



**Universidad  
de Holguín**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS  
ESCENARIOS DE RIESGO DE VIVIENDAS CON CUBIERTA  
LIGERA ANTE FUERTES VIENTOS**

**Autor: Dionis Ramón Barriento Hernández**

**Holguín 2022**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS  
ESCENARIOS DE RIESGO DE VIVIENDAS CON CUBIERTA  
LIGERA ANTE FUERTES VIENTOS**

**Autor: Dionis Ramón Barriento Hernández**  
**Tutor: M.Sc. Anabel Reyes Ramírez, Prof. Asistente**

**Holguín 2022**

# PENSAMIENTO

Mi hogar es mi refugio, una pieza de arquitectura emocional, no un lugar frío de convivencia.

Luis Barragán, 2013

## **DEDICATORIA**

Esta investigación está dedicada a mi hija y mi esposa por ser mi motor impulsor, a mi madre que me cuida desde el cielo y me guía siempre, a mis abuelos por hacer de mí el hombre que soy hoy en día, por inculcarme buenos valores y motivarme a convertirme en un profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi esposa por su apoyo incondicional.

A mi mamá que desde el cielo me cuida.

A mis abuelos por dedicarme todo su amor.

A toda mi familia en sentido general.

A mi tutora MsC. Anabel Reyes Ramírez, de quien he aprendido mucho en este tiempo que he trabajado con ella.

Al Ing. Fernando Gabino Li Fernández por darme su apoyo y brindarme sus conocimientos cuando lo he necesitado.

A mis compañeros de aula por brindarme su amistad en estos seis años de la carrera.

A mi gran vecina María y su hija Diana que me han brindado siempre su apoyo incondicional.

A todos les estoy eternamente agradecido.

## **INDICE**

INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO DE LA VULNERABILIDAD DE LA CUBIERTA LIGERA ANTE VIENTOS EXTREMOS</b>	
1.1 Surgimiento y evolución de la cubierta ligera	7
1.1.1 Antecedentes históricos de las principales cubiertas de la vivienda en Cuba	8
1.2 Características de la cubierta ligera	10
1.3 Variable “Exposición” en los estudios de riesgos	16
1.4 Experiencias de estudios realizados de la vulnerabilidad de la cubierta ligera ante vientos extremos	22
1.5 Método Kano	30
1.6 Conclusiones parciales	37
<b>CAPÍTULO 2: PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO DE VIVIENDAS CON CUBIERTA LIGERA ANTE FUERTES VIENTOS UTILIZANDO EL MÉTODO KANO</b>	
2.1 Concepciones metodológicas para la elaboración del procedimiento	38
2.2 Procedimiento para la evaluación de los escenarios de riesgo de viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos utilizando el método Kano	40
2.2.1 Definición de los requerimientos funcionales para la caracterización de los escenarios de riesgos	42
2.2.2 Aplicación del método Kano	42
2.3 Conclusiones parciales	50
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	<b>51</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>52</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS</b>	

## **RESUMEN**

La región del Caribe, el Golfo de México y principalmente nuestro país son zonas de alta vulnerabilidad ante huracanes de altas categorías. Con el aumento de las temperaturas producto al calentamiento global que ha producido el cambio climático, la cantidad de huracanes que se han formado en el área del Caribe ha aumentado. Sin embargo, en nuestro país no se dispone de un análisis de las variables fundamentales que se deben tener en cuenta en los modelos de los diferentes escenarios de riesgos de las viviendas con cubierta ligera, ante el efecto de fuertes vientos. Por tanto, el objetivo de la presente tesis es identificar, a través del método Kano, las variables (desde el punto de vista cualitativo) más relevantes que se deben utilizar para una modelación computacional de los diferentes escenarios de riesgos en el país. Se utilizó el método Kano como herramienta principal de análisis de la información requerida. Se obtuvo como resultado un procedimiento para la evaluación de los escenarios de riesgo de viviendas utilizando cubierta ligera ante fuertes vientos con el método Kano.

## **ABSTRACT**

The Caribbean region, the Gulf of Mexico and mainly our country are areas of high vulnerability to high category hurricanes. With the increase in temperatures due to global warming caused by climate change, the number of hurricanes that have formed in the Caribbean area has increased. However, in our country there is no analysis of the fundamental variables that must be considered in the models of the different risk scenarios of houses with light roofs, given the effect of strong winds. Therefore, the objective of this thesis is to identify, through the Kano method, the most relevant variables (from a qualitative point of view) that should be used for a computational modeling of the different risk scenarios in the country. The Kano method was used as the main tool for analyzing the required information. As a result, a procedure was obtained for the evaluation of the risk scenarios of houses using light roofs against strong winds with the Kano method.

## INTRODUCCIÓN

La región del Caribe, el Golfo de México y principalmente nuestro país son zonas de alta vulnerabilidad ante huracanes de altas categorías. Con el aumento de las temperaturas producto al calentamiento global que ha producido el cambio climático, la cantidad de huracanes que se han formado en el área del Caribe ha aumentado. Durante el azote de estos en los últimos años en nuestro país, las viviendas sufrieron grandes daños, siendo uno de los renglones más golpeados por dicho fenómeno natural.

La cubierta ligera es el elemento más vulnerables durante la ocurrencia de estos fenómenos, su colapso genera un gran peligro para la vida de los habitantes de estas viviendas, así como un alto impacto económico y social. Los techos y cubiertas son los elementos constructivos más afectados hoy en día por la falta de estanqueidad, el uso inadecuado y el deterioro por la antigüedad de los elementos o la falta de mantenimiento.

A pesar de ser una solución económica para el techado de viviendas y obras industriales, sus características físicas geométricas y vibratorias, las vuelven susceptibles a entrar en resonancia aún con vientos de poca velocidad, convirtiéndolas en blancos para huracanes y tormentas tropicales, aún más en países como Cuba, con una intensa actividad ciclónica (Reyes-Ramírez, 2017; Reyes-Ramírez, Almaguer-Zaldivar, & Estrada-Cingualbres, 2020; Reyes-Ramírez & R.A., 2017b).

Otro elemento que influye en esta situación ha sido recurrir a modos de construcción más baratos y por ende más rápidos para solucionar el agudo déficit de viviendas que tenemos que se incrementa también debido a los desastres naturales. Estos elementos, de los cuales el más expuesto son las cubiertas, ya sean de fibrocemento, estructuras metálicas, tejas criollas o papel de techo, son especialmente vulnerables ante fuertes vientos (Abd Elraouf, Elmokadem, Megahed, Abo Eleinen, & Eltarabily, 2022; ACS, 2003; Agnisarman et al., 2022).

Uno de los aspectos importantes que se investigan hoy en día están relacionados con la acción del viento. Son diversas las investigaciones relacionadas con esta temática. En las últimas décadas los ordenadores de alta capacidad de proceso y sofisticados programas de simulación han permitido a los investigadores producir modelos

numéricos capaces de describir, con alto nivel de exactitud, el comportamiento de los vientos extremos. Estos avances permitieron la aparición de lo que hoy se conoce como (Computational Wind Engineering, CWE), que no es más que la aplicación de métodos computacionales para estudiar y resolver los problemas relacionados a la ingeniería del viento (Amaya & Cozz, 2012; Apcarian, 2016; Asghari, Irwin, & Chowdhury, 2014; Baker, 2007; Bitsuamlak, Gan Chowdhury, & Warsido, 2013; Brozovsky, Simonsen, & Gaitani, 2021; Reyes-Ramírez, 2017; Reyes-Ramírez & R.A., 2017a; Reyes-Ramírez, R.A., & Pérez-Rodríguez, 2019; Reyes-Ramírez, R.A., Pérez-Rodríguez, & Lengarán-Ávila, 2018).

En la actualidad, a nivel mundial, ya se han alcanzado importantes resultados, fundamentalmente en la modelación de diversos tipos de estructuras sometidas al viento. Tal es el caso de los estudios iniciados por Davenport en 1972 y continuados por (Isyumov, 2012), (Habte, Asghari, Irwin, & Chowdhury, 2015b; Habte, Chowdhury, & Irwin, 2015), y (Chen & Kareem, 2000). En general estos autores han analizado el efecto de las fuerzas aerodinámicas, logrando reducir la presión del viento sobre la cubierta a través de pequeñas modificaciones en la geometría de las esquinas. Igualmente Kopp (Doddipatla & Kopp, 2021; Guo, Wu, & Kopp, 2021; Hao, Kopp, Wu, & Gillmeier, 2020; Jaffe & Kopp, 2021; Kopp & Wu, 2020; Kwan & Kopp, 2021; Miller, Kopp, & Morrison, 2020; Wang & Kopp, 2021; Zhao, Ge, & Kopp, 2022) estudiaron la supresión de los vórtices en cubiertas planas para reducir las presiones, mediante ensayos en los túneles de viento de la Universidad de Western Ontario en Canadá.

Debido a estas razones, en el contexto nacional, el Centro de Estudios de Diseño y Manufactura Asistido por Computadora (CAD/CAM) de la Universidad de Holguín, ha llevado a cabo varias investigaciones (Reyes-Ramírez, 2017; Reyes-Ramírez et al., 2020; Reyes-Ramírez & R.A., 2017a, 2017b; Reyes-Ramírez, R.A., & Pérez-Rodríguez, 2019; Reyes-Ramírez et al., 2018) con el objetivo de analizar mediante simulaciones numéricas, el comportamiento de la cubierta ligera ante el efecto de vientos extremos.

Con la actualización recientemente de la norma cubana de viento NC-285, se hace necesario realizar una evaluación de la resistencia de estos elementos, utilizando los

aspectos técnicos que plantea esta nueva norma, según los coeficientes establecidos. Es importante además, tener en cuenta el carácter dinámico de este fenómeno natural. El viento por naturaleza, es un fenómeno estocástico, no determinístico, debido al comportamiento errático y aleatorio de sus variables características: intensidad, fuerza, duración, frecuencia, dirección y velocidad. Cada una de ellas varía su comportamiento con respecto al tiempo, dándole un carácter estrictamente dinámico al estudio de este fenómeno natural. Para desarrollar esta investigación es necesario conocer con exactitud y nivel de precisión el comportamiento de cualquier circunstancia respecto al tiempo .

Estos estudios realizados anteriormente, señalan la necesidad de incluir en nuevos estudios, la influencia de los factores externos en la evaluación de los riesgos de la cubierta ligera en viviendas ubicadas en terrenos de diferentes características topográficas, o en entornos con particularidades que repercuten en el comportamiento del viento en el momento de la ocurrencia de un evento de esta naturaleza.

El Centro de Estadísticas de la provincia Holguín, en el Censo de Población y Vivienda (CPV) realizado en el año 2012 muestra que, el 51 % de las viviendas de la ciudad de Holguín tienen cubiertas ligeras (Reyes-Ramírez, 2017). A pesar de que esta cifra es indudablemente preocupante para el territorio, por el alto índice de vulnerabilidad que representa, no se cuenta con una caracterización real y precisa de la cubierta ligera empleadas en la construcción de viviendas y obras industriales.

El presente trabajo pretende desarrollar un procedimiento que facilite en la etapa de diseño, la evaluación de los riesgos de las viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos.

## **PROBLEMA DE LA INVESTIGACION**

¿Cómo contribuir a la evaluación de los escenarios de riesgos de las viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos?

## **OBJETO DE ESTUDIO**

Las viviendas con cubiertas ligeras.

## **CAMPO DE ACCIÓN**

Los escenarios de riesgo de las viviendas con cubiertas ligeras.

## **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un procedimiento para la evaluación de los escenarios de riesgos de las viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos utilizando el método Kano, que contribuya en la toma de decisiones para reducir su vulnerabilidad

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Analizar los antecedentes del surgimiento y evolución de las cubiertas ligeras como elementos de construcción.
2. Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos que caracterizan los escenarios de riesgo ante fuertes vientos.
3. Calificar las variables de exposición mediante el método Kano.
4. Elaborar un procedimiento para la evaluación de los escenarios de riesgos de las viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos.

## **HIPÓTESIS**

Al desarrollar un procedimiento que permita evaluar los requerimientos de los escenarios de riesgos de las viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos con el método Kano, se podrá contar con un instrumento en la toma de decisiones para reducir su vulnerabilidad.

## **MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

### **Teóricos:**

**Histórico - Lógico:** Usado para describir el desarrollo e impacto de la problemática que se pretende estudiar.

**Inductivo - Deductivo:** Descrito para lograr mediante la inducción y el análisis la visión categórica de los hechos que sirven de sustento a la tesis.

**Sistémico - Estructural:** Permitted analizar el objeto como un sistema y comprender la estructura que lo conforma.

### **Empíricos:**

**Análisis documental:** Se centra en el análisis de los documentos y de las diversas fuentes de información que sirven de apoyo a los procesos investigativos.

**Entrevista:** Desarrollada para obtener criterios sobre las variables y la calidad del procedimiento de evaluación. Mediante intencional estratificado se decidió que fueran entrevistados aquellos especialistas más prominentes en la materia de acuerdo de acuerdo a su experiencia en el tema.

**Observación Científica:** Para observar el fenómeno de estudio y sus variables.

### **Estadísticos:**

**Estadística descriptiva:** Para describir el procedimiento empleado en el procesamiento matemático de la encuesta

**Estadística matemática:** Se utiliza a través del método Kano para clasificar las variables

### **Matemáticos:**

**Análisis Porcentual:** Usado para conocer matemáticamente el criterio de las unidades de observación.

## **APORTE**

El aporte de la investigación radica en la elaboración de un procedimiento que contribuye a evaluar la vulnerabilidad de las viviendas con cubiertas ligeras al utilizar el método Kano como herramienta de análisis.

## **NOVEDAD**

El procedimiento tiene en cuenta la influencia de los escenarios de riesgos en la evaluación de la vulnerabilidad de las viviendas con cubiertas ligeras, para luego ser utilizado en el SolidWorks.

## **ESTRUCTURA CAPITULAR**

El trabajo de diploma consta de introducción, dos capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos. En el primero se aborda el surgimiento histórico y evolución de la cubierta ligera como elemento constructivo en Cuba, así

como la caracterización de los escenarios de riesgo ante vientos extremos. El segundo capítulo dispone de la evaluación de las variables características y por último, se plantea el procedimiento que permite la evaluación de los distintos escenarios de riesgos de las viviendas con cubiertas ligeras, ante fuertes vientos.

## **CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO DE LA VULNERABILIDAD DE LA CUBIERTA LIGERA ANTE VIENTOS EXTREMOS**

En el presente capítulo se estudian los fundamentos teóricos y metodológicos que caracterizan la construcción de viviendas con cubierta ligera. Se analizan los estudios y experiencias internacionales y nacionales entorno al objeto de estudio. Se analiza el método como Kano como herramienta para usar en la investigación.

### **1.1 Surgimiento y evolución de la cubierta ligera**

Desde tiempos remotos el hombre ha tenido la necesidad de refugiarse y protegerse del medio, los agentes climatológicos, los animales y de otros hombres. Esta preocupación fue haciéndose más consciente cada día, lo que lo obligó a realizar construcciones rudimentarias, dotadas de cubiertas que fueran eficientes. Para ello recurre a lo que encuentra en su medio natural: ramas, troncos, pajas, pieles de animales e incluso piedras que va colocando de manera solapada. De este modo se da cuenta que tiene que colocar los citados elementos inclinados para evitar que se acumule el agua y se moje el interior (Lengarán, 2015; Reyes-Ramírez, R.A., Lengarán-Ávila, & Rodríguez-Peña, 2017; Reyes-Ramírez et al., 2018).

A medida que fue evolucionando el pensamiento humano, las civilizaciones sintieron la necesidad de analizar nuevos materiales para construir las cubiertas de sus hogares, buscando que estos le pudieran brindar una mejor estética y funcionalidad. De esta manera se fue ampliando el conocimiento y el uso de nuevas técnicas y materiales que influyeron en la evolución de las cubiertas como elemento de construcción de primordial importancia.

Es por ello que se considera a la cubierta el elemento constructivo de cerramiento importante. Se ubica en la parte superior de la obra para proteger de los agentes externos, principalmente de la radiación solar y la penetración de la lluvia. Es imprescindible que cumpla una serie de parámetros como la estanqueidad, aislamiento térmico, resistir las dilataciones y contracciones derivadas de su ubicación a la intemperie y ser lo suficientemente resistentes para soportar los efectos del viento (Lengarán, 2015; Reyes-Ramírez, 2017; Reyes-Ramírez et al., 2017; Reyes-Ramírez et al., 2018).

De esta forma la cubierta ligera jugó un papel muy significativo, hasta finales del siglo XIX donde su desarrollo se ve frenado por la introducción de nuevas técnicas constructivas y materiales como: cemento, hormigón, elementos o perfiles metálicos, entre otros, con las cuales se facilita la proliferación de sistemas de cubiertas con una diversidad de características y formas. No obstante, estos nuevos tipos de cubierta pesada tenían un factor en su contra, su alto costo, mientras que la cubierta ligera seguía siendo la solución más accesible económicamente (Lengarán, 2015; Reyes-Ramírez et al., 2020; Reyes-Ramírez, R.A., Almaguer-Zaldivar, & Pérez-Rodríguez, 2019; Reyes-Ramírez et al., 2018).

### **1.1.1 Antecedentes históricos de las principales cubiertas de la vivienda en Cuba**

En Cuba los antecedentes históricos de las cubiertas de las viviendas se remontan a los grupos indígenas existentes en la isla (guanajatabeyes, siboneyes y taínos), de ellos, sólo los taínos construían sus propias casas. En los primeros tiempos, es evidente que los españoles compartieron con la población aborigen sus viviendas, pues su estancia era pasajera y se concentraron en la búsqueda de oro, prueba de esto es el hecho de que no trataron de producir materiales de construcción para hacer sus viviendas más duraderas.

Los españoles utilizaron las formas de construir de los indígenas que era mediante materiales existentes, perdurando la tipología del bohío, con cubiertas que eran de elementos que le brindaba la naturaleza a los nativos, que se limitaban a dos tipos de coberturas de forma cónica y rectangular a dos o cuatro aguas. Aunque recibieron otras influencias posteriores, después sufrirían un proceso de marginación social y geográfica, quedando para los grupos de menores recursos en muchas ciudades y como vivienda típica de las zonas rurales.

En el siglo XVI se usaron algunos techos con cubierta de tejas junto a los elementos de la tipología constructiva Sevillana, propia de la región española de Andalucía y de raíces netamente árabes. Por este origen, las tejas de forma troncocónica se identifican como árabe. Posteriormente cuando se comienzan a elaborar en el país se conocen como criollas. Más tarde se introducen la de forma eminentemente planas

llamadas francesas. En el siglo XVII se emplea el sistema constructivo de armadura de madera con tejas criollas o francesas y pendientes entre un 40 % y 70 %.

A finales del siglo XIX y durante el primer cuarto del siglo XX se construyeron en el país, los grandes centrales azucareros. Ello trajo la introducción de la cubierta ligera con planchas metálicas acanaladas importadas inicialmente de Estados Unidos de América, las que posteriormente fueron utilizadas en otras edificaciones industriales y sociales como las viviendas. En 1948 se comienzan a emplear la cubierta ligera de fibrocemento, aplicándose también en la industria y las viviendas.

Después de 1959 para dar respuesta a la gran necesidad de construcción de viviendas se dio un impulso a los planes masivos. En los años 70 se creó el movimiento de micro brigadas y se industrializó, estandarizó y prefabricó, extrapolarlo experiencias europeas que su principio económico fundamental radicaba en la simplificación de los procesos productivos. Esto no implicaba por supuesto eliminar los elementos que hacen eficiente cualquier solución, las cuales se simplificaron excesivamente, y no se consideraron las diferencias de carácter climático y cultural, generalizando así las cubiertas planas, las cuales por distintas razones perdieron su calidad, comenzando a deteriorarse muy rápido y apareciendo filtraciones en muchas de ellas en menos de cinco años.

Ante esta situación se hizo un llamado de alerta en cuanto a retomar la práctica de la cubierta inclinada. En 1992 con el agravamiento de la situación económica del país se inició un movimiento llamado vivienda de bajo consumo material y energético, donde se potenciaron y desarrollaron las cubiertas de bóvedas de ladrillo y tejas tevi en las que se redujeron los costos iniciales en detrimento de los requisitos de durabilidad.

En la actualidad debido a la gran demanda y la insuficiente ejecución de viviendas, las cubiertas que se utilizan son disímiles en función de distintos factores, que pueden ser desde el desarrollo económico y social de cada lugar, hasta los materiales disponibles que se tenga en la localidad. Entre estas cubiertas más empleadas se destacan: las de fibrocemento, metálicas y plásticas que adoptan distintas formas y dimensiones (Lengarán, 2015; Reyes-Ramírez, 2017).

## 1.2 Características de la cubierta ligera

Existen un conjunto de variables que caracterizan la cubierta ligera (METUNAS, 2011; Normalización, 2002, 2006a, 2006b, 2007) que son muy importantes, entre las que se destacan: los materiales, formas y dimensiones, uniones, los elementos de fijación y su geometría, así como el proceso tecnológico, aspectos que serán abordados a continuación.

### ❖ Características de los materiales utilizados

Los materiales constituyen un elemento fundamental de una cubierta, los cuales le ofrecen resistencia, durabilidad, confort, impermeabilidad, aislamiento térmico y peso reducido, entre otros aspectos (Lengarán, 2015; Reyes-Ramírez et al., 2017; Reyes-Ramírez et al., 2018).

En la fabricación de la cubierta ligera se utilizan diversos tipos de materiales entre los que se encuentran:

- Fibras vegetales (guano). El guano es una fibra natural que se obtiene de las hojas secas de la palma real, cuyo tallo se utiliza como elemento de sujeción.
- Materiales pétreos naturales (pizarra). La pizarra es una roca metamórfica homogénea formada por la compactación de arcillas. Se presenta generalmente en un color opaco azulado oscuro y dividida en lajas u hojas planas, siendo por esta característica, utilizada en cubiertas y como antiguo elemento de escritura. Brasil es el segundo mayor productor de pizarra del mundo.
- Pétreos artificiales (tejas criollas, fibrocemento y tejas tevi).
  - Tejas criollas: el material que se utiliza es la arcilla que está constituida por partículas pequeñas que provienen de la descomposición de los feldespatos. Es un silicato de alúmina hidratado, coloreado por óxidos de hierro e impurezas.
  - Fibrocemento: es un material de construcción que se consigue sometiendo una pasta de partículas de amianto con cemento a grandes presiones (Ferrolezama, 2015).
  - Tejas tevi: las tejas de mortero vibrado (tevi) están compuestas por cemento y arena.

- Metálicas (aluminio, galvanizado).
  - Aluminio: la aleación Al-Zn es una aleación de Aluminio-Zinc (55 %-Al y 45 %-Zn). Su composición, propiedades y características de proceso de fabricación ofrecen una de las mejores combinaciones de calidad, economía y duración. Posee una excepcional resistencia a la corrosión, a la oxidación por calor; y la reflectividad al calor propia de los revestimientos de aluminio.
  - Galvanizado: la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente es uno de los productos siderúrgicos de mayor desarrollo mundial. Se produce a partir de chapa de acero laminada en frío o en caliente, la cual es revestida en ambas caras con una delgada capa de zinc, de pureza no menor al 98 %, un máximo de 1.6 % de plomo y un 0.1 % de hierro. El producto, que combina las características de resistencia del acero con la durabilidad del zinc, es apto para fabricar piezas conformadas y sumamente resistentes a la acción corrosiva del medio ambiente.
  - La placa nervada se fabrica normalmente a partir de chapas de acero al carbono recubierto conforme a las normas siguientes: acero galvanizado s/EN 10 142, acero aluzinc s/EN 10 215, acero prelacado s/ EN 10 119.

Además se utilizan diversos materiales como:

- Polímeros no tejidos (plásticos, fibra de vidrio, caucho).
- Tejidos (fibras naturales: algodón, lino, kenaf) (fibras artificiales: polímeros).
- Mixtas (celulosa y asfalto (teja infinita), metal recubierto con plástico).

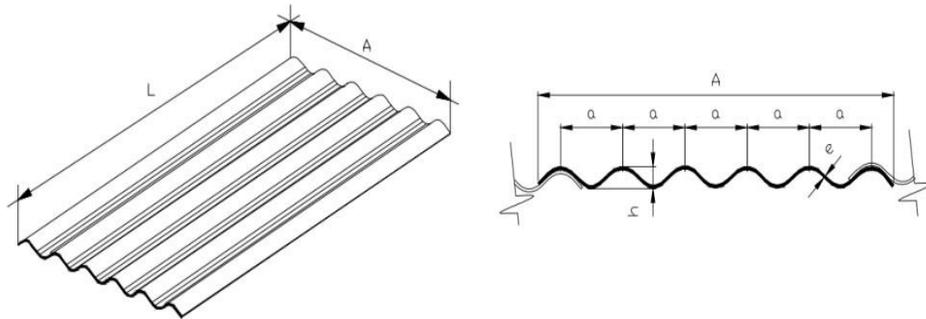
#### ❖ Formas y dimensiones

Según la NC 431:2006, las cubiertas de fibrocemento tienen las formas y dimensiones siguientes:

- Lámina acanalada de fibrocemento: elemento rectangular de asbesto cemento con o sin celulosa u otros aditivos, cuya sección transversal es aproximadamente sinusoidal y que por su estructura se puede utilizar fundamentalmente en cubiertas o paredes de naves agropecuarias,

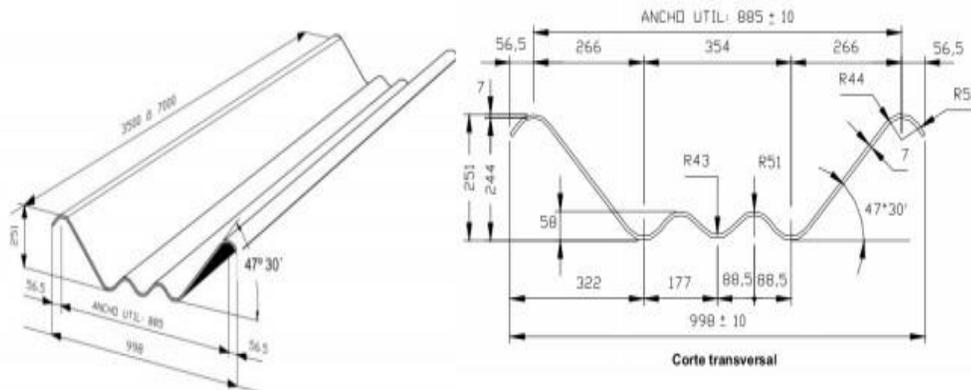
industriales, de almacenamiento y en viviendas (Figura 1.1) (Reyes-Ramírez, 2017).

- Canalón de fibrocemento: elemento cuya sección transversal le confiere alta resistencia, es usado en el recubrimiento de techos y paredes de naves industriales, agropecuaria y de almacenamiento, así como en viviendas (Figura 1.2) (Reyes-Ramírez, 2017).



Tipo	Longitud L	Ancho A	Paso de onda a	Altura de onda h	Espesor e
OM	1750	1130	150	40	5,5
OP	1830	1013	177	51	5,5

**Figura 1.1.** Forma y dimensiones de las planchas de fibrocemento en mm. Fuente NC 431:2006

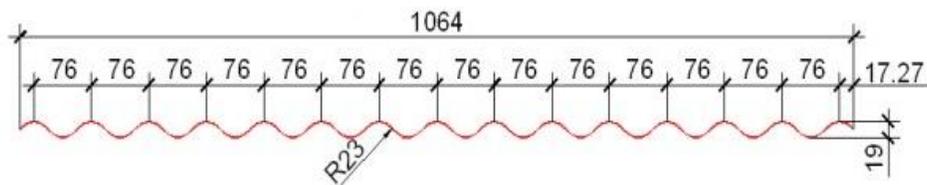


**Figura 1.2.** Forma y dimensiones de las planchas de canalón en mm. Fuente NC 431:2006.

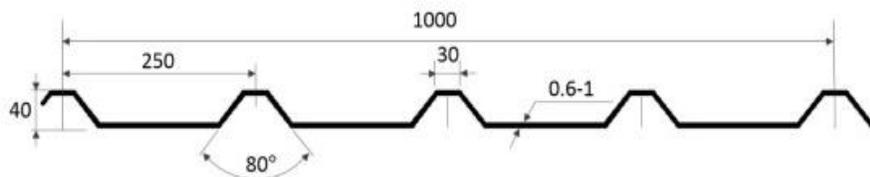
Onduladas: elemento rectangular cuya sección transversal es aproximadamente sinusoidal y que por su estructura se puede utilizar fundamentalmente en cubiertas o paredes de naves agropecuarias, industriales, de almacenamiento y en viviendas (Figura 1.3) (Reyes-Ramírez, 2017).

Trapezoidal: elemento rectangular cuya sección transversal es aproximadamente trapezoidal y que por su estructura se puede utilizar en cubiertas de naves industriales, almacenes y en viviendas. Las longitudes oscilan de 2 000 a 12 000 mm (Figura 1.4).

Longitud mínima (mm)	Longitud máxima (mm)	Ancho real (mm)	Ancho útil (mm)	Espesor (mm)	Altura de la onda (mm)	Paso de la onda (mm)
2000	12000	1064	1026	0.8	19	76

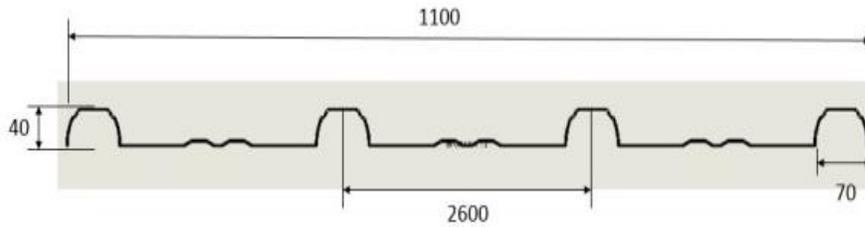


**Figura 1.3. Forma y dimensiones de las planchas onduladas en mm Fuente:NC 431:2006.**



**Figura 1.4. Forma y dimensiones de la teja grecada trapezoidal metálica en mm. Fuente Catalogo Metunas**

Acanaladas: elemento rectangular que por su estructura se puede utilizar en cubiertas de naves industriales, almacenes y en viviendas. Las longitudes oscilan de 2 000 mm a 12 000 mm (Figura 1.5).



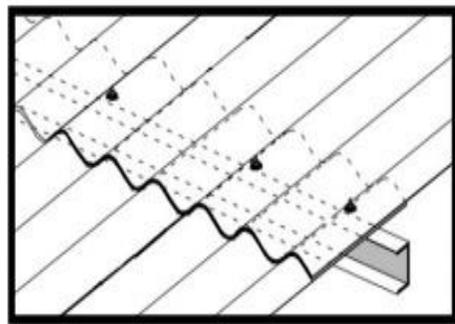
**Figura 1.5. Forma y dimensiones de la plancha metálica acanalada en mm Fuente Catalogo Metunas.**

❖ Clasificación de los elementos utilizados para las uniones

Dentro de la cubierta, las uniones constituyen un elemento de gran importancia debido a que garantizan la seguridad de estas ante el efecto de fenómenos naturales, para soportar los vientos extremos e intensas lluvias. Existen varios tipos de uniones dentro de las que se encuentran:

- Unión teja-teja que consta de la monta transversal y la monta longitudinal

Monta transversal: monta en la dirección perpendicular a la longitud de los canales. La longitud del solape transversal está en dependencia de la pendiente de la cubierta (Figura 1.6).



Pendiente %	Solape transversal mm
$10 < S < 20$	200 - 250
20	200
25	180
$> 30$	150

**Figura 1.6. Forma y dimensiones de la monta transversal, a) Monta transversal, b) Distancia de solape según el valor de la pendiente Fuente Catalogo Metunas.**

Monta longitudinal: monta a lo largo de las canales extremas de la lámina acanalada. Existen dos tipos de monta longitudinales, estándar y americana. Estos tipos de monta se utilizan en cubiertas de fibrocemento.

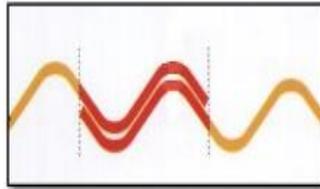
Monta longitudinal estándar: monta que se obtiene en la superposición de aquellas láminas que poseen una onda lateral extrema ascendente y otra descendente (Figura 1.7).



**Figura 1.7. Detalle de la monta longitudinal. a) Monta longitudinal americana, b) Monta longitudinal estándar Fuente Catalogo Metunas.**

Monta longitudinal americana: monta que se obtiene en la superposición del montaje de aquellas láminas que poseen ambas formas extremas en forma descendente (Figura 1.7).

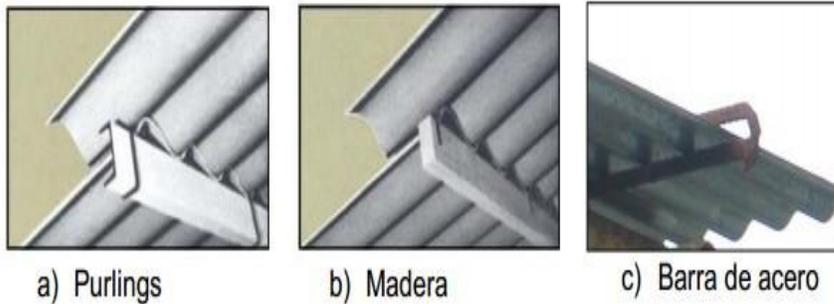
En las planchas metálicas la monta longitudinal se coloca a una onda y media, como se observa en la Figura 1.8.



**Figura 1.8. Monta longitudinal para planchas metálicas Fuente Catalogo Metunas.**

– Unión teja-superficie de apoyo

Existen varios tipos de superficie de apoyo dentro de los que se encuentran: purlings, madera, barras de acero etc., (Figura 1.9).



a) Purlings

b) Madera

c) Barra de acero

**Figura 1.9. Tipos de superficie de apoyo.**

### **1.3 Variable “Exposición” en los estudios de riesgos**

El medio físico establece condiciones particulares para el comportamiento de los flujos de vientos y sus velocidades. Aspectos como la altitud, la rugosidad de la superficie, las obstrucciones naturales y artificiales, pueden influir de manera sustancial en la variación de parámetros como la velocidad y dirección de los vientos.

En las zonas urbanas, existen obstáculos que se convierten en elementos reguladores del viento, debido a esto la velocidad disminuye, producto a la rugosidad de la superficie, dada por la topografía del terreno, la masa arbórea y las construcciones realizadas por el hombre, por lo que la velocidad de viento aumenta con la altura, llevando a que se produzca un potencial mayor de velocidades de vientos en zonas urbanas, principalmente en viviendas construidas en elevaciones y los edificios altos. En las zonas urbanas el aumento de la rugosidad hace decrecer los flujos lineales de viento y aumenta el flujo turbulento, la altura de las edificaciones y la compacidad urbana conforman el perfil y rugosidad de la ciudad.

Cuba, como nación insular, está expuesta a los riesgos que supone el cambio del clima. Es por ello que desde 1990 existe un programa de la sociedad cubana para el enfrentamiento del cambio climático. En el año 2007 ya presentaba importantes resultados, como por ejemplo, el macroproyecto “Peligros y vulnerabilidad costera para los años 2050-2100”. En la actualidad, estos estudios se han multiplicado con importantes contribuciones de profesionales de diferentes disciplinas científicas pertenecientes a diferentes universidades, instituciones científicas de diferentes sectores y ministerios en el país. Lo anterior va generando una producción científica importante para la toma de decisiones sobre el tema de referencia y para la construcción de políticas públicas pertinentes para la adaptación de Cuba a los nuevos escenarios climáticos (Milanés Batista, Planas, Pelot, & Núñez, 2020; Montero & Batista, 2020; Silva, Milanés, Pinto, Ramírez, & Lima, 2020).

Los estudios de población y su vulnerabilidad social en este contexto adquieren relevancia para la toma de decisiones en el país. Estudios recientes en Cuba han centrado su atención en temas como migración, vulnerabilidad y dimensiones del desarrollo sostenible, percepción del riesgo y vulnerabilidad social ante los huracanes,

género y riesgo costero, población y cambio climático, así como otros estudios de población (Milanés Batista et al., 2020; Montero & Batista, 2020).

Algunos autores consideran que para estudiar la vulnerabilidad ante los impactos asociados al cambio climático, es necesario entender no solo la exposición al riesgo de la población, sino también a la naturaleza dinámica e interrelación con sus medios de sustento, las características sociodemográficas de la población, sus niveles de marginación y exclusión económica y social, así como las percepciones de la propia población con respecto a dicha problemática (Montero & Batista, 2020; Silva et al., 2020).

Por ello es importante tener en cuenta la zona geográfica en la que nos encontramos, altamente vulnerable a los huracanes de gran intensidad y al gran por ciento que representan la cubierta ligera en nuestro país y principalmente en Holguín.

Un elemento importante en los estudios de riesgo es la vulnerabilidad física. Esta no es más que la suma de tres vulnerabilidades, (estructural, no estructural y funcional). La vulnerabilidad física es definida como la capacidad o propensión de ser dañado que tiene la estructura y funciones del elemento estudiado, -persona, edificación o comunidad (Milanés Batista et al., 2020).

Si se realiza un análisis al interior de la vulnerabilidad funcional sucede lo mismo. Las vulnerabilidades estructural y no estructural, expresan los factores de exposición, es decir, permiten valorar el grado de exposición del territorio estudiado a la influencia de las diferentes amenazas. La vulnerabilidad física, esta expresada por la ubicación del escenario, elemento o comunidad expuesta con respecto a los peligros estimados y por las condiciones técnico-materiales que determinan la resistencia para absorber los efectos del fenómeno amenazante. Esta es la vulnerabilidad más estudiada de todas. Permite determinar la causa de las fallas de los elementos y sistemas constructivos, tanto en el aspecto estructural como no estructural. Hoy existen muchos métodos cualitativos y cuantitativos así como metodologías para su estudio y determinación, pero lo cierto es que aún es insuficiente el dominio que se tiene sobre los factores condicionantes y desencadenantes de ésta vulnerabilidad.

Guasch et al, (2008) plantea que entre estos se encuentran los siguientes:

- Ubicación de asentamientos humanos, edificaciones, sociales, viviendas, infraestructura, etc., en zonas propensas a ser afectadas por un determinado peligro.
- Inadecuado ordenamiento territorial que ignore zonas susceptibles a ser afectadas por fenómenos peligrosos (Ejemplo: planificar construcciones en zonas inundables, con peligro a deslizamientos, mala respuesta sísmica de suelos expansivos, etc.).
- Alto grado de vulnerabilidad estructural referida a la poca o nula resistencia de elementos estructurales que sostienen una edificación (Ej. construir obviando criterios sismo-resistentes).
- Alto grado de vulnerabilidad no estructural dentro de las construcciones, referida a la poca o nula resistencia de elementos no estructurales como falsos techos, divisiones interiores, equipamiento, muebles, etc.
- Inadecuado diseño de los sistemas o líneas vitales internas de las edificaciones u obras de infraestructura (Agua, electricidad, comunicaciones, etc.), que les permita seguir funcionando y prestando servicios en situaciones de desastres.
- Falta de exigencia y control de los niveles básicos (poblados, comunidades, municipios, provincias, estados) así como de las normativas y regulaciones para construir edificaciones de forma segura.

❖ Proceso de identificación y evaluación de riesgos

El objetivo del diagnóstico es identificar, clasificar, determinar, disponer y difundir datos, informaciones y conocimientos, que permitan y faciliten la caracterización de los distintos procesos y fenómenos conducentes a riesgos, se precisan obtener los siguientes datos básicos de entrada:

- Datos históricos sobre las ocurrencias de fenómenos potencialmente peligrosos, área de afectación, causales y condicionales, tipología, recurrencia, mecanismos de propagación y dinámica de comportamiento.
- Información sobre el uso, ocupación y transformación del territorio y sus recursos.
- Normas, regulaciones, metodologías, guías, entre otras.

- Herramientas de procesamiento de datos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario ejecutar los siguientes subprocesos (Figura 1.10):

- 1) Identificación de escenarios de susceptibilidad (Primera fase).
- 2) Cálculo del peligro (Segunda fase).
- 3) Cálculo de la vulnerabilidad (Tercera fase).
- 4) Estimación del riesgo (Cuarta fase).

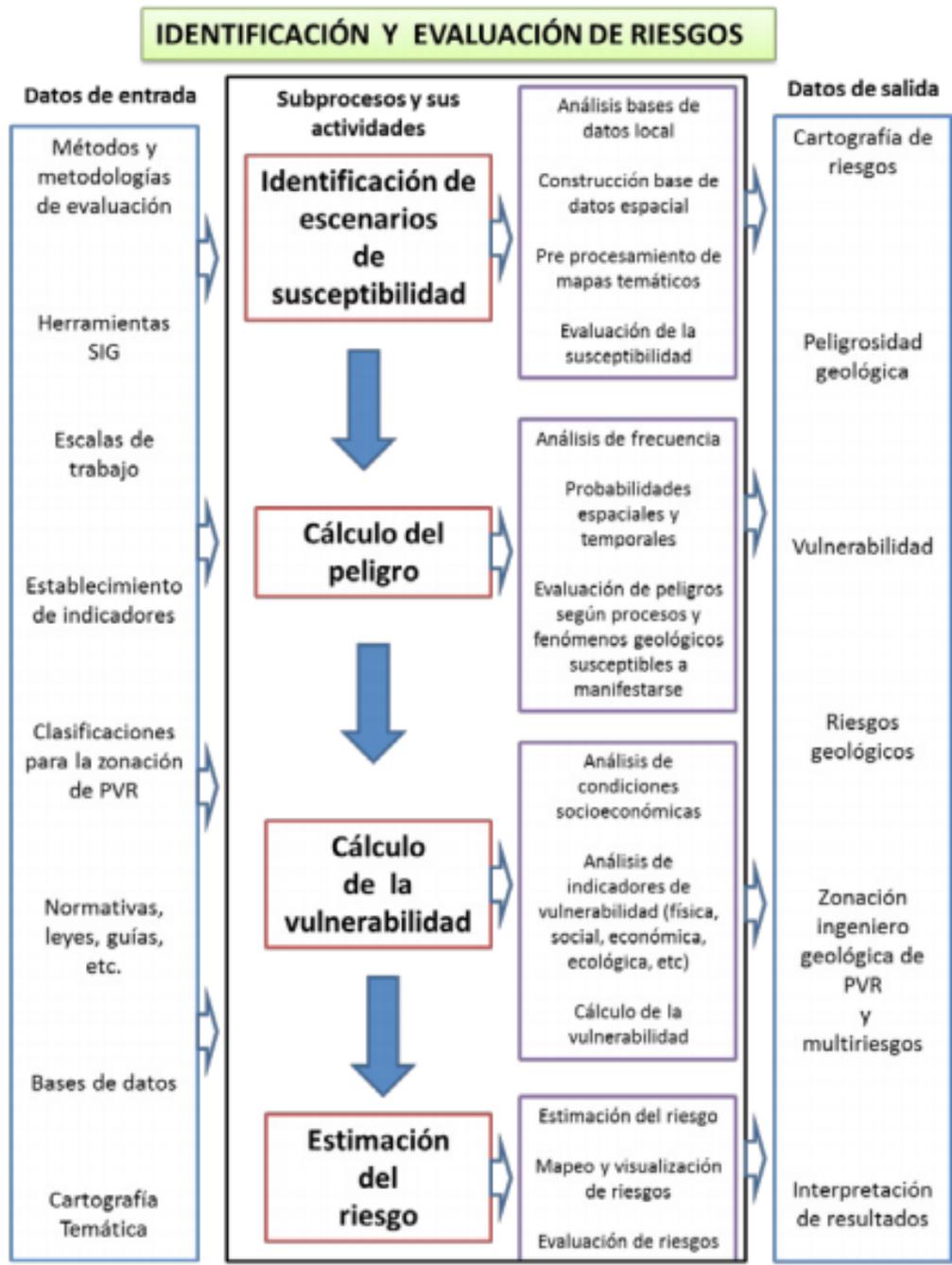


Figura 1.10. Mapa del proceso de identificación y evaluación de riesgos (Milanés Batista et al., 2020).

Sobre la información para los estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático se puede decir que hoy se ha avanzado en la modelación de sus escenarios en algunas ciudades costeras, así como en la determinación de los principales riesgos e impactos globales esperados. Las propuestas de medidas de adaptación y mitigación son evaluadas e implementadas en varias naciones, a pesar de esto se percibe que se carece de información socioeconómica en la mayoría de los países donde también se cuestiona la calidad de la información existente.

Es importante mencionar que para el éxito de las estimaciones probabilísticas (posibles daños económicos, pérdidas de vidas, etc.) o de evaluaciones subjetivas de riesgos (posibles daños psicológicos, a la familia, a la salud, entre otras), es necesario estudiar cada uno de forma ascendente, para finalmente diseñar las medidas y herramientas necesarias, que permitan reducir los daños en escenarios bajo riesgos. En la estimación del riesgo son necesarias múltiples técnicas y fuentes de información, las que, necesitan obligatoriamente ser integradas para obtener un resultado más preciso y confiable.

Al igual que el peligro o amenaza, el riesgo puede plasmarse en mapas, representando un “escenario”, es decir, la distribución espacial de los efectos potenciales que puede causar un evento de una intensidad definida sobre un área geográfica, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto. Estos mapas son de fundamental importancia para la identificación y valoración del peligro y las vulnerabilidades presentes, las áreas en riesgo, así como para la elaboración de los planes de desarrollo que organismos operativos realizan en función de la reducción de desastres.

La gestión prospectiva parte de la planificación de los escenarios futuros, a partir de escenarios reales, la tipificación de la exposición, el análisis de trayectorias probables y la necesidad de dar respuesta a eventos severos. Tiene además a su favor la exigencia de inserción de la prevención en la planificación del desarrollo y requiere del análisis de los riesgos en programas y proyectos. Por otro lado permite visualizar los modelos de transformación en un escenario real hacia un escenario seguro en el futuro concibiendo los modelos de desarrollo. Este tipo de gestión tiene muchas ventajas, sin embargo no concibe la identificación de procesos para lograr reducir vulnerabilidades

presentes, ni las responsabilidades en las acciones a realizar por especialistas, decisores y población en general en el logro del desarrollo sostenible.

En el análisis prospectivo resulta clave considerar la percepción que tienen las comunidades sobre las diferentes amenazas o peligros, así como evaluar las vulnerabilidades intrínsecas del sistema y las probablemente adquiridas tras el paso de un fenómeno extremo. A su vez se deben analizar los escenarios críticos de riesgos generados por las diferentes amenazas, evaluando los impactos en sub-escenarios específicos.

Por tanto, se hace necesario realizar una investigación teniendo en cuenta los escenarios de riesgos de las viviendas con cubiertas ligeras ya que en nuestra provincia existen disímiles lugares donde las viviendas no se encuentran protegidas, es decir, rodeadas de edificios o viviendas y entran en contacto directo con los vientos de alta intensidad sufriendo el colapso de las cubiertas. Es por ello que se debe profundizar en el análisis de los escenarios de riesgos para lograr una correcta colocación de las cubiertas en esos escenarios desprotegidos y disminuir el colapso de las mismas ante vientos huracanados.

#### **1.4 Experiencias de estudios realizados de la vulnerabilidad de la cubierta ligera ante vientos extremos**

Los modelos numéricos para simular los ciclones tropicales han progresado significativamente desde sus primeros inicios en la década de los 60. La simulación que significó el primer paso en la evolución de dichos modelos fue la descrita por Ooyama en 1967 y Yamasaki en 1968, y consistió en una aproximación entre las ecuaciones de movimiento, la termodinámica, la masa y la hidrostática, resueltas sobre modelos bidimensionales 2D. Más tarde otros investigadores como Rosenthal (1969) y Sundqvist (1970) perfeccionaron este modelo inicial (Anthes, 1982).

Aunque estos modelos en 2D tuvieron gran importancia para la comprensión del comportamiento de los vientos de un huracán, obviamente ellos no fueron capaces de representar los efectos asimétricos y la interacción con el medio ambiente. Por lo que no fue hasta la década de los 70, donde Anthes et al. presentaron los primeros modelos tridimensionales, capaces de simular huracanes e incluso predecir tormentas. De esta manera se fueron sumando y perfeccionando nuevos métodos para la elaboración de

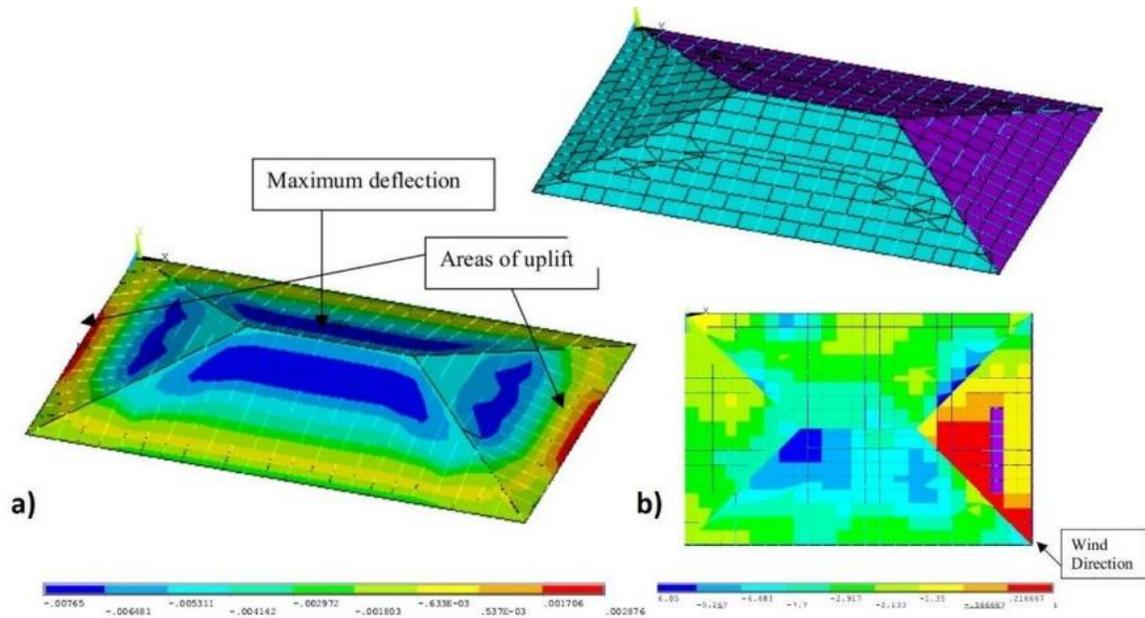
modelos 3D como los de Mathur (1974), Hovermale and Livezey (1978) y Hacunda (Anthes, 1982; Vickery, 2009).

En las últimas décadas, los ordenadores de alta capacidad de proceso y sofisticados programas de simulación, han permitido a los investigadores producir modelos numéricos capaces de describir, con alto nivel de exactitud, el comportamiento de los vientos extremos. Estos avances permitieron la aparición de lo que hoy se conoce como (CWE), que no es más que la aplicación de métodos computacionales para estudiar y resolver los problemas relativos a la ingeniería del viento (Reyes-Ramírez, 2017).

A finales de los años 80 se logran importantes avances utilizando métodos basados en (CFD) como parte esencial dentro de (CWE). Ejemplos de aplicaciones fueron los desarrollados por investigadores como Murakami, 1992; Larsen y Tamura, 1997 y Mochida, 2002 (Borri, 2011). Con estos modelos fue posible la obtención de valores de fuerzas del viento, su interacción con las estructuras, incluso con formas oblicuas, así como la evaluación de la distribución espacial de la energía del viento .

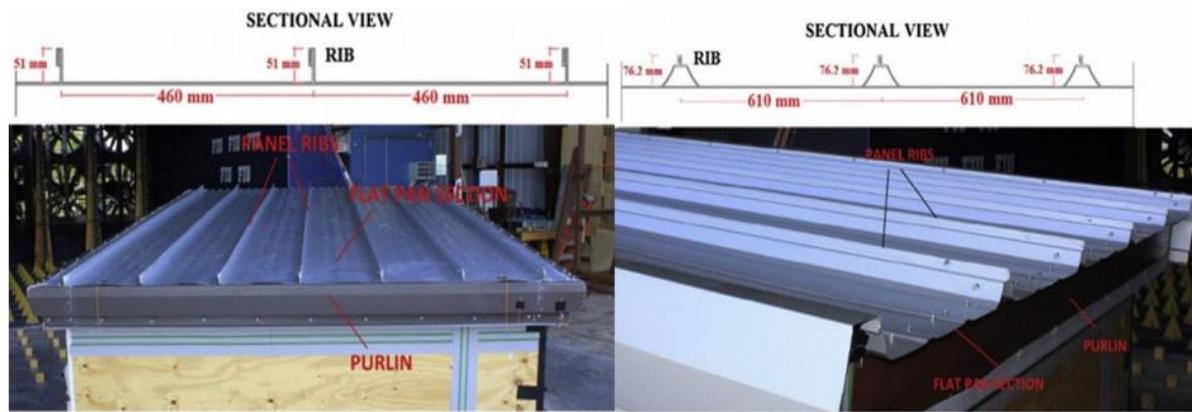
Los estudios acerca del comportamiento de las cubiertas de edificaciones se han centrado fundamentalmente en el análisis de edificaciones de gran altura. En el caso de las cubiertas de edificaciones de baja altura, se encuentran estudios bien sistematizados sobre la ocurrencia de vórtices de viento inducidos en la parte plana de las edificaciones. Los autores demostraron que las succiones producidas en las esquinas fueron las responsables de los daños inducidos por el viento.

(Jungmann, 2007) realiza en su investigación un análisis basado en los vientos registrados durante el paso del huracán Katrina. Los datos fueron recopilados por anemómetros localizados en la estructura de una cubierta de madera de una vivienda en la Florida, para registrar tanto los ángulos de ataque, así como los valores de velocidad de viento variable durante el huracán. Dichos datos son comparados con los resultados de un modelo simulado por el método de elementos finitos para este mismo evento meteorológico (Figura 1.11).



**Figura 1.11. Modelo de simulación de una cubierta de madera: a) Componentes verticales de desplazamiento, b) Presiones de viento representadas en el MEF (Jungmann, 2007).**

Otro estudio a destacar es el caso de (Habte, Asghari, Irwin, & Chowdhury, 2015a), en el cual se realiza el análisis para dos tipos de cubiertas metálicas, de forma trapezoidal y acanalada (Figura 1.12). El modelo no fue construido solo para la plancha, sino también para su estructura de apoyo y uniones, con el objetivo de observar su comportamiento general de la cubierta bajo la acción de altas presiones de viento, con el uso de un túnel de viento de la Universidad Internacional de la Florida. Entre los principales resultados de esta investigación, se pudo observar las deformaciones ocurridas en las planchas, el colapso de las uniones entre las mismas con la estructura de apoyo, incluso la ruptura del material al sobrepasar los límites de resistencia (Figura 1.13). La cubierta trapezoidal tuvo el comportamiento más desfavorable ante los efectos de succión.



**Figura 1.12. Modelos de cubiertas metálicas para el estudio: a) Acanalada, b) Trapezoidal (Habte, Asghari, et al., 2015a).**

Cuba ha diseñado, entre otras muchas regulaciones una Norma de Carga de Viento, la cual establece los requisitos para levantar todo tipo de edificaciones, teniendo en cuenta los lugares, las características del terreno, su geografía, los materiales que se utilizaran y otros muchos elementos.



**Figura 1.13. Modelos de cubiertas metálicas para el estudio: a) Acanalada, b) Trapezoidal (Habte, Asghari, et al., 2015a).**

A diferencia de muchas de las islas caribeñas, Cuba cuenta con una normativa específica, la NC 285:2003. Esta normativa tiene sus antecedentes en la NYRCO (Normas y reglamentos de la construcción) del año 1973, en 1978 aparece como NC

(Norma Cubana) por primera vez con el código de NC 053-04, y a partir de ese momento ha sufrido actualizaciones en 1983, 1990 y 2003 (versión vigente).

La NC 285:2003, divide al país en tres regiones (Occidente, Centro y Oriente) para las cuales brinda un valor de presión básica del viento, calculado a partir de la velocidad básica promedio en 10 min, para un periodo de recurrencia de 50 años. La normativa en sí, no manifiesta ninguna información sobre cuál fue el método de extremos empleado para la obtención de las presiones básicas, sin embargo, en la tesis doctoral de Llanes Burón se fundamenta que en la norma de 1983 las presiones básicas fueron obtenidas de un ajuste de las velocidades mediante la distribución asintótica de Tipo II, o Frechet.

En las normas sucesoras, 1990 y 2003 se actualizaron los valores sumando años al análisis a través de la misma metodología. En ninguno de estos códigos antecesores ni en el vigente se plantea que fueron diferenciados los vientos de acuerdo con su origen, lo que en virtud de la bibliografía especializada en la temática tiende a producir resultados incorrectos.

A continuación se resumen algunos de los estudios que por su pertinencia e importancia resultaron de interés en la presente investigación.

García en la provincia de Villa Clara realiza la propuesta de un método de evaluación que sea capaz de medir la vulnerabilidad en las cubiertas metálicas donde se establecen una serie de variables e indicadores para medir cada parámetro de la cubierta. Realiza un amplio análisis de los proyectos realizados con los sistemas de cubierta ligera metálicas Metunas y Vencor ejecutados por el programa del Arquitecto de la Comunidad y la ENPA en Santa Clara, ya que ambos son los que han llevado a cabo más del 80 % de los proyectos en esa ciudad con este tipo de cubierta según datos obtenidos de la (UMIV, 2018). Plantea un estudio de cómo se deben construir viviendas con cubiertas que estén diseñadas para resistir vientos sostenidos de 240 km/h (máxima velocidad de vientos de un huracán categoría 5 según la escala Saffir Simpson).

Para lograr que la cubierta resista se debe cumplir con cada una de las especificaciones de su diseño, así como comprobar que cada uno de los elementos componentes de estos sean resistentes estructuralmente; medir la calidad de la

cubierta, si se está cumpliendo con lo que se refieren los catálogos y que además lo refiera el proyecto, así como estudiar la incidencia de los vientos en la solución y modelar los efectos que este puede hacer sobre la cubierta.

En la ciudad de Holguín, un alto por ciento de las viviendas se construye por esfuerzo propio, por lo que toda la responsabilidad de una correcta colocación de la cubierta recae sobre el propietario. Esto implica que la población debe tener acceso a las normas y manuales técnicos que establecen los requerimientos para lograr un correcto montaje, y cumplir así con las normas de seguridad que toda vivienda necesita. Lamentablemente esto no sucede, ya que existe un gran desconocimiento de la existencia de estas normas, no solo por los habitantes sino también por parte de los organismos encargados de llevar esta información a la sociedad.

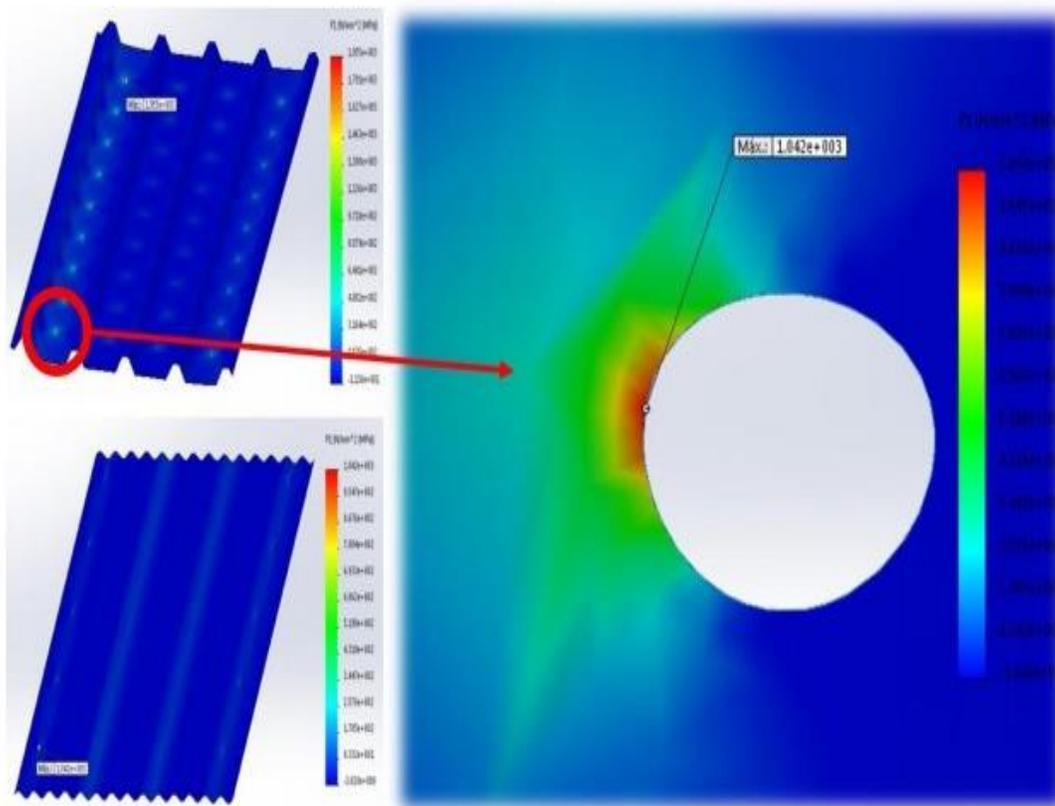
Esto trae consigo que la población haya creado sus propios criterios sobre cómo construir sus techos, basados en sus conocimientos y experiencias. Como consecuencia de este fenómeno, las variables que caracterizan la cubierta ligera, explicadas en el epígrafe anterior, se ven reflejadas en la práctica de diversas maneras, aspecto que dificulta lograr una homogeneidad entre los distintos tipos de viviendas que presentan cubiertas ligeras en la ciudad de Holguín (Lengarán, 2015; Reyes-Ramírez et al., 2017; Reyes-Ramírez et al., 2018).

Primeramente, la investigación de (Lengarán, 2015) comenzó con la realización de un diagnóstico del estado actual del comportamiento de las variables que caracterizan la cubierta ligera de las viviendas y obras industriales de una muestra seleccionada de la ciudad de Holguín, que permitió la determinación de las tipologías constructivas (Figura 1.14), el cálculo de la carga estática de viento extremo según la norma cubana NC285-2003, así como el análisis comparativo entre las cubiertas de fibrocemento y metálicas mediante la simulación numérica.



**Figura 1.14. Tipologías constructivas predominantes en viviendas con cubiertas ligeras en la ciudad de Holguín (Lengarán, 2015).**

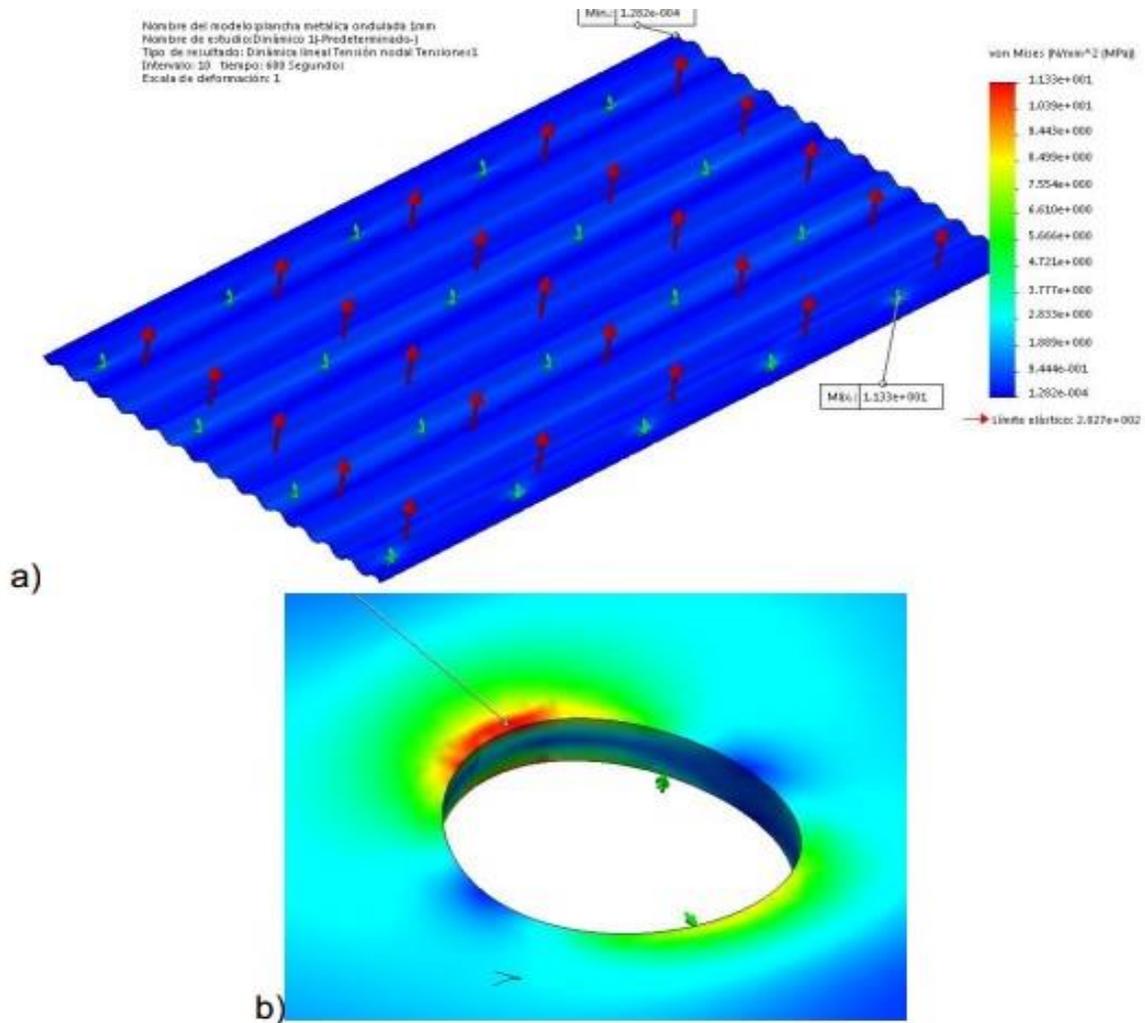
La investigación de (Rodríguez, 2016) continuó el análisis de la cubierta ligera con una comparación del estado tensional entre una, dos, tres y cuatro planchas, respectivamente y se simuló el proceso de colapso de las planchas. De acuerdo con los resultados obtenidos se simularon diferentes variaciones en las planchas con vistas a mejorar su comportamiento resistivo, además, se realizó un estudio de las frecuencias propias y los modos de vibración en los modelos (Figura 1.15).



**Figura 1.15. Tensiones máximas obtenidas en la simulación de la cubierta ligera (Rodríguez, 2016).**

(Reyes-Ramírez, 2017) en su investigación, analizando que en las investigaciones anteriores no se tiene en cuenta la carga dinámica, realiza su enfoque en la modelación de la cubierta ligera para el estudio estático y dinámico. Mediante el análisis externo de la investigación se pudo definir las variables fundamentales dentro del estudio así como la relación y dependencia entre cada una de ellas.

Mediante registros de viento simulados y el uso del programa MATLAB se pudo generar una serie de viento capaz de describir la velocidad fluctuante en función del tiempo, para así obtener los valores de presión a incluir en el análisis dinámico. Los resultados del análisis estático evidencian que las planchas metálicas ofrecen mayor resistencia a la acción de los vientos extremos que las de fibrocemento (Figura 1.16).



**Figura 1.16. Tensiones máximas obtenidas en la simulación dinámica de la cubierta ligera, a) cargas en la cubierta, b) tensiones máximas en el orificio de sujeción (Reyes-Ramírez, 2017).**

Si bien las investigaciones analizadas han aportado conocimientos relevantes para el presente trabajo, se denota como limitante el hecho de que no realizan un estudio un poco más detallado de las influencias del entorno, y cómo las variables externas influyen en el comportamiento de los vientos de acuerdo al escenario en que se encuentre ubicada la cubierta.

### 1.5 Método Kano

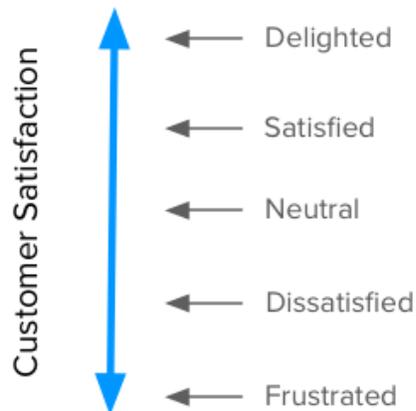
El método Kano desarrollado hacia fines de la década de 1970 por el académico japonés de la universidad de Tokio Noriaki Kano, se utiliza generalmente para estudios

de benchmarking y marketing. Este método mide la relación entre la funcionalidad de los productos especificada en un sentido amplio, y la satisfacción que esta funcionalidad le brinda a los usuarios. Según León (2005), la funcionalidad es una medida del grado en que un producto (Cabrales, 2016).

Se basa en los siguientes principios:

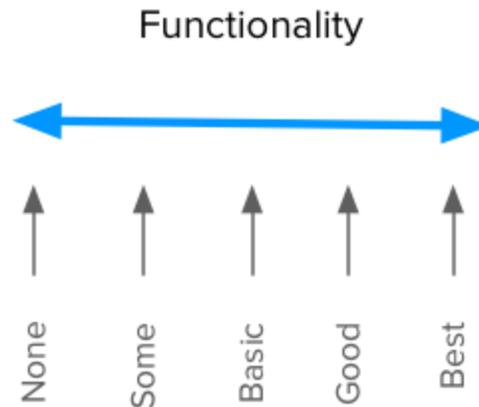
- La satisfacción de nuestros clientes en relación a los *features* del producto guarda relación con el nivel de funcionalidad que esos *features* entregan (qué tan bien implementados están).
- Los *features* se clasifican en 4 categorías:
  - Atractivo
  - Unidimensional
  - Indiferente
  - Obligatorio
- Puede determinar cómo se siente un usuario respecto a un *feature* con un cuestionario.

Todo comienza con la meta: satisfacer al usuario. Kano aquí, propone una tabla que va desde la completa satisfacción a la completa frustración (Figura 1.17).



**Figura 1.17. Satisfacción del cliente (citado en (Cabrales, 2016)).**

Ahora, para satisfacer al cliente se requiere un esfuerzo de nuestra parte. Eso es lo que llamamos funcionalidad o implementación, y significa que tan bien implementado está el *feature* y cuantas horas hombres nos llevará realizarlo (Cabrales, 2016).

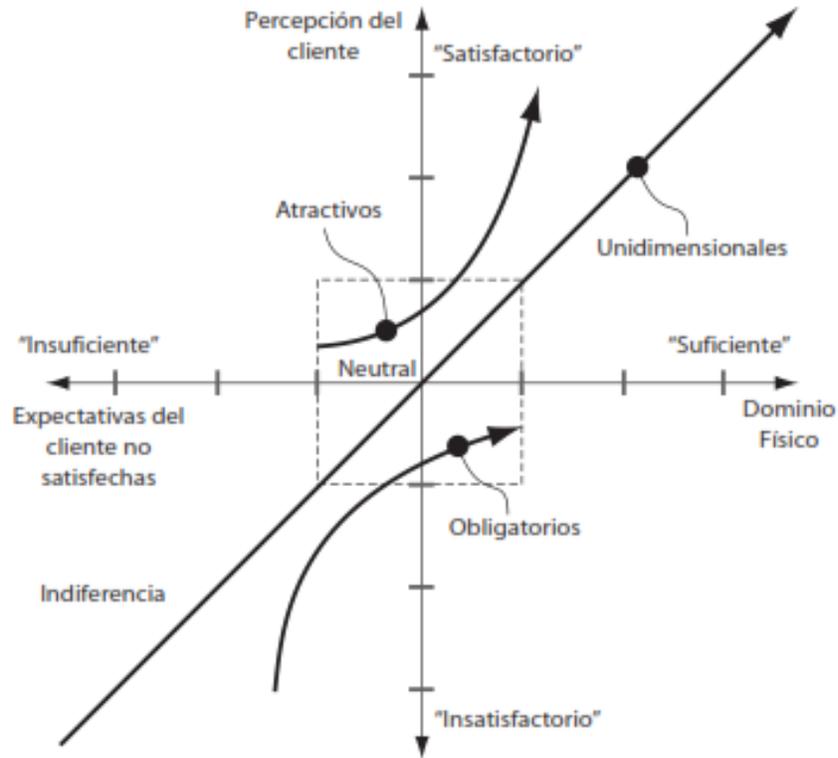


**Figura 1.18. Satisfacción del cliente (citado en (Cabral, 2016)).**

La funcionalidad se describe de manera horizontal. Cuando se cruza funcionalidad con satisfacción, se describe un eje que nos servirá de plataforma para colocar las cuatro categorías que se mencionó con anterioridad.

El Método Kano de satisfacción del cliente (consumidor) clasifica los atributos del producto basados en la apreciación del cliente y su efecto sobre la satisfacción del cliente (Figura 1.19). El método clasifica a los requerimientos de los clientes en tres categorías: atractivos, unidimensionales y obligatorios. Un requerimiento es atractivo si los clientes lo valoran cuando está presente, aunque no noten su ausencia. Es obligatorio si su ausencia provoca insatisfacción, aunque su presencia se dé por hecha y no se valore especialmente. Es unidimensional, finalmente, si aumenta la satisfacción del cliente de modo aproximadamente lineal con el aumento de su funcionalidad (Esparza-Montero, 2017).

Kano utilizó dos dimensiones para evaluar la calidad: (1) el grado de rendimiento de un producto y (2) el grado de satisfacción del usuario que lo utiliza. Aplicaba así el concepto de calidad utilizado hasta entonces, que juzgaba a la calidad de los productos sobre una sola escala: de “bueno” a “malo”. Trabajando sobre un plano cartesiano de funcionalidad-satisfacción, Kano definió tres tipos de calidad: calidad obligatoria, calidad unidimensional (o de rendimiento) y calidad atractiva. Partiendo del supuesto de que existe la posibilidad de tornar en visibles las características invisibles de la calidad de un producto, entonces, cuando esto sucediera, emergerían, por lo general, un conjunto amplio de requerimientos (Cabral, 2016).



**Figura 1.19. Representación gráfica del método Kano (Cabral, 2016).**

La figura 1.19 ayuda a comprender esta agrupación. En la misma, se identifican tres tipos ideales de atributos en función de la relación entre funcionalidad y satisfacción. Según comentan León (2005), Yacuzzi y Martín (2002) y Sauerwein et al. (1996) (citados en (Cabral, 2016)), en su método, Kano distingue tres tipos de requerimientos del producto que, al estar presentes, influyen en la satisfacción del usuario de diferentes formas; estos son:

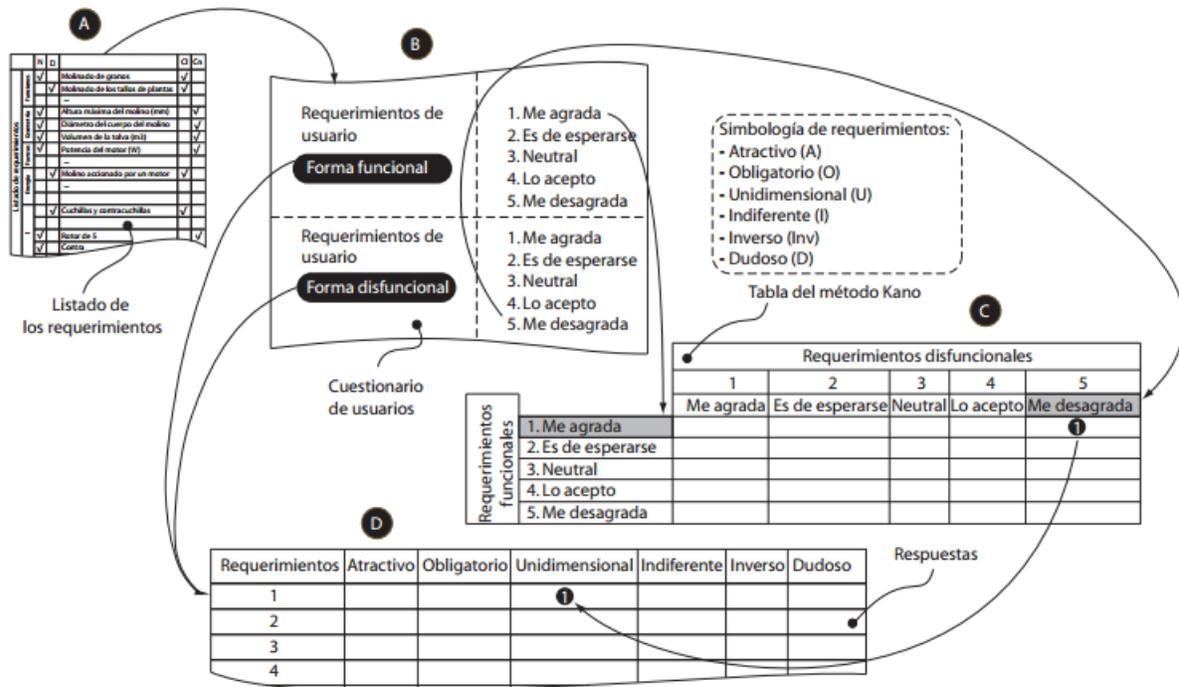
- **Requerimientos obligatorios:** son aquellos que aumentan la satisfacción en relación directa con la funcionalidad; pero, superado cierto umbral, dejan de producir un incremento importante en la satisfacción de las necesidades. Si estos requerimientos no se cumplen, entonces el usuario estará sumamente disconforme.
- **Requerimientos unidimensionales:** se caracterizan porque la satisfacción que producen aumenta de modo aproximadamente proporcional al nivel de funcionalidad y satisfacción de las necesidades. Los requerimientos unidimensionales están explícitamente demandados por el usuario.

- **Requerimientos atractivos:** son aquellos que por debajo de cierto umbral de funcionalidad, mantienen un nivel de satisfacción relativamente bajo y constante; pero, una vez superado ese umbral, producen un aumento significativo de la satisfacción de las necesidades.

En la figura 1.19 el eje vertical representa el grado de satisfacción de los usuarios. En el punto superior, los usuarios están muy satisfechos; en el punto inferior, están muy insatisfechos o incluso disgustados; en el centro, donde los dos ejes se cruzan, los consumidores están indiferentes o son neutrales. El eje horizontal representa el grado en el cual se satisface la calidad; hacia la izquierda, se muestra que las necesidades de los consumidores no han sido satisfechas (o está ausente); a la derecha las necesidades de los consumidores están totalmente satisfechas o completamente implementadas (Cabrales, 2016).

El método Kano permite extraer aquellas necesidades que resultan posibles de determinar a partir de un análisis directo o que no son mencionadas. Esta herramienta posibilita clasificar las demandas de los usuarios de acuerdo al grado de relevancia en su satisfacción. Se aplica a través de un cuestionario donde, para cada requerimiento en análisis, se evalúa la opinión de los usuarios en el caso de que esté presente y no esté presente el requerimiento para determinar el grado de satisfacción o insatisfacción que genera el atributo. Con las respuestas es posible determinar la ubicación relativa de cada requisito dentro de la gráfica de calidad (según Viñas et al., 2006, citado en (Cabrales, 2016)).

La determinación de los requerimientos del usuario en el método Kano consta de cuatro pasos: (a) identificación de los requerimientos del producto, (b) construcción del cuestionario Kano, (c) administración de la entrevista al usuario, y (d) evaluación e interpretación (Figura 1.20). En relación con el criterio de selección de los usuarios a entrevistar y el tamaño de la muestra, autores como Griffin y Hauser (1993) plantean que la entrevista de 20 a 30 usuarios, pertenecientes a un segmento social homogéneo, permite determinar alrededor de un 90 a un 95 % de todos los posibles requerimientos de usuarios.



**Figura 1.20. Determinación de requerimientos por el método Kano (Cabrales, 2016).**

Una vez descritas las categorías del modelo Kano, debemos agregar otro elemento: las categorías no son estáticas, cambian con el tiempo. Lo que le gusta a los usuarios hoy, no necesariamente será lo que les gusta mañana. Con el paso del tiempo, *features* atractivos con el paso del tiempo, se transforman en *performance* y luego en obligatorios.

Si se toma como ejemplo el iPhone o Google Maps, la *sorpresa* que nos dieron hace 10 años no es la misma que nos producen ahora. Lo que nos produce placer en el pasado, es hoy un *feature* que “damos por hecho”. Sólo lo notamos si ya no está.

El desencanto se da por diversas razones, incluyendo la evolución de la tecnología, la aparición de nuevos competidores o el hecho de que probablemente todos incluyen los mismos *features*. Es importante cerrar este punto comprendiendo que el modelo nos da una imagen del ahora, sin embargo no sabemos a ciencia cierta dónde ni cómo evolucionará el producto (Cabrales, 2016).

❖ Preguntas que revelan percepciones del cliente

Hasta ahora, hemos cubierto los dos primeros elementos del modelo Kano: las dimensiones del análisis y cómo estas se conectan con las categorías de los *features*.

A fin de descubrir las percepciones del cliente en relación a los *features*, debemos realizar un cuestionario. El cuestionario se compone de dos preguntas:

- La primera le pregunta al usuario cómo se sienten si tiene acceso al *feature*
- La segunda, pregunta cómo se sienten si no tiene acceso al *feature*

A la primera pregunta le decimos “funcional” y a la segunda “disfuncional”. Estas no son preguntas abiertas, debemos enmarcarlas con opiniones claras y concretas:

- Me gusta
- Lo espero
- Soy neutral
- Puedo aguantarlo
- No me gusta

Una vez que le hemos preguntado a los usuarios y se ha registrado las respuestas, es hora de categorizarlas.

Una de las cosas que son útiles del modelo Kano es que se encarga de la relevancia de tener o no, ciertas funcionalidades. Esto demuestra hasta qué punto el usuario quiere, necesita o no le importa un *feature*. Esto se logra usando una tabla, resumiendo las respuestas a las preguntas en columnas y celdas que resumen las respuestas funcionales y disfuncionales. Cada *set* de respuestas ingresa a una de las categorías previamente indicadas y otro *set* de categorías que ahora cubriremos (Figura 1.21).

		<b>Dysfunctional</b> (feature absent)				
		Like it	Expect it	Don't Care	Live With	Dislike
<b>Functional</b> (feature present)	Like it	Q	A	A	A	P
	Expect it	R	I	I	I	M
	Don't Care	R	I	I	I	M
	Live With	R	I	I	I	M
	Dislike	R	R	R	R	Q

Figura 1.21. Tabla resumen del método Kano, citado en (Cabrales, 2016).

## **1.6 Conclusiones parciales**

1. Se analizaron los antecedentes del surgimiento y evolución de las cubiertas ligeras como elementos de construcción, llegando a determinar sus variables fundamentales.
2. Se logró sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos que caracterizan los escenarios de riesgo ante fuertes vientos.

## CAPÍTULO 2: PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO DE VIVIENDAS CON CUBIERTA LIGERA ANTE FUERTES VIENTOS UTILIZANDO EL MÉTODO KANO

En el presente capítulo se plantea el procedimiento seguido para la evaluación de los escenarios de riesgo. Se describe paso a paso la aplicación del Método Kano y se realiza el análisis de los resultados obtenidos.

### 2.1 Concepciones metodológicas para la elaboración del procedimiento

En esta tesis, se toma como procedimiento general de referencia, el desarrollado por (Reyes-Ramírez, 2017) en su tesis de maestría, representado de forma general en la figura 2.1. Se toma este procedimiento, pues se determinó que es el que más y en mejor medida responde al objetivo de la presente investigación.



Figura 2.1. Procedimiento de referencia (tomado de (Reyes-Ramírez, 2017)).

Se divide el análisis en tres etapas fundamentales, pre-proceso, proceso y post-proceso, cada una con una función específica dentro de la investigación.

Esta primera etapa juega un papel fundamental dentro de la investigación, ya que su principal función es la de reunir, seleccionar y determinar toda la información, tanto cualitativa como cuantitativa, que será necesario introducir al modelo para su posterior simulación. Como toda etapa inicial de un proceso, mientras más acertados sean los datos obtenidos, mayor confiabilidad, seguridad y calidad tendrán los resultados finales y, por lo tanto, es ahí donde radica su especial importancia.

Como se observa en la Figura 2.1, dentro de esta primera etapa de preproceso se encuentran tres tareas principales. Las dos primeras están basadas principalmente en la definición de los tipos específicos de cubierta que serán modelados, así como la descripción física de sus variables características.

La última tarea de esta etapa es la obtención de los valores de carga de viento, tanto estática como dinámica. Estos fueron declarados como variables de coordinación en el análisis externo, precisamente porque su determinación constituye una tarea previa al proceso.

Una vez concluidas todas las tareas comprendidas en el preproceso, ya se está en condiciones de realizar el proceso de modelación de las cubiertas ligeras. Estos modelos constituyen básicamente una representación simplificada del sistema, cuya elaboración implica la selección y cuantificación de las variables necesarias para representarlo con el nivel de detalle requerido. Como se expone en la Figura 2.1, esta etapa cuenta con tareas, todas referentes a la construcción de los modelos representativos de las cubiertas.

La primera parte del proceso consiste en la construcción de los modelos geométricos de las planchas objeto de estudio. Para ello se emplea el software profesional de diseño en 3D SolidWorks 2016, y en él crean los modelos utilizando los datos tomados de las normas y catálogos referentes a las formas y dimensiones de cada tipo de plancha según el material.

Una vez representadas las cubiertas, se le asignan a cada una el material correspondiente y sus propiedades, de tal manera que el software sea capaz de simular su comportamiento en función de las características resistivas propias de cada

elemento. Para ello se necesitan obtener las siguientes propiedades: Módulo elástico (MPa), Coeficiente de Poisson, Límite de tracción (MPa), Límite elástico (MPa) y Densidad de masa ( $\text{kg/m}^3$ ), de los dos materiales que fueron escogidos para esta investigación: fibrocemento y el metal utilizado para la fabricación de las cubiertas metálicas.

El siguiente paso consiste en aplicar al modelo numérico los valores de carga actuante sobre las cubiertas, con el objetivo de reproducir del mejor y más completo modo posible las condiciones que se encuentran en la naturaleza. Las planchas durante el embate de un huracán están expuestas a vientos de gran intensidad, por ello ya en la etapa anterior se calcularon los valores de carga de viento extremo, que deben ser introducidas al modelo para simular su comportamiento cuando se someten a estos elevados valores de tensiones.

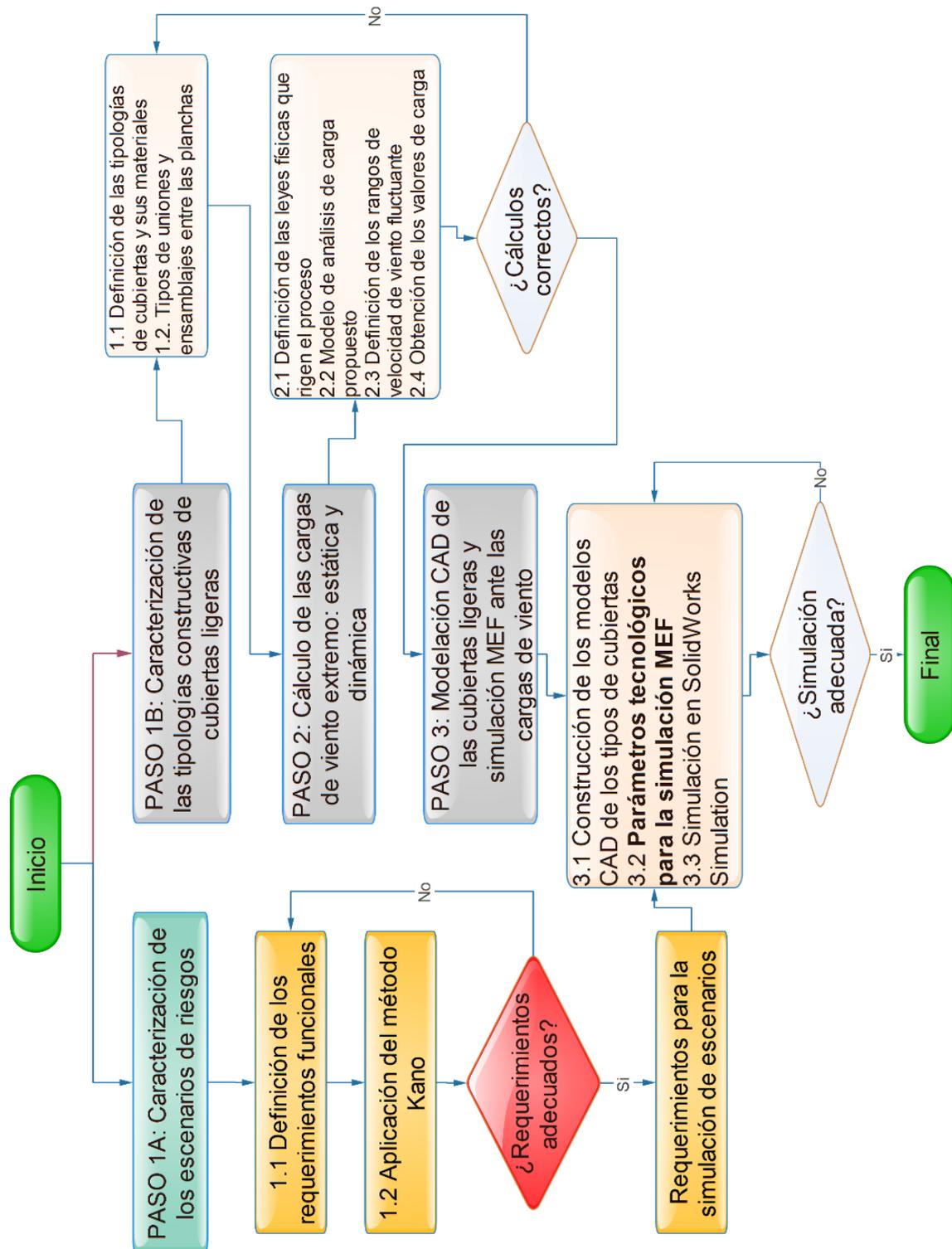
Otro elemento que es imprescindible incluir en el modelo es la posición de las sujeciones, para esto es el siguiente paso, que consiste en colocar las restricciones en el lugar donde van ubicados los tornillos, limitando los desplazamientos en el eje vertical, y simulando las sujeciones de la plancha cuando se encuentra sometida a succión.

La siguiente tarea de esta etapa también está vinculada con la modelación de las uniones, específicamente al solape entre una plancha y otra, para formar la cubierta. La simulación de una cubierta completa conlleva a una mayor cantidad de cálculos lo que complejizaría las simulaciones necesitándose mayores recursos computacionales. No obstante, es necesario realizar el análisis de varias planchas ensambladas para comparar cómo es su comportamiento respecto al de una plancha. En el caso de estudios en los ensamblajes de varias planchas es necesario definir el contacto de tipo unión rígida en las zonas de ensamblaje de las planchas, tanto los contactos en la parte de unión longitudinal como en la unión transversal.

## **2.2 Procedimiento para la evaluación de los escenarios de riesgo de viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos utilizando el método Kano**

Para la aplicación del método Kano en la evaluación de los escenarios de riesgo de viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos, se añadió al procedimiento

desarrollado por (Reyes-Ramírez, 2017), un paso en la etapa de pre-proceso (Figura 2.2).



**Figura 2.2. Procedimiento para la aplicación del método Kano en la evaluación de los escenarios de riesgo de viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos.**

### **2.2.1 Definición de los requerimientos funcionales para la caracterización de los escenarios de riesgos**

Para definir los requerimientos funcionales a tener en cuenta en el proceso de caracterización de los posibles escenarios de riesgos, en el caso de las viviendas con cubiertas ligeras expuestas a fuertes vientos, se realizó una extensa búsqueda bibliográfica y se realizó consultas a expertos en la materia. De este proceso, se determinaron 18 requerimientos funcionales (Tabla 2.1).

**Tabla 2.1. Requerimientos funcionales que se recogieron en el proceso.**

No.	Requerimientos funcionales
1	Relieve Montañoso
2	Relieve Llano
3	Relieve Valle
4	Altitud medida con respecto al NMM
5	Zona Costera
6	Zona Urbana
7	Zona Rural
8	Ubicación Aislada
9	Rodeada árboles
10	Rodeada Edificios Altos (+3niveles)
11	Rodeada Edificios Bajos (-3niveles)
12	Rodeada Edificios y árboles
13	Clima frío
14	Clima cálido
15	Distribución en la manzana o bloque
16	Dirección del viento
17	Cercanía de un río
18	Características del terreno

### **2.2.2 Aplicación del método Kano**

El método Kano se fundamenta en un cuestionario dirigido a usuarios, para el caso particular de los requerimientos funcionales para la caracterización de los escenarios de riesgos, se realizó un total de 20 encuestas. Los usuarios fueron seleccionados entre profesionales de la construcción, profesores investigadores universitarios y expertos relacionados con el objeto de la investigación.

A continuación, se presentan los resultados de manera resumida, debido a que la información que se obtiene del método Kano es bastante extensa. Se incluye en primera instancia una tabla de respuestas, donde aparece la concentración obtenida de cada uno de los requerimientos evaluados y se realiza una comprobación de la validez estadística de los resultados obtenidos.

La Tabla 2.2 corresponde a la clasificación de los requerimientos descritos en las categorías por el método Kano. La clasificación de los requerimientos se obtiene por simple mayoría. El significado de las columnas corresponde a la clasificación definida como: A, Atractivos; O, Obligatorios; U, Unidimensionales; Inv., Pregunta inversa; D, Pregunta dudosa; T, Total de respuestas; C, Clasificación del requerimiento para la muestra de 20 encuestas realizadas a los usuarios seleccionados para la investigación.

**Tabla 2.2. Clasificación de los requerimientos obtenida del método Kano.**

<b>No.</b>	<b>Requerimientos funcionales</b>	<b>A</b>	<b>O</b>	<b>U</b>	<b>I</b>	<b>Inv.</b>	<b>D</b>
1	Relieve Montañoso	2	4	8	0	0	0
2	Relieve Llano	2	3	0	12	2	0
3	Relieve Valle	3	0	0	16	0	0
4	Altitud medida con respecto al NMM	10	0	6	3	0	0
5	Zona Costera	7	5	7	0	0	0
6	Zona Urbana	7	2	0	10	0	0
7	Zona Rural	6	0	0	13	0	0
8	Ubicación Aislada	8	1	1	9	0	0
9	Rodeada árboles	4	0	0	15	0	0
10	Rodeada Edificios Altos (+3niveles)	6	1	1	6	0	0
11	Rodeada Edificios Bajos (-3niveles)	0	0	0	17	0	2
12	Rodeada Edificios y árboles	2	5	0	12	0	0
13	Clima frío	5	0	0	14	0	0
14	Clima cálido	5	0	3	1	0	5
15	Distribución en la manzana o bloque	7	4	0	8	0	0
16	Dirección del viento	8	2	4	2	0	0
17	Cercanía de un río	2	5	0	9	3	0
18	Características del terreno	11	2	1	5	0	0

Tabla 2.3. Clasificación de los requerimientos obtenida del método Kano.

No.	Requerimientos funcionales	A	O	U	I	Inv.	D	T	Cla.	P	S	T	Q	Abs (a-b)	Imp.	Mejor
1	Relieve Montañoso	2	4	8	0	0	0	14	U	U	O	I	8.08	>	0.80	0.71
2	Relieve Llano	2	3	0	12	2	0	19	I	I	UI	A	7.15	>	0.43	0.12
3	Relieve Valle	3	0	0	16	0	0	19	I	I	O	A	7.80	>	0.39	0.16
4	Altitud medida con respecto al NMM	10	0	6	3	0	0	19	A	A	O	I	7.62	>	0.84	0.84
5	Zona Costera	7	5	7	0	0	0	19	AU	AU	O	I	6.44	>	0.89	0.74
6	Zona Urbana	7	2	0	10	0	0	19	I	I	O	I	6.89	>	0.45	0.37
7	Zona Rural	6	0	0	13	0	0	19	I	I	O	I	7.50	>	0.65	0.32
8	Ubicación Aislada	8	1	1	9	0	0	19	I	I	O	AI	6.75	>	0.58	0.47
9	Rodeada árboles	4	0	0	15	0	0	19	I	I	O	Inv.	7.93	>	0.39	0.21
10	Rodeada Edificios Altos (+3niveles)	6	1	1	6	0	0	14	AI	AI	O	AI	7.06	>	0.57	0.50
11	Rodeada Edificios Bajos (-3niveles)	0	0	0	17	0	2	19	I	I	O	A	7.22	<	0.42	0.00
12	Rodeada Edificios y árboles	2	5	0	12	0	0	19	I	I	O	I	7.39	>	0.36	0.11
13	Clima frío	5	0	0	14	0	0	19	I	I	O	AI	7.38	>	0.36	0.26
14	Clima cálido	5	0	3	1	0	5	14	AD	AD	O	I	6.36	>	0.66	0.89
15	Distribución en la manzana o bloque	7	4	0	8	0	0	19	I	I	O	AI	7.35	>	0.59	0.37
16	Dirección del viento	8	2	4	2	0	0	16	A	A	O	AI	6.85	>	0.52	0.75
17	Cercanía de un río	2	5	0	9	3	0	19	I	I	U	I	7.25	>	0.45	0.13
18	Características del terreno	11	2	1	5	0	0	19	A	A	O	I	7.97	>	0.59	0.63

En la Tabla 2.3 se muestra no solo la primera clasificación, sino también la segunda y tercera clasificación más frecuente. La columna de la importancia promedio permite evaluar en la escala de 0 a 1, la percepción de la importancia que tiene el requerimiento para el usuario.

También se indican los resultados de la evaluación de los requerimientos en función del incremento de la satisfacción (columna designada como “Mejor”), o el decremento de ella (columna designada como “Peor”), definiendo la inclusión o no del requerimiento como característica deseada.

En la Figura 2.2 se muestran los resultados de la Tabla 2.3. En esta gráfica se puede apreciar las consecuencias de incorporar o no una característica del análisis, según el método Kano. Al incorporar un requerimiento, éste puede influir en la satisfacción del usuario, o de lo contrario, puede generar insatisfacción del mismo.

Al realizarse este análisis a los requerimientos funcionales, se logra un primer estudio cualitativo orientado a estratificarlos, lo cual permitirá una mejor comprensión de las necesidades del usuario. Es este uno de los pasos que conforma el modelo expuesto en el capítulo anterior e inicia la estratificación de los requerimientos.

En la Figura 2.3. se plotea la distribución de las diferentes combinaciones de requerimientos funcionales realizadas a partir de los requerimientos agrupados en el gráfico Kano. De un total de 18, fueron catalogados dos como unidimensionales, seis como atractivos, ninguno como obligatorios y once como indiferentes.

Para obtener el ploteo que se muestra en la Figura 2.3, se registran en sub-tablas el acumulado de las diferentes respuestas que proporcionan los encuestados con el cuestionario Kano. En la Figura 2.4 se muestra una síntesis de este procesamiento estadístico.

De la misma forma, se hace una compilación de las respuestas de cada uno de los encuestados, para compilar las satisfacciones e insatisfacciones (Figura 2.5).

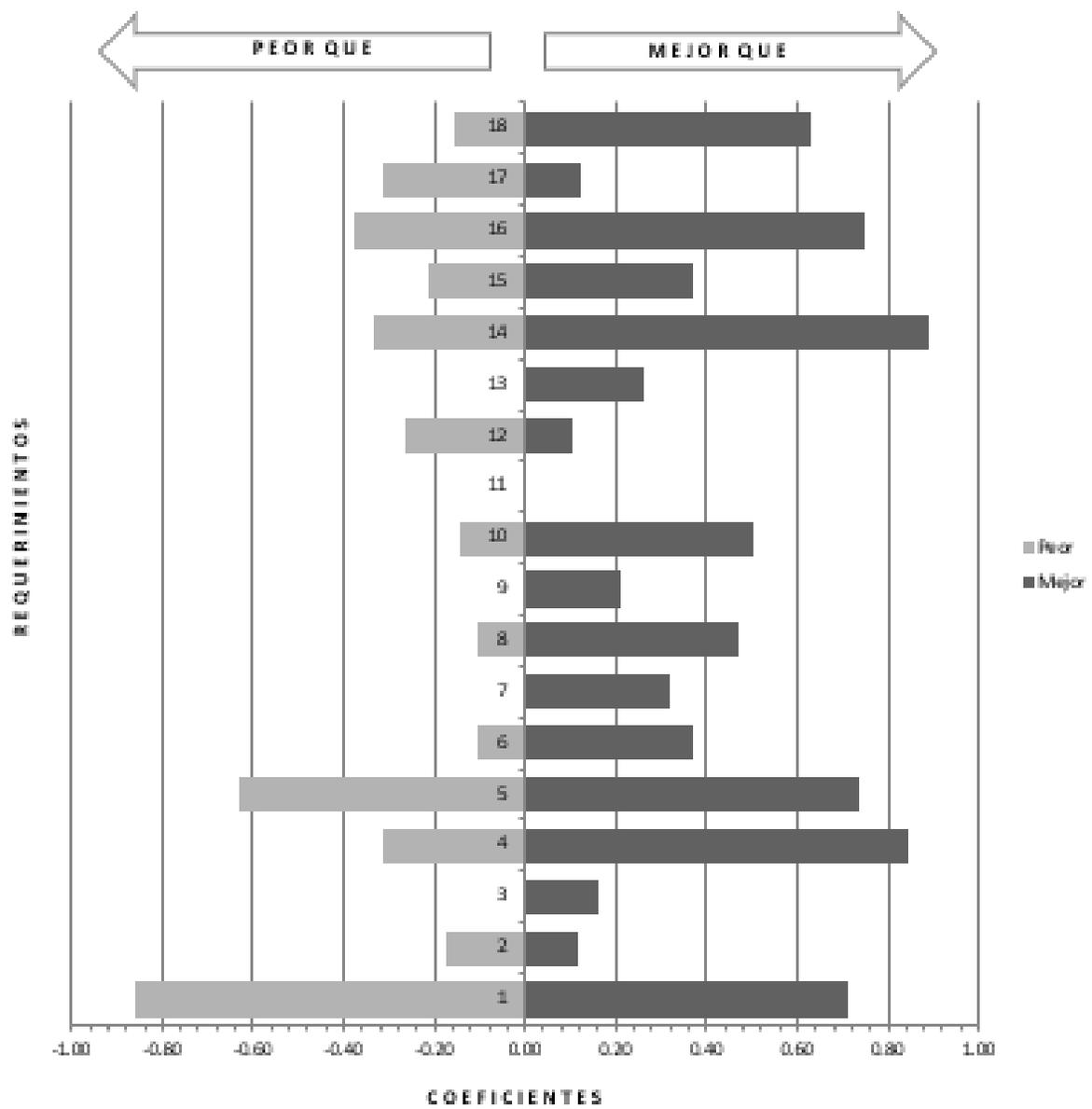


Figura 2.2. Resultados para cada requerimiento en la encuesta (“Mejor qué” y “Peor qué”).

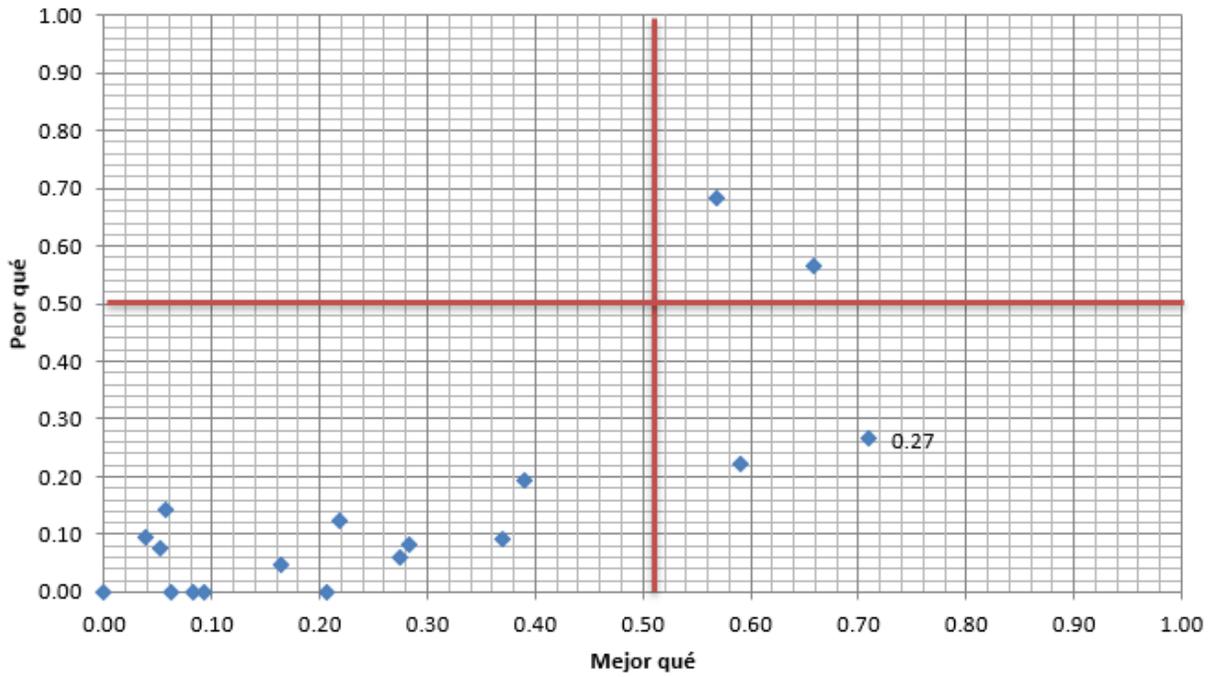


Figura 2.3. Requerimientos de la encuesta ploteados según el método Kano.

<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 1</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 1	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	0	2	0	8	2	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 2</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 2	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	2	0	0	0	2	2	0	2	0	1	3	0	0	1	0	2	4	0	0	5	4	0	5	0	0	0	0	0
Req 1	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	0	2	0	8																																																																																
2	0	0	0	0	3																																																																																
3	0	0	0	0	0																																																																																
4	0	0	0	0	1																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 2	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	2	0	0	0																																																																																
2	2	0	2	0	1																																																																																
3	0	0	1	0	2																																																																																
4	0	0	5	4	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 3</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 3	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	2	0	1	0	2	0	0	4	0	0	3	0	0	8	0	0	4	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 4</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 4	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	10	0	0	6	2	0	0	2	1	0	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Req 3	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	2	0	1	0																																																																																
2	0	0	4	0	0																																																																																
3	0	0	8	0	0																																																																																
4	0	0	0	4	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 4	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	10	0	0	6																																																																																
2	0	0	2	1	0																																																																																
3	0	0	0	0	0																																																																																
4	0	0	0	0	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 5</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 5	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	5	0	2	7	2	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 6</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 6	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	5	0	2	0	2	0	2	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0	0	5	2	2	5	0	0	0	0	0
Req 5	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	5	0	2	7																																																																																
2	0	0	0	0	5																																																																																
3	0	0	0	0	0																																																																																
4	0	0	0	0	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 6	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	5	0	2	0																																																																																
2	0	2	0	0	0																																																																																
3	0	0	1	0	0																																																																																
4	0	0	5	2	2																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																

Figura 2.4. Compilación de los requerimientos de la encuesta ploteados según el método Kano (para algunos requerimientos).

<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 7</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>11</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 7	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	2	2	2	0	2	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0	0	0	11	0	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 8</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 8	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	6	2	0	1	2	0	2	4	0	1	3	0	0	3	0	0	4	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Req 7	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	2	2	2	0																																																																																
2	0	0	1	0	0																																																																																
3	0	0	1	0	0																																																																																
4	0	0	0	11	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 8	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	6	2	0	1																																																																																
2	0	2	4	0	1																																																																																
3	0	0	3	0	0																																																																																
4	0	0	0	0	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 9</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 9	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	3	0	2	9	0	0	4	0	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 10</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 10	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	0	0	6	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	0	4	0	0	0	2	1	5	0	0	0	0	0
Req 9	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	0	2	2	0																																																																																
2	0	0	0	0	0																																																																																
3	0	2	9	0	0																																																																																
4	0	0	4	0	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 10	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	0	0	6	1																																																																																
2	0	0	0	0	0																																																																																
3	0	0	4	0	0																																																																																
4	0	0	0	2	1																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 11</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>14</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 11	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	3	0	0	14	0	0	4	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 12</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 12	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	3	0	0	6	0	0	4	0	2	1	1	5	5	0	0	0	0	0
Req 11	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	2	0	0	0	0																																																																																
2	0	0	0	2	0																																																																																
3	0	0	14	0	0																																																																																
4	0	0	0	1	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 12	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	2	0	0	0																																																																																
2	0	0	0	2	0																																																																																
3	0	0	6	0	0																																																																																
4	0	2	1	1	5																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 13</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 13	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	5	0	0	0	2	0	0	2	2	0	3	0	0	4	0	0	4	0	0	5	1	0	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 14</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 14	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	5	3	0	2	3	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0
Req 13	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	5	0	0	0																																																																																
2	0	0	2	2	0																																																																																
3	0	0	4	0	0																																																																																
4	0	0	5	1	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 14	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	5	3	0	2	3																																																																																
2	0	0	0	0	0																																																																																
3	0	0	0	0	0																																																																																
4	0	0	0	1	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 15</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 15	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	7	0	0	0	2	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	6	3	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 16</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 16	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	8	0	0	4	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	4	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Req 15	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	7	0	0	0																																																																																
2	0	0	0	2	1																																																																																
3	0	0	0	0	0																																																																																
4	0	0	0	6	3																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 16	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	8	0	0	4																																																																																
2	0	0	0	0	0																																																																																
3	0	0	0	0	2																																																																																
4	0	2	0	0	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 17</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 17	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	2	0	0	0	2	3	0	0	0	0	3	0	0	8	0	0	4	0	0	0	1	5	5	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Req 18</th> <th colspan="5">Requerimientos disfuncionales</th> </tr> <tr> <th>Requerimientos Funcionales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>11</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Req 18	Requerimientos disfuncionales					Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5	1	0	11	0	0	1	2	0	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	4	0	2	0	1	0	5	0	0	0	0	0
Req 17	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	2	0	0	0																																																																																
2	3	0	0	0	0																																																																																
3	0	0	8	0	0																																																																																
4	0	0	0	1	5																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																
Req 18	Requerimientos disfuncionales																																																																																				
Requerimientos Funcionales	1	2	3	4	5																																																																																
1	0	11	0	0	1																																																																																
2	0	0	0	2	2																																																																																
3	0	0	0	0	0																																																																																
4	0	2	0	1	0																																																																																
5	0	0	0	0	0																																																																																

Figura 2.4. Continuación.

REQUERIMIENTO 1:								
¿Cómo se siente si el Bipedestador incluye configuración con estructura modular?	1. Me agrada	10	Requerimiento 1	Nivel de importancia del requerimiento				
	2. Es de esperarse	13		Para nada Importante		1	0	
	3. Neutral	0			2	0		
	4. Lo acepto	1		Algo Importante	3	2		
	5. Me desagrada	0			4	0		
¿Cómo se siente si el Bipedestador NO incluye configuración con estructura modular?	1. Me agrada	0		Importante	5	0		
	2. Es de esperarse	0			6	2		
	3. Neutral	7		Muy Importante	7	5		
	4. Lo acepto	0			8	3		
	5. Me desagrada	12		Extremo Importante	9	7		
REQUERIMIENTO 2:								
¿Cómo se siente si el Bipedestador presenta una buena resistencia estructural?	1. Me agrada	2	Requerimiento 2	Nivel de importancia del requerimiento				
	2. Es de esperarse	5		Para nada Importante		1	0	
	3. Neutral	3			2	0		
	4. Lo acepto	9		Algo Importante	3	3		
	5. Me desagrada	0			4	11		
¿Cómo se siente si el Bipedestador NO presenta una buena resistencia estructural?	1. Me agrada	2		Importante	5	0		
	2. Es de esperarse	2			6	3		
	3. Neutral	8		Muy Importante	7	2		
	4. Lo acepto	4			8	0		
	5. Me desagrada	3		Extremo Importante	9	0		
REQUERIMIENTO 3:								
¿Cómo se siente si el dispositivo presenta resistencia a procesos corrosivos?	1. Me agrada	3	Requerimiento 3	Nivel de importancia del requerimiento				
	2. Es de esperarse	4		Para nada Importante		1	0	
	3. Neutral	8			2	0		
	4. Lo acepto	4		Algo Importante	3	8		
	5. Me desagrada	0			4	4		
¿Cómo se siente si el dispositivo NO presenta resistencia a procesos corrosivos?	1. Me agrada	0		Importante	5	3		
	2. Es de esperarse	2			6	4		
	3. Neutral	12		Muy Importante	7	0		
	4. Lo acepto	5			8	0		
	5. Me desagrada	0		Extremo Importante	9	0		

Figura 2.5. Compilación de las satisfacciones e insatisfacciones según el método Kano (para algunos requerimientos).

### **2.3 Conclusiones parciales**

1. Se elaboró un procedimiento para la evaluación de los diferentes escenarios de riesgos de las viviendas con cubiertas ligeras, ante fuertes vientos.
2. Se aplicó el Método Kano para la cualificación de los requerimientos.

## CONCLUSIONES GENERALES

1. El análisis de los fundamentos teóricos y metodológicos entorno a los escenarios de riesgo ante vientos extremos, permitió identificar las principales variables características que inciden en la vulnerabilidad de las cubiertas ligeras.
2. El empleo del método Kano permitió cualificar los requerimientos necesarios para la modelación de los escenarios de riesgo ante fuertes vientos.
3. El diseño del procedimiento permitió evaluar los escenarios de riesgo de las viviendas con cubiertas ligeras ante fuertes vientos, y así contribuir con un instrumento en la toma de decisiones para reducir su vulnerabilidad.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda para futuras investigaciones del Dpto. de Construcciones:
  1. Continuar con la aplicación del procedimiento: Modelar con herramientas CAD/CAE los escenarios de la evaluación de riesgos ante vientos extremos.
  2. Simular con herramientas CAE las variables identificadas por el método Kano en los diferentes escenarios de riesgos identificados.
- ❖ Se sugiere a las instituciones correspondientes como: Dirección Municipal y Provincial de la Vivienda, CITMA, Dirección Provincial de la Vivienda:
  3. Incorporar los resultados de la presente investigación en los estudios de ordenamiento del esquema provincial, Planes Generales de Ordenamiento Territorial y Urbano, Estudios de peligro vulnerabilidad y riesgo y demás estrategias vinculadas con la gestión de riesgo y el desarrollo urbanístico.
- ❖ El autor se compromete a socializar el presente estudio con el consejo de Defensa Municipal y el Gobierno Municipal, para facilitar la toma de decisiones en torno a la vulnerabilidad y la gestión de riesgo.
- ❖ El autor se compromete a socializar los resultados de la investigación en publicaciones y eventos científicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd Elraouf, R., Elmokadem, A., Megahed, N., Abo Eleinen, O., & Eltarabily, S. (2022). The impact of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot-humid climate. *Building and Environment*, 225, 109632.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109632>
- ACS. (2003). Association of Caribbean States, Model Building code for wind loads. In. Agnisarman, S., Madathil, K. C., Khasawneh, A., Ponathil, A., Lopes, S., Piratla, K., & Gajjar, D. (2022). Sensemaking perspective on infrastructure risk-related mental model development of windstorm loss prevention engineers. *Journal of Building Engineering*, 52, 104314.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104314>
- Amaya, O., & Cozz, U. (2012). *Modelado del viento para simulaciones computalizadas de sistemas de potencia*. Retrieved from
- Anthes, R. (1982). *Tropical Cyclones: Their Evolution, Structure and Effects*. Meteorological Monograph, (19). Boston, USA.
- Apcarian, A. (2016). *Experiencias en el modelado de estructuras sometidas al viento*. Paper presented at the Convencion Cientifica de Ingenieria y Arquitectura CUJAE, La Habana, Cuba.
- Asghari, M., Irwin, P., & Chowdhury, A. (2014). Large-scale testing on wind uplift of roof pavers. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 128, pp 32-36.
- Baker, C. J. (2007). Wind engineering--Past, present and future. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 95(9-11), 843-870. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V3M-4NB2SCH-3/2/1997baacf7ca662bbb10137018d67b82>
- Bitsuamlak, G., Gan Chowdhury, A., & Warsido, W. (2013). Aerodynamic Mitigation of Roof and Wall Corner Suctions Using Simple Architectural Elements. *JOURNAL OF ENGINEERING MECHANICS*. doi:10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000505

- Borri, C. (2011). *Environmental Wind Engineering and Desing of Wind Energy Estructures*.
- Brozovsky, J., Simonsen, A., & Gaitani, N. (2021). Validation of a CFD model for the evaluation of urban microclimate at high latitudes: A case study in Trondheim, Norway. *Building and Environment*, 205, 108175.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108175>
- Cabrales, A. (2016). *Metodología para el diseño conceptual mecánico basada en la trazabilidad de los requerimientos funcionales*. (Doctor en Ciencias Técnicas Tesis de Doctorado). Universidad Agraria de La Habana, La Habana.
- Chen, X., & Kareem, A. (2000). *On the application of stochastic decomposition in the analysis of wind effects*. Paper presented at the Int. Conf. on Advances in Struct. Dyn.
- Doddipatla, L. S., & Kopp, G. A. (2021). Wind loads on roof-mounted equipment on low-rise buildings with low-slope roofs. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 211, 104552.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104552>
- Esparza-Montero, M. (2017). *Método para la generación conceptual de soluciones en el diseño de una caja compactadora de residuos sólidos con herramientas CAD/CAE*. (Máster en CAD/CAM Tesis de Maestría). Holguín, Cuba, Holguín.
- Ferrolezama. (2015). Retirada de Amianto y Fibrocemento en toda España.  
Retrieved from <http://www.ferrolezama.es/trabajos.html>
- Guo, Y., Wu, C.-H., & Kopp, G. A. (2021). A method to estimate peak pressures on low-rise building models based on quasi-steady theory and partial turbulence analysis. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 218, 104785. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104785>
- Habte, F., Asghari, M., Irwin, P., & Chowdhury, A. (2015a). Full-scale testing to evaluate the performance of standing seam metal roofs under simulated wind loading. *Engineering Structures*, 105, 231–248.
- Habte, F., Asghari, M., Irwin, P., & Chowdhury, A. (2015b). Full-scale testing to evaluate the performance of standing seam metal roofs under simulated wind loading. *Engineering Structures* 105, pp 231–248.

- Habte, F., Chowdhury, A., & Irwin, P. (2015). *Performance of Standing Seam Metal Roofs under Realistic Wind Loading*. Paper presented at the 14th International Conference on Wind Engineering, Porto Alegre, Brazil.
- Hao, Y., Kopp, G. A., Wu, C.-H., & Gillmeier, S. (2020). A wind tunnel study of the aerodynamic characteristics of a scaled, aeroelastic, model tree. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 197, 104088.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2019.104088>
- Isyumov, N. (2012). Alan G. Davenport's mark on wind engineering. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 104-106(0), 12-24.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2012.02.007>
- Jaffe, A. L., & Kopp, G. A. (2021). Internal pressure modelling for low-rise buildings in tornadoes. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 209, 104454. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104454>
- Jungmann, M. D. (2007). *Finite element analysis and field observation of a residential roof subjected to hurricane winds*. (Master of Science). Iowa State University,
- Kopp, G. A., & Wu, C.-H. (2020). A framework to compare wind loads on low-rise buildings in tornadoes and atmospheric boundary layers. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 204, 104269.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104269>
- Kwan, K., & Kopp, G. A. (2021). The effects of edge radius on wind tunnel tests of low-rise buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 214, 104668. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104668>
- Lengarán, Y. (2015). *Caracterización de las cubiertas ligeras en viviendas y obras industriales en la ciudad de Holguín*. Universidad de Holguín,
- METUNAS. (2011). Sistema de cubiertas metálicas. In E. d. e. M. METUNAS (Ed.).
- Milanés Batista, C., Planas, J. A., Pelot, R., & Núñez, J. R. (2020). A new methodology incorporating public participation within Cuba's ICZM program. *Ocean & Coastal Management*, 186, 105101.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105101>

- Miller, C. S., Kopp, G. A., & Morrison, M. J. (2020). Aerodynamics of air-permeable multilayer roof cladding. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 207, 104409. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104409>
- Montero, O. P., & Batista, C. M. (2020). Social perception of coastal risk in the face of hurricanes in the southeastern region of Cuba. *Ocean & Coastal Management*, 184, 105010. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105010>
- Normalización, O. N. d. (2002). Norma Cubana. Láminas acanaladas de fibrocemento y sus piezas accesorias. Especificaciones y métodos de ensayo. NC-206-2002. In.
- Normalización, O. N. d. (2006a). Norma Cubana. Código de buenas prácticas para la ejecución de cubiertas con canalón de fibrocemento y sus piezas accesorias 431-2006. In.
- Normalización, O. N. d. (2006b). Norma cubana. Código de buenas prácticas para la ejecución de cubiertas con láminas acanaladas y piezas accesorias de fibrocemento. NC-432-2006. In.
- Normalización, O. N. d. (2007). Láminas acanaladas de fibrocemento y sus piezas accesorias. Especificaciones y métodos de ensayo. In.
- Reyes-Ramírez, A. (2017). *Simulación numérica de la carga dinámica del viento extremo y su efecto sobre las cubiertas ligeras*. (Máster en CAD/CAM). Universidad de Holguín, Holguín.
- Reyes-Ramírez, A., Almaguer-Zaldivar, P. M., & Estrada-Cingualbres, R. A. (2020). Vulnerability assessment of the metallic light roofs to the effect of hurricane force winds using FEM. In *SINERGIAS EN LA INVESTIGACIÓN EN STEM* (Vol. I, pp. 41-44). España: 3Ciencias.
- Reyes-Ramírez, A., & R.A., E.-C. (2017a). *Evaluación mediante el método de elementos finitos del estado tensional de las cubiertas ligeras bajo la acción de vientos extremos*. Paper presented at the VIII Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Holguín.
- Reyes-Ramírez, A., & R.A., E.-C. (2017b). *Simulación de la acción dinámica del viento extremo en cubiertas ligeras. Estudio preliminar*. Paper presented at the

VIII Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín,  
Holguín.

- Reyes-Ramírez, A., R.A., E.-C., Almaguer-Zaldivar, P. M., & Pérez-Rodríguez, R. (2019). *Modelos matemáticos para la simulación de vientos extremos en cubiertas ligeras*. Paper presented at the Convención Internacional Científica y Tecnológica, Camaguey.
- Reyes-Ramírez, A., R.A., E.-C., Lengarán-Ávila, Y., & Rodríguez-Peña, J. C. (2017). *Simulación numérica de las cubiertas ligeras ante el efecto de vientos extremos*. Paper presented at the VII Conferencia Internacional Ciencia y Tecnología por un Desarrollo Sostenible, Camaguey.
- Reyes-Ramírez, A., R.A., E.-C., & Pérez-Rodríguez, R. (2019). *Simulación de la carga dinámica de vientos extremos sobre las cubiertas ligeras*. Paper presented at the IX Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Holguín.
- Reyes-Ramírez, A., R.A., E.-C., Pérez-Rodríguez, R., & Lengarán-Ávila, Y. (2018). *Simulación numérica de las cubiertas ligeras ante el efecto de vientos extremos*. Paper presented at the Conferencia Internacional de Ingeniería en Cuba, Varadero.
- Rodríguez, J. C. (2016). *Simulación numérica de las cubiertas ligeras ante el embate de vientos huracanados*. Universidad de Holguín,
- Silva, L. F. O., Milanes, C., Pinto, D., Ramirez, O., & Lima, B. D. (2020). Multiple hazardous elements in nanoparticulate matter from a Caribbean industrialized atmosphere. *Chemosphere*, 239, 124776.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124776>
- UMIV. (2018). Construcción de viviendas en zonas de riesgo de huracanes. In (pp. 32): Unidad Municipal Inversionista de la Vivienda.
- Vickery, P. J. (2009). Hurricane hazard modeling: The past, present, and future. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*.
- Wang, J., & Kopp, G. A. (2021). Gust effect factors for windward walls of rigid buildings with various aspect ratios. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 212, 104603. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104603>

Zhao, S., Ge, Y., & Kopp, G. (2022). Assessment of gust factors and wind speed decomposition methods for thunderstorms. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 223, 104953.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2022.104953>

## ANEXOS

### Anexo 1. Cuestionario Kano utilizado en la tesis

#### CUESTIONARIO

Como parte de un trabajo de diploma que se realiza en el Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Holguín, es requerida información concerniente a los requerimientos funcionales para la simulación de los escenarios de riesgo ante vientos extremos para las viviendas con cubiertas ligeras.

En base a ello acudimos a usted, solicitando nos auxilie a cumplimentar la encuesta que se anexa, que tiene por objetivo recopilar información sobre cuáles son los requerimientos funcionales o variables a tener en cuenta, según su criterio, para la modelación de determinados escenarios de riesgo para las viviendas con cubiertas ligeras y cuál es su nivel de importancia, para evaluar la influencia del medio o entorno en la vulnerabilidad de la edificación. Esta información será la base de formulación de un procedimiento para la simulación numérica de dichos escenarios.

Las preguntas del cuestionario se dividen en tres partes, en la primera le preguntamos sobre su actitud si la simulación tiene el requerimiento mencionado; en la segunda le preguntamos sobre su actitud si la simulación NO tiene el requerimiento mencionado. Usted debe seleccionar, marcando con una (X) la alternativa que mejor describa su actitud ante la pregunta. En la tercera, usted realizará una evaluación del nivel de importancia de este requerimiento en un rango de Para nada Importante a Extremo Importante. En todas las partes de la encuesta su selección es única.

Muchas Gracias.

**Por favor para cada requerimiento, seleccione la alternativa que mejor describa su actitud ante la pregunta, con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad de los escenarios de riesgo ante vientos extremos en cubiertas ligeras**

- REQUERIMIENTO 1: Escenario en Relieve Montañoso**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la ubicación de la edificación en un <b>Relieve Montañoso</b> ?	1. Me agrada		Requerimiento 1	Nivel de importancia del requerimiento	
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	1
	3. Neutral				2
	4. Lo acepto			Algo Importante	3
	5. Me desagrada				4
	1. Me agrada			Importante	5

- REQUERIMIENTO 2: Escenario en Relieve Llano**

¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la ubicación de la edificación en un <b>Relieve Montañoso</b> ?	2. Es de esperarse		Muy Importante	6	
	3. Neutral				7
	4. Lo acepto			Extremo Importante	8
	5. Me desagrada				9

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la ubicación de la edificación en un <b>Relieve Llano</b> ?	1. Me agrada		Requerimiento 2	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto				3	
	5. Me desagrada			Algo Importante	↓	4
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la ubicación de la edificación en un <b>Relieve Llano</b> ?	1. Me agrada					5
	2. Es de esperarse				6	
	3. Neutral			7		
	4. Lo acepto			Extremo Importante	8	
	5. Me desagrada		9			

### REQUERIMIENTO 3: Escenario en un Valle

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la ubicación de la edificación en un <b>Valle</b> ?	1. Me agrada		Requerimiento 3	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto					3

↓

	5. Me desagrada		Algo Importante	4	
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la ubicación de la edificación en un <b>Valle</b>	1. Me agrada			Importante	5
	2. Es de esperarse			Muy Importante	6
	3. Neutral				7
	4. Lo acepto				8
	5. Me desagrada			Extremo Importante	9

**REQUERIMIENTO 4: Escenario en determinada Altitud con respecto al NMM**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite tener en cuenta la <b>Altitud</b> de la edificación <b>con respecto al nivel del mar</b> ?	1. Me agrada		Requerimiento 4	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto					3
	5. Me desagrada			Algo Importante	↓	4
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite tener en cuenta la <b>Altitud</b> de la edificación <b>con respecto al nivel del mar</b> ?	1. Me agrada			Importante		5
	2. Es de esperarse			Muy Importante	6	
	3. Neutral				7	
	4. Lo acepto			Extremo Importante	8	
	5. Me desagrada			9		

**REQUERIMIENTO 5: Escenario en Zona Costera**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la ubicación de la edificación en una <b>Zona costera</b> ?	1. Me agrada		<b>Requerimiento 5</b>	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto			Algo Importante	↓	3
	5. Me desagrada					4
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la ubicación de la edificación en una <b>Zona costera</b> ?	1. Me agrada			Importante	5	
	2. Es de esperarse			Muy Importante	6	
	3. Neutral				7	
	4. Lo acepto			Extremo Importante	8	
	5. Me desagrada		9			

### REQUERIMIENTO 6: Escenario en Zona Rural

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la ubicación de la edificación en una <b>Zona Rural</b> ?	1. Me agrada		<b>Requerimiento 6</b>	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto					3
	¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la ubicación de la edificación en una <b>Zona Rural</b> ?	5. Me desagrada			Algo Importante	↓
1. Me agrada				Importante		
2. Es de esperarse				Muy Importante	6	
3. Neutral					7	
4. Lo acepto		8				

	5. Me desagrada		Extremo Importante		9
--	-----------------	--	--------------------	--	---

**REQUERIMIENTO 7: Escenario en Zona Urbana**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la ubicación de la edificación en una <b>Zona Urbana</b> ?	1. Me agrada		Requerimiento 7	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Algo Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto					3
	5. Me desagrada					4
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la ubicación de la edificación en una <b>Zona Urbana</b> ?	1. Me agrada			Importante		5
	2. Es de esperarse			Muy Importante		6
	3. Neutral				7	
	4. Lo acepto				8	
	5. Me desagrada		Extremo Importante		9	

**REQUERIMIENTO 8: Escenario en Ubicación Aislada**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la edificación en una <b>Ubicación Aislada</b> ?	1. Me agrada		Requerimiento 8	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Algo Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto					3
	5. Me desagrada					4
	1. Me agrada			Importante		5

¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la edificación en una <b>Ubicación Aislada</b> ?	2. Es de esperarse	
	3. Neutral	
	4. Lo acepto	
	5. Me desagrada	

Muy Importante	6
	7
Extremo Importante	8
	9

**REQUERIMIENTO 9: Escenario rodeado de árboles**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite tener en cuenta los <b>obstáculos</b> cuando la edificación está <b>rodeada de árboles</b> ?	1. Me agrada	
	2. Es de esperarse	
	3. Neutral	
	4. Lo acepto	
	5. Me desagrada	
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite tener en cuenta los <b>obstáculos</b> cuando la edificación está <b>rodeada de árboles</b> ?	1. Me agrada	
	2. Es de esperarse	
	3. Neutral	
	4. Lo acepto	
	5. Me desagrada	

Nivel de importancia del requerimiento		
Requerimiento 9	Para nada Importante	1
	Algo Importante	2
		3
		4
	Importante	5
	Muy Importante	6
		7
		8
	Extremo Importante	9

**REQUERIMIENTO 10: Escenario rodeado de edificios altos**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite tener en cuenta los <b>obstáculos</b> cuando la edificación está <b>rodeada de edificios altos (3niveles o +)</b> ?	1. Me agrada	
	2. Es de esperarse	
	3. Neutral	
	4. Lo acepto	

Nivel de importancia del requerimiento		
Requerimiento 10	Para nada Importante	1
		2
		3

	5. Me desagrada		Algo Importante	4	
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite tener en cuenta los <b>obstáculos</b> cuando la edificación está <b>rodeada de edificios altos (3niveles o +)</b> ?	1. Me agrada			Importante	5
	2. Es de esperarse			Muy Importante	6
	3. Neutral				7
	4. Lo acepto				8
	5. Me desagrada			Extremo Importante	9

**REQUERIMIENTO 11: Escenario rodeado de edificios bajos**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite tener en cuenta los <b>obstáculos</b> cuando la edificación está <b>rodeada de edificios bajos (menos de 3 niveles)</b> ?	1. Me agrada		Requerimiento 11	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto					3
	5. Me desagrada			Algo Importante	↓	4
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite tener en cuenta los <b>obstáculos</b> cuando la edificación está <b>rodeada de edificios bajos (menos de 3 niveles)</b> ?	1. Me agrada			Importante		5
	2. Es de esperarse			Muy Importante	6	
	3. Neutral				7	
	4. Lo acepto			Extremo Importante	8	
	5. Me desagrada			9		

**REQUERIMIENTO 12: Escenario rodeado de árboles y edificaciones**

	1. Me agrada		Requerimiento 12	Nivel de importancia del requerimiento	

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite tener en cuenta los <b>obstáculos naturales o construidos</b> , tanto árboles como edificaciones?	2. Es de esperarse		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">Requerimiento 12</div> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td rowspan="3">Para nada Importante</td><td rowspan="3" style="text-align: center;">↑</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td rowspan="2">Algo Importante</td><td rowspan="2" style="text-align: center;">↓</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td rowspan="2">Importante</td><td></td><td>6</td></tr> <tr><td></td><td>7</td></tr> <tr><td rowspan="2">Muy Importante</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td></tr> <tr><td>Extremo Importante</td><td></td><td></td></tr> </table> </div>	Para nada Importante	↑	1	2	3	Algo Importante	↓	4	5	Importante		6		7	Muy Importante		8		9	Extremo Importante		
	Para nada Importante	↑				1																			
						2																			
				3																					
Algo Importante	↓	4																							
		5																							
Importante		6																							
		7																							
Muy Importante		8																							
		9																							
Extremo Importante																									
3. Neutral																									
4. Lo acepto																									
5. Me desagrada																									
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite tener en cuenta los <b>obstáculos naturales o construidos</b> , tanto árboles como edificaciones?	1. Me agrada																								
	2. Es de esperarse																								
	3. Neutral																								
	4. Lo acepto																								
	5. Me desagrada																								

**REQUERIMIENTO 13: Escenario con temperaturas propias de Climas Fríos**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite tener en cuenta la temperatura cuando la edificación está ubicada en zona de <b>Clima Frío</b> ?	1. Me agrada		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">Requerimiento 12</div> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3">Nivel de importancia del requerimiento</td></tr> <tr><td rowspan="3">Para nada Importante</td><td rowspan="3" style="text-align: center;">↑</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td rowspan="2">Algo Importante</td><td rowspan="2" style="text-align: center;">↓</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td rowspan="2">Importante</td><td></td><td>6</td></tr> <tr><td></td><td>7</td></tr> <tr><td rowspan="2">Muy Importante</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td></tr> <tr><td>Extremo Importante</td><td></td><td></td></tr> </table> </div>	Nivel de importancia del requerimiento			Para nada Importante	↑	1	2	3	Algo Importante	↓	4	5	Importante		6		7	Muy Importante		8		9	Extremo Importante		
	Nivel de importancia del requerimiento																											
	Para nada Importante	↑		1																								
				2																								
				3																								
Algo Importante	↓	4																										
		5																										
Importante		6																										
		7																										
Muy Importante		8																										
		9																										
Extremo Importante																												
2. Es de esperarse																												
3. Neutral																												
4. Lo acepto																												
5. Me desagrada																												
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite tener en cuenta la temperatura cuando la edificación está ubicada en zona de <b>Clima Frío</b> ?	1. Me agrada																											
	2. Es de esperarse																											
	3. Neutral																											
	4. Lo acepto																											
	5. Me desagrada																											

**REQUERIMIENTO 14: Escenario con temperaturas propias de Climas Cálidos**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite tener en cuenta la temperatura cuando la edificación está ubicada en zona de <b>Clima Cálido</b> ?	1. Me agrada		<b>Requerimiento 13</b>	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto			Algo Importante	↓	3
	5. Me desagrada					4
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite tener en cuenta la temperatura cuando la edificación está ubicada en zona de <b>Clima Cálido</b> ?	1. Me agrada					Importante
	2. Es de esperarse			Muy Importante	6	
	3. Neutral				7	
	4. Lo acepto				Extremo Importante	8
	5. Me desagrada			9		

**REQUERIMIENTO 15: Escenario con determinada distribución de las manzanas o bloques.**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la <b>distribución de las edificaciones en manzana o bloque</b> ?	1. Me agrada		<b>Requerimiento 14</b>	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto					3
	5. Me desagrada			Algo Importante	↓	4
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la <b>distribución de las</b>	1. Me agrada					Importante
	2. Es de esperarse		Muy Importante			6

edificaciones en manzana o bloque?	3. Neutral		Extremo Importante	7
	4. Lo acepto			8
	5. Me desagrada			9

**REQUERIMIENTO 16: Escenario con determinada dirección de viento predominante**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la <b>dirección de viento predominante</b> sobre la edificación?  ¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la <b>dirección de viento predominante</b> sobre la edificación?	1. Me agrada		Requerimiento 15	Nivel de importancia del requerimiento	
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	1
	3. Neutral				2
	4. Lo acepto			Algo Importante	3
	5. Me desagrada				4
	1. Me agrada			Importante	5
	2. Es de esperarse				6
	3. Neutral			Muy Importante	7
	4. Lo acepto				8
	5. Me desagrada			Extremo Importante	9

**REQUERIMIENTO 17: Escenario con la presencia de un río**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar la <b>presencia de un río</b> en la cercanía de la edificación?	1. Me agrada		Requerimiento 16	Nivel de importancia del requerimiento		
	2. Es de esperarse			Para nada Importante	↑	1
	3. Neutral					2
	4. Lo acepto			Algo Importante	↓	3
	5. Me desagrada					4
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar la <b>presencia de un río</b> en la cercanía de la edificación?	1. Me agrada					Importante
	2. Es de esperarse			Muy Importante	6	
	3. Neutral				7	
	4. Lo acepto				Extremo Importante	8
	5. Me desagrada		9			

**REQUERIMIENTO 18: Escenario con determinadas características en el terreno**

¿Cómo se siente si la simulación numérica permite modelar las <b>características del terreno</b> donde está cimentada la edificación?	1. Me agrada	
	2. Es de esperarse	
	3. Neutral	
	4. Lo acepto	
	5. Me desagrada	
¿Cómo se siente si la simulación numérica <b>NO</b> permite modelar las <b>características del terreno</b> donde está cimentada la edificación?	1. Me agrada	
	2. Es de esperarse	
	3. Neutral	
	4. Lo acepto	
	5. Me desagrada	

Nivel de importancia del requerimiento		
Requerimiento 17	Para nada Importante	1
		2
	Algo Importante	3
		4
	Importante	5
	Muy Importante	6
		7
	Extremo Importante	8
		9