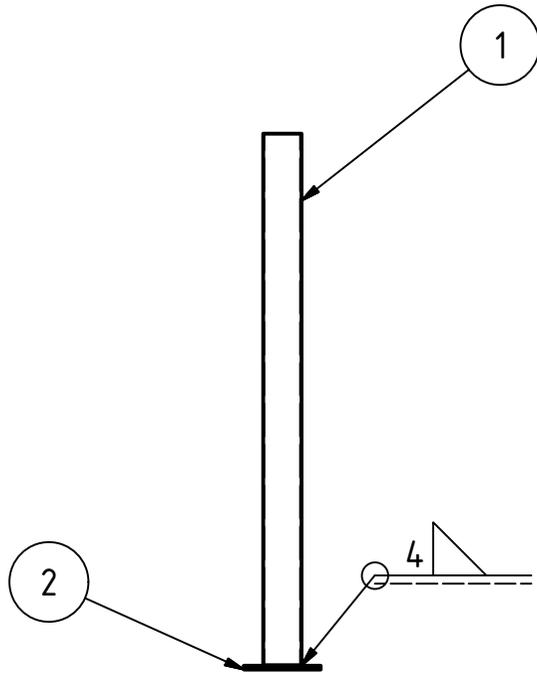
Unidades  
Milímetros

**UNIÓN SOLDADA VIGA-COLUMNNA**

Plano No.  
**8**

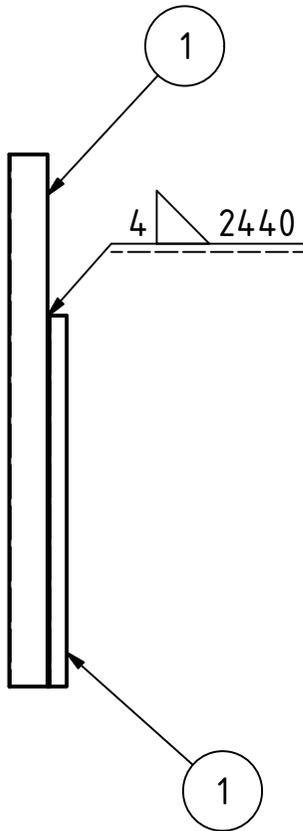


LISTA DE PIEZAS	
ELEMENTO	Nº DE PIEZA
1	HSS 10x10x3/16
2	Placa Base



Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.			
	Dibujado por:	Luis Zambrano María Cando	Fecha 31/08/2016
	Aprobado por:	PhD Guillermo Soriano	
Escala: <b>1:50</b>	Unidades Milímetros	<b>UNIÓN SOLDADA PLACA-COLUMNA</b>	
			Plano No. <b>9</b>

ESPOL

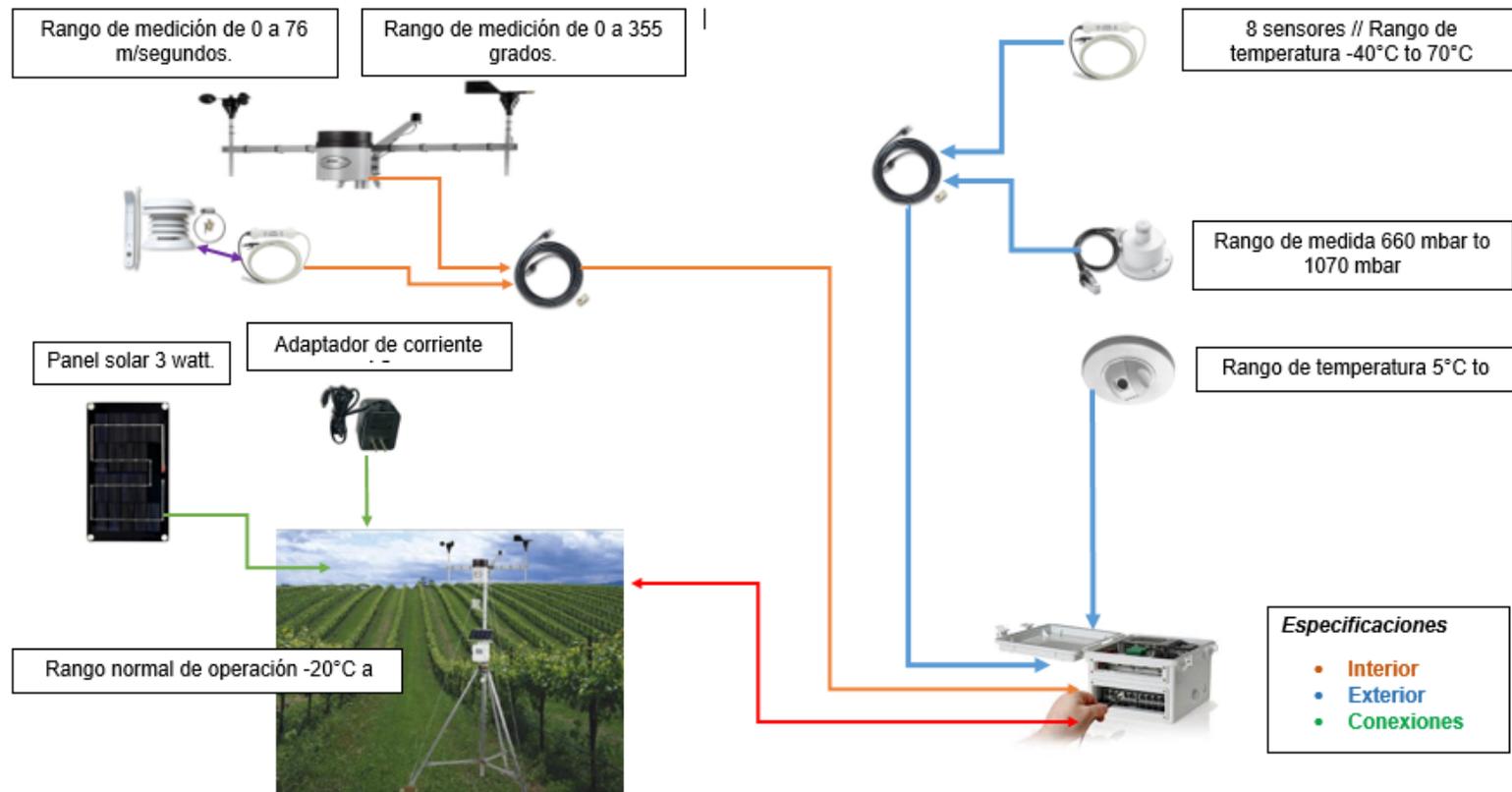


LISTA DE PIEZAS	
ELEMENTO	Nº DE PIEZA
1	HSS 10x10x3/16
2	Marco Sujetador

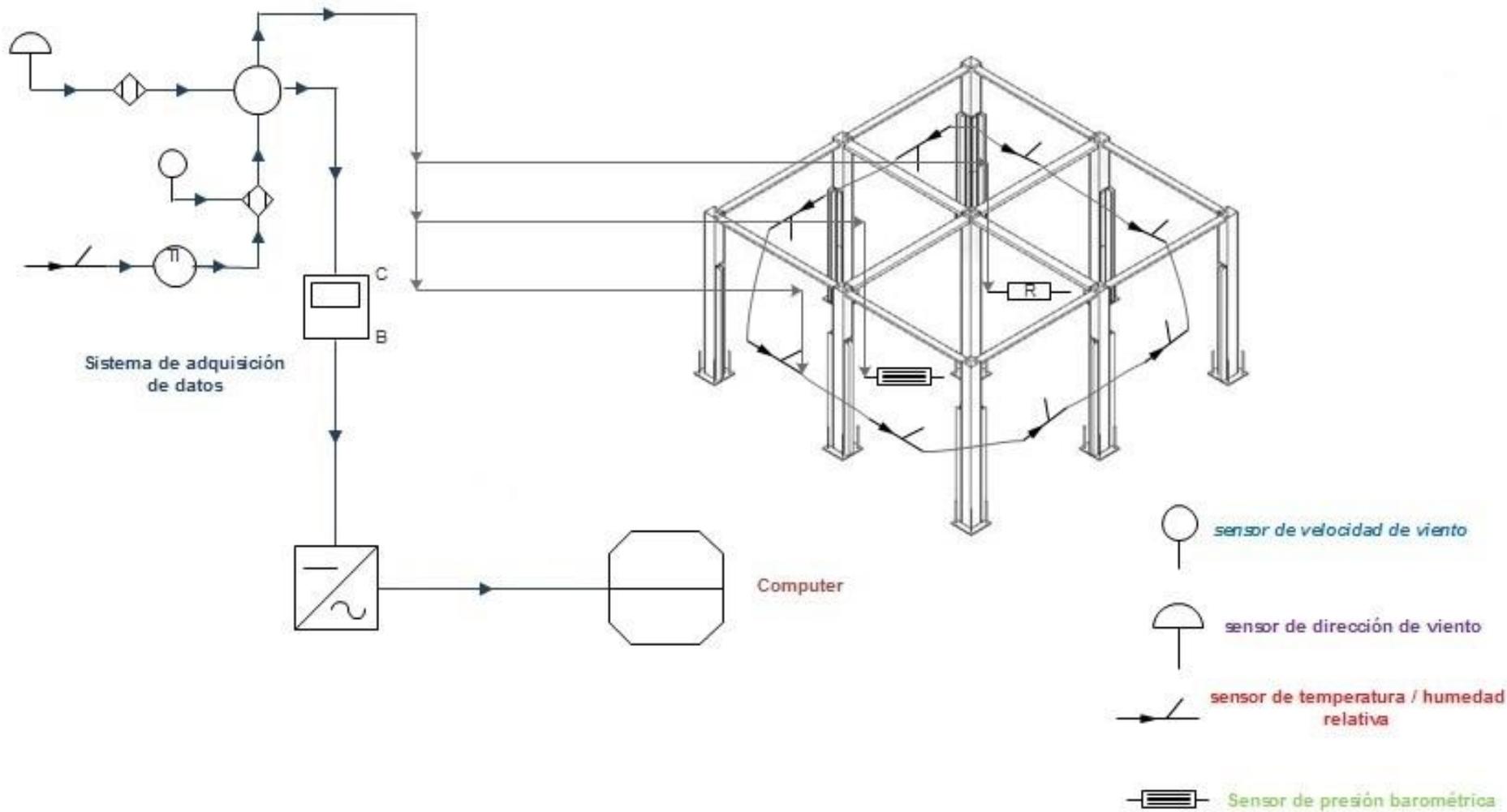


Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.			
	Dibujado por:	Luis Zambrano María Cando	Fecha 31/08/2016
	Aprobado por:	PhD Guillermo Soriano	
Escala: <b>1:50</b>	Unidades Milímetros	<b>UNIÓN SOLDADA MARCO-COLUMNNA</b>	
			Plano No. <b>10</b>

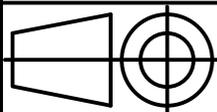
ESPOL



Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensambles de envolventes para edificaciones locales.			
	Dibujado por:	Luis Zambrano María Cando	Fecha 31/08/2016
	Aprobado por:	PhD Guillermo Soriano	
Escala: <b>1:1</b>	Unidades Milímetros	<b>ESQUEMA DE TRANSDUCTORES</b>	
			Plano No. <b>11</b>



Proyecto Integrador: Diseño de un banco de prueba para evaluar el comportamiento térmico dinámico en ensamblajes de envolventes para edificaciones locales.



Dibujado por:

Luis Zambrano  
María Cando

Fecha

31/08/2016

Aprobado por:

PhD Guillermo Soriano

**ESPOL**

Escala:

**1:1**

Unidades  
Milímetros

**PLANO DE TRANSDUCTORES**

Plano No.

**12**