

SOCIAL SUSTAINABILITY FRAMEWORK FOR INDUSTRIAL PRODUCTS DESIGN

Lama Ruiz, J. R.; Torres Pareja, L.; Aguayo Gonzalez, F.; Ávila Gutiérrez, M. J.;
Martín Gómez, A. M.

Universidad de Sevilla

In this paper we propose a framework that addresses especially the social dimension of sustainability, under the approach of the Triple E, setting two

targets, continuous improvement of product inclusiveness, and facilitate the visibility of such inclusiveness. To achieve this we have worked on the basis of GERAM framework, that enables a threefold dimension addressing different views of the design and development process, with approaches from low to high

specificity. To improve products and make them more inclusiveness through a process of continuous improvement will deploy five phases (DMAIC) of Six Sigma, which focuses on users and searches, detects and reduces and / or eliminates errors caused by disagreements. To facilitate the visibility of the inclusiveness enhancement level achieved, will make use of a rating of inclusiveness based on a ranking similar to the measure of energy efficiency (levels A to D), and a radar to identify the distribution of improvements in the inclusiveness features.

We illustrate the application of the proposed framework in a family of kitchen furniture.

Keywords: *Sustainable development; Triple E; Social sustainability; Inclusive design; GERAM framework; Six Sigma*

MARCO DE REFERENCIA PARA LA INCORPORACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD SOCIAL AL DISEÑO DE PRODUCTOS INDUSTRIALES

En el presente trabajo se propone un marco de referencia que atienda especialmente la dimensión de sostenibilidad social, bajo el enfoque de la Triple

E, estableciéndose un doble objetivo: la mejora continua de la inclusividad de producto, y facilitar la visibilidad de dicha inclusividad. Para lograrlo se ha trabajado bajo las bases del marco GERAM, que desde una triple dimensión posibilita abordar los distintos puntos de vista del modelo de diseño y desarrollo de productos inclusivos, con aproximaciones de menor a mayor especificidad.

Para mejorar los productos y dotarlos de mayor inclusividad mediante un proceso de mejora continua se desplegarán las cinco etapas (DMAIC) de Seis Sigma, que se centra en los usuarios y busca, detecta y reduce y/o elimina los errores que causan las inconformidades. Para facilitar la visibilidad del nivel de mejora inclusiva conseguido, se hará uso de una calificación de la inclusividad basado en un ranking similar a la medida de la eficiencia energética (niveles A al D), y un radar que permita identificar la distribución de las mejoras en las características inclusivas. Se ilustrará con la aplicación a una familia de mobiliario de cocina.

Palabras clave: *Desarrollo sostenible; Triple E; Sostenibilidad Social; Diseño Inclusivo; Marco GERAM; Six Sigma*

1. Introducción

La sociedad actual tiende a marginar a las personas con discapacidades o minusvalías. Una forma especial de marginación es a través de los artefactos y productos de consumo general que no han sido concebidos para atender a las restricciones que estos colectivos pueden presentar, no siendo habitual que de forma general se tengan en cuenta en los procesos de diseño y desarrollo de productos industriales, cuando es de lo más normal que personas con discapacidad sean usuarios potenciales de dichos productos (Egea & Sarabia, 2001).

Sin ir más lejos, un estudio que se hizo en el Reino Unido determinó que alrededor de un 18,5% de la población de dicho país tenían al menos una discapacidad, un porcentaje lo suficientemente elevado como para no tenerlo en cuenta y marginar a este sector de la población.

En estos casos, en los que las personas tienen dificultades para realizar ciertas actividades de la vida diaria y usar ciertos objetos de uso cotidiano entra en escena el Diseño Inclusivo, que trata de todo aquel diseño que tiene como objetivo el desarrollo de productos de fácil uso y acceso para el mayor número de personas, sin excluir a aquellos que poseen discapacidades.

Con la metodología que se plantea en este artículo se pretende hacer visible para los usuarios de los productos (tanto inclusivos como no inclusivos) información referente a la inclusividad que presentan, es decir, información en la que se apreciará si el producto puede o no adaptarse a sus necesidades, dependiendo de las limitaciones físicas o psíquicas, que puedan tener los usuarios. Mediante este modelo se contribuirá al desarrollo sostenible desde el punto de vista de la sostenibilidad social, ya que se contemplan a las personas con discapacidades y se tienen en cuenta sus limitaciones a la hora de comercializar los productos, potenciando la competitividad empresarial en este ámbito.

2. Objetivos

El objeto de la metodología es desarrollar un proceso de mejora continua con la que se pretende evaluar, y mejorar si es necesario, el grado de inclusividad de los productos para su posterior inclusión en un ranking inclusivo, de esta manera se hará saber a los posibles consumidores si el producto se adecua o no a sus necesidades y a sus limitaciones físicas, mentales, etc.

Para su desarrollo se propone un proceso de mejora continua bajo las bases del DMAIC de Seis Sigma (Escalante, 2005), un proceso enfocado al cliente y que sigue una serie de etapas en las que se busca, detecta, reduce y/o elimina los errores que son las causas de las inconformidades de los usuarios, en este caso la falta de inclusividad.

Con este modelo también se pretende hacer llegar al consumidor la información referente a la inclusividad del producto, para ello se hará uso de una puntuación inclusiva respaldada por un ranking inclusivo. Se propone utilizar, en cuanto a su presentación a los usuarios, un ranking de características similares al empleado en la valoración de la eficiencia energética en productos, debido a su amplia incorporación a la vida cotidiana y que los usuarios ya conocen y son capaces de interpretar, de tal forma que se minimicen los esfuerzos para su divulgación y uso.

3. Antecedentes y metodología de referencia

Como base del modelo de mejora continua se ha utilizado la metodología desarrollada por el grupo de investigación Diseño Industrial e Ingeniería del Proyecto y la Innovación de la Universidad de Sevilla, la cual tiene en cuenta las diferentes discapacidades y actividades

de la vida diaria, y propone el empleo de un conjunto de herramientas para desarrollar alternativas de muebles adaptadas a usuarios con minusvalías. En el presente trabajo se ha pretendido, además, poner en conocimiento del usuario el nivel de inclusividad que puede llegar a alcanzar el producto y utilizarlo como referencia y orientación a la mejora continua.

Los dos modelos se unificarán bajo las bases de la sostenibilidad social desde el paradigma de la Triple E, y un proceso de mejora continua bajo el enfoque de Seis Sigma, posibilitando abordar los distintos puntos de vista del modelo conjunto, con aproximaciones de menor a mayor especificidad.

Bajo el paradigma de la Triple E (Lozano, 2008), en los ámbitos como el económico o el medioambiental se han desarrollado técnicas, o establecido criterios, para aumentar la visibilidad de las características o cualidades del producto respecto del usuario final y de otras empresas, mediante etiquetado del producto o procesos de certificación. Un ejemplo de ello sería la Etiqueta Energética, que permite al consumidor conocer de forma rápida la eficiencia energética de un electrodoméstico.

El paradigma de desarrollo sostenible en el que está basada nuestra propuesta consiste en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades futuras, tomando en cuenta los tres ámbitos de la sostenibilidad del modelo de la Triple E: economía, ecología y equidad.

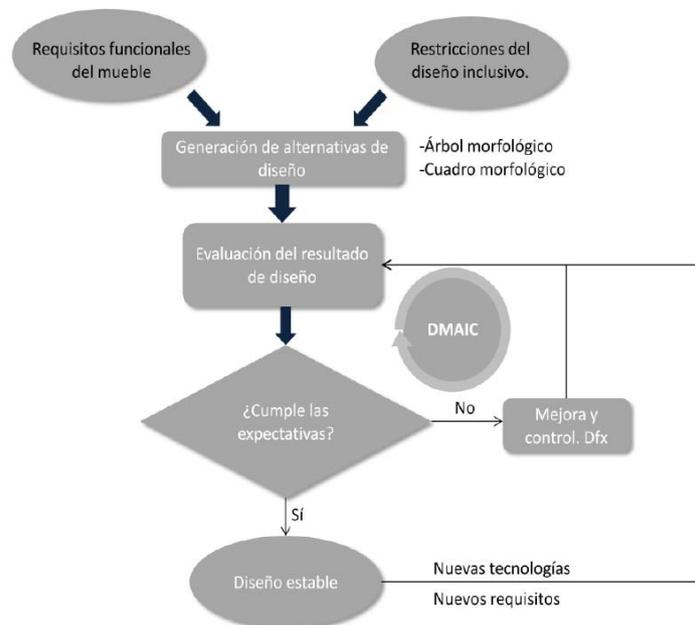
El ámbito social (equidad) en lo que a técnicas o criterios que ayuden a certificar e informar a los usuarios se refiere, no está muy explotado, de ahí que se requiera un esfuerzo especial en el mismo.

Para hacerlo se cogerá la base de la Etiqueta Energética, en la que hay 7 clases de eficiencia identificadas por un código de colores y letras que van desde el color verde y la letra A para los productos más eficientes, hasta el color rojo y la letra G para los menos eficientes (IDAE, 2011). Esto se adaptará al mobiliario inclusivo, consiguiendo una escala inclusiva, que servirá como herramienta informativa para los usuarios de este tipo de mobiliario, permitiendo al consumidor conocer de forma rápida la inclusividad del mobiliario en cuestión. Además, se incorporará información más detallada de los atributos de inclusividad específicos mediante un gráfico tipo radar tal como mostraremos más adelante.

4. Metodología propuesta

El método consta de dos fases principales, una en la que se generarán alternativas de diseño inclusivas y otra en la que se buscará mejorar la inclusividad de los productos siempre y cuando sea necesario. En la figura 1 se ve de forma esquematizada el proceso que sigue el método para obtener tanto las alternativas inclusivas como el ranking correspondiente.

Figura 1. Proceso de la Metodología propuesta



4.1 Generación de alternativas inclusivas

En esta fase se analizarán las necesidades de las personas con discapacidades y se relacionarán con las distintas funciones del mueble, lo que permitirá saber qué funciones requieren una especial atención a la hora de realizar el diseño del producto. También se tendrán en cuenta las actividades de la vida diaria para conocer el impacto de estas actividades con personas con ciertas discapacidades, y por tanto cómo afectarán éstas a la funcionalidad del producto.

Para obtener las funciones del mueble y su interacción con los usuarios se realizarán análisis FAST y HTA (Aguayo et al., 2002). Relacionando mediante una matriz QFD las deficiencias del ser humano y las actividades de la vida diaria se obtendrán las restricciones del diseño inclusivo. Una vez se tienen las funciones y las restricciones, se relacionan mediante otra matriz QFD, de la que se obtendrá un ranking de funciones que servirá para determinar qué funciones habrá que tener más en cuenta a la hora de realizar un diseño inclusivo.

Teniendo en cuenta la información analizada hasta ahora, se utilizarán las técnicas de Árbol morfológico y Cuadro morfológico para generar alternativas inclusivas (Aguayo et al., 2002).

4.2 Modelo de mejora continua para la evaluación inclusiva de mobiliario

Esta fase se basará en el proceso de mejora continua de Seis Sigma (DMAIC) para evaluar la inclusividad del mobiliario, con la que se pretende mejorar la inclusividad de los productos generados hasta ahora.

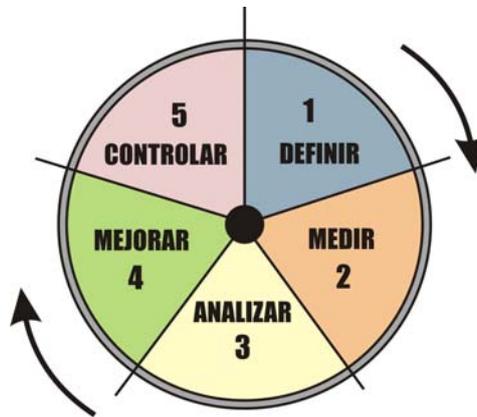
Seis Sigma se fundamenta en el enfoque hacia el cliente en un manejo eficiente de los datos y metodologías, que permite reducir el número de defectos. Aplicando Seis Sigma al diseño inclusivo se persigue una mejor adaptación del mobiliario a los usuarios potenciales, reduciendo la insatisfacción al ser un proceso enfocado a los clientes.

Con el proceso **DMAIC** se busca, se detecta y se reduce y/o eliminan los errores y defectos en un proceso, que son las causas de las inconformidades con los clientes, esto se traduce en nuestro caso, aplicado al diseño inclusivo, en buscar, detectar, modificar y/o eliminar los

parámetros de diseño que no satisfacen las necesidades de los usuarios con y sin deficiencias.

DMAIC (Escalante, 2005) proviene de las siglas de **D**efinir, **M**edir, **A**nalizar, **M**ejorar (Improvement) y **C**ontrolar, a continuación se indican sucintamente las principales operaciones a realizar en cada etapa.

Figura 2. Etapas del proceso Six Sigma



4.2.1 Definición

En esta etapa se define el problema, es decir, se identifica lo que es importante para el usuario, el proceso que será mejorado, los usuarios que usarán el producto y las características críticas del producto que deberán de tenerse en cuenta.

- Definición de componentes y parámetros de diseño

En el caso del método aplicado al diseño inclusivo, en primer lugar se definirán los distintos componentes del mueble, y los parámetros de diseño vinculados a estos componentes. Para definir los componentes del mueble se realizará un árbol de componentes.

- Definición de parámetros inclusivos para el mobiliario

En segundo lugar se definirán los parámetros inclusivos que hacen referencia a las capacidades físicas, intelectuales y sensoriales básicas de las personas. Estos parámetros inclusivos se obtendrán a partir de los resultados del ranking de funciones del mobiliario que se ha obtenido con anterioridad mediante la relación de las deficiencias con las actividades de la vida diaria y posteriormente la relación de estas actividades con las funciones del mobiliario. Los parámetros inclusivos obtenidos de esta manera podrán ser parámetros como Alcance, Movilidad, Aguante/Resistencia, etc.

Por lo tanto se obtendrán las capacidades físicas, intelectuales y sensoriales necesarias para realizar estas funciones, y de ahí se sacarán los parámetros inclusivos referentes a una familia de productos en concreto.

4.2.2 Medición

Durante esta etapa lo que se pretende es diagnosticar la situación actual, tomar datos, e identificar las causas reales del problema para poder actuar en consecuencia.

En este caso, procedemos a determinar el grado de importancia de los parámetros de diseño antes definidos, para ello se utilizará la herramienta QFD, en la que se relacionaran funciones específicas con parámetros de diseño. La importancia de la relación de cada función con cada parámetro de diseño se determinará mediante una serie de variables lingüísticas a las que se les ha asignado un valor.

Tabla 1. Grado de importancia de los parámetros de diseño

| Relación | Variable lingüística | Valor |
|------------|----------------------|-------|
| Ninguna | | 0 |
| Débil | D | 0,25 |
| Media | M | 0,5 |
| Fuerte | F | 0,75 |
| Muy fuerte | MF | 1 |

Para determinar el peso de la QFD se utilizará la siguiente expresión:

$$Peso = V \times N \times C \quad (1)$$

donde **V** es la valoración de cada función general, sacada del ranking de funciones (o el valor correspondiente a su importancia definido en el caso de que no haya sido diseñado mediante las fases anteriores), **N** el número de relaciones de las funciones específicas con las actividades y **C** el coeficiente de repetitividad, que será 1/4 para funciones relacionadas con la limpieza y 1/6 para funciones relacionadas con la reparación o mantenimiento del mueble.

Se ha introducido un coeficiente de repetitividad para ponderar la importancia de tareas que se realizaran de forma esporádica.

Una vez conocidos los parámetros de diseño más importantes a la hora de evaluar la inclusividad del mueble, se pasará a la fase de Análisis.

4.2.3 Análisis

La fase de análisis se centra en averiguar cuál o cuáles son las causas probables de los defectos.

- **Identificación de las causas de posibles defectos**

En esta fase se intentará identificar la causa o las posibles causas que podrían ser el origen de un mal diseño, para esta identificación se utilizará la técnica ideada por el Dr. Kaoru Ishikawa, Diagrama Causa-Efecto. Como problema o fallo (efecto) en el diagrama se utilizarán los parámetros inclusivos ya definidos que pueden no ser satisfechos.

Como posibles causas se emplearán los componentes del mueble y como subcausas los parámetros de diseño vinculados a esos componentes. En las subcausas no se incorporarán valores concretos referidos al mobiliario en cuestión, sino casos extremos para así poder identificar más fácilmente las posibles causas de un diseño no inclusivo.

- **Determinar el grado de inclusividad del mueble**

Una vez elaborados los diagramas Causa-Efecto se realizará una tabla con la que se verá como pueden satisfacerse los parámetros inclusivos antes analizados.

Mediante la tabla de inclusividad del mueble (Tabla 2) determinaremos el grado de inclusividad y en ella aparecerán cuatro tipos de requisitos a satisfacer por el mueble, cada tipo de requisito hará referencia a un grupo en concreto de deficiencias. La tabla tendrá el siguiente aspecto:

Tabla 2. Grado de Inclusividad del Mueble

| Parámetro inclusivo | Componente | Mueble | | | | | |
|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------------|---|---|---|---|
| | | Parámetro de diseño | | A | B | C | D |
| Parámetro inclusivo 1 | Componente 1 | Parámetro de diseño 1 | Características | Requisito tipo A para parámetro de diseño 1 | Requisito tipo B para parámetro de diseño 1 | Requisito tipo C para parámetro de diseño 1 | Requisito tipo D para parámetro de diseño 1 |
| | | | | | | | |

La tabla se elaborará teniendo en cuenta que cada columna se refiere a:

- **Parámetro inclusivo:** Se refiere a los parámetros de diseño no satisfechos en los diagramas Causa-Efecto.
- **Componente:** Componentes del mueble que se han utilizado en los diagramas como causas.
- **Parámetro de diseño:** Parámetros de diseño que se han utilizado como subcausas así como sus características, como pueden ser dimensiones, materiales, etc.
- **D:** Correspondiente al requisito tipo D. Requisito que tiene que cumplir el parámetro de diseño para que el mueble pueda ser utilizado por personas sin discapacidades.
- **C:** Correspondiente al requisito tipo C. Requisito que tiene que cumplir el parámetro de diseño para que el mueble pueda ser utilizado por personas sin discapacidades pero cómodamente y los correspondientes al requisito tipo D.
- **B:** Correspondiente al requisito tipo B. Requisito que tiene que cumplir el parámetro de diseño para que el mueble pueda ser utilizado por personas con deficiencias visuales y auditivas y los correspondientes a los requisitos tipo C y D.
- **A:** Correspondiente al requisito tipo A. Requisitos que tiene que cumplir el parámetro de diseño para que el mueble pueda ser utilizado por personas con deficiencias osteoarticulares y del sistema nervioso y los correspondientes a los requisitos tipo B, C y D.

Para conocer el grado de inclusividad del mueble, habrá que contabilizar el número de parámetros de diseño satisfechos correspondientes a cada tipo de requisito con respecto a cada parámetro inclusivo.

Cada tipo de requisito poseerá una importancia, siendo el tipo A el más importante y el tipo D el menos importante. Esta importancia se tendrá en cuenta aplicando un coeficiente al total de requisitos de un tipo que han sido satisfechos para cada parámetro inclusivo. Los coeficientes serán los siguientes:

- Tipo D: 0.
- Tipo C: 1/3.
- Tipo B: 2/3.
- Tipo A: 1.

Todo esto se anotará en una tabla similar a la siguiente.

| Tipo de requisito | Coeficiente de importancia | Mueble bajo con cajones. Alternativa 1 | | | | | | |
|-------------------|----------------------------|--|----------|---------|-----------|-----------|-------------------|--------|
| | | Alcance | Esfuerzo | Aguante | Movilidad | Seguridad | Identificabilidad | |
| A | %*1 | 13 | 18 | 12 | 11 | 13 | 3 | |
| B | %*2/3 | 4 | 0 | 4 | 4 | 3 | 1 | |
| C | %*1/3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| D | %*0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 92,157 | 100,000 | 91,667 | 91,111 | 90,196 | 91,667 | 92,800 |

De esta tabla se interpreta que 13 parámetros de diseño satisfacen los requisitos de tipo A del parámetro inclusivo “Alcance” del mueble, y que también otros 4 parámetros de diseño satisfacen los requisitos tipo B del mismo parámetro inclusivo.

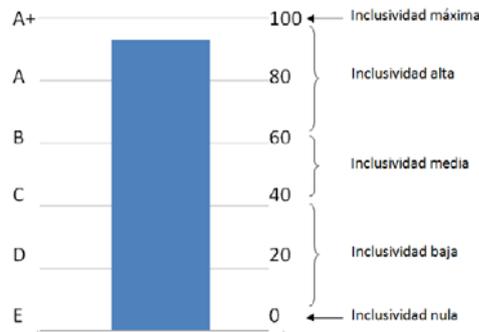
De cada parámetro inclusivo se obtiene una puntuación dependiendo del porcentaje que cada tipo de requisito esté aportando. Cuanto más aporten los tipos de requisitos superiores, más alta será la puntuación y por lo tanto más inclusivo será el mueble.

- **Obtención del ranking inclusivo y elección de alternativas**

Después de haber obtenido la puntuación inclusiva del mueble se comprobará el nivel de inclusividad del mueble comparando su puntuación con una serie de valores que determinaran la posición en la que están del ranking. Esto también servirá para determinar qué alternativa será elegida.

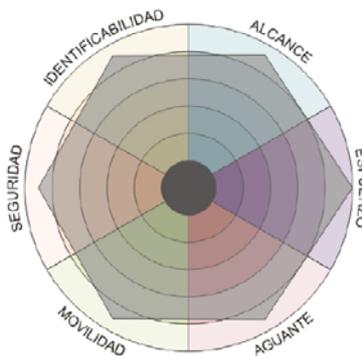
Habrán un total de 6 categorías (IDAE, 2011), siendo la categoría A+ las más inclusiva y la E la menos inclusiva.

Figura 3. Niveles de inclusividad



Como suplemento de información se elaborará también una gráfica de tipo radar (Figura 4) para mostrar de una forma más visual la participación de cada parámetro en el diseño inclusivo del conjunto del mueble. De esta manera se podrá apreciar más fácilmente qué parámetros inclusivos aportan menos al conjunto y por lo tanto que parámetros inclusivos serán más susceptibles a modificaciones.

Figura 4. Gráfico de perfil inclusivo



Una vez obtenido el ranking, se procederá a la elección de las alternativas eligiendo siempre la más inclusiva, teniendo en cuenta el ranking obtenido con anterioridad.

4.2.4 Mejora

En esta fase se buscarán formas de contrarrestar las causas de los defectos (parámetros que no se ajustan a los criterios de inclusividad) proponiendo soluciones y eligiendo las más efectivas para su posterior implementación.

En el caso del diseño inclusivo se buscarán soluciones para mejorar la inclusividad de los muebles, para ello se utilizará la técnica AMFE, que se adaptará a los intereses del modelo. El aspecto del AMFE adaptado será el siguiente (Aguayo et al.2007).

Tabla 3. Modelo AMFE adaptado

| Mueble | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------------|------------------------|----------------|----------------------------------|---------------------------|---------|---|---|---|-----|-------------------|
| Componente | Parámetro de diseño | Funciones relacionadas | Diseño no apto | Consecuencias del diseño no apto | Causas del diseño no apto | Control | G | F | D | IPR | Acción correctora |
| | | | | | | | | | | | |

A la hora de dar valores a los índices de gravedad, frecuencia y detectabilidad se usará la siguiente clasificación:

Tabla 4. Valores de G, F y D

| Gravedad | |
|---|-------|
| Descripción | Valor |
| No hay falta de funcionalidad | 1 |
| Falta de funcionalidad leve para un solo tipo de requisito (para una función no importante) | 2-3 |
| Falta de funcionalidad leve para un solo tipo de requisito | 4-6 |
| Falta de funcionalidad para dos tipos de requisito | 7-8 |
| Falta de funcionalidad para tres tipos de requisito | 9-10 |

| Frecuencia/Probabilidad | |
|---|-------|
| Descripción | Valor |
| Uso esperado del componente durante su vida útil | 1 |
| Posible pérdida de la funcionalidad del componente durante su vida útil. Posible pérdida de seguridad | 2-4 |
| Probabilidad media de pérdida de funcionalidad durante su vida útil. Pérdida de seguridad considerable. | 5-7 |
| Probabilidad alta de pérdida de funcionalidad durante su vida útil. Pérdida de seguridad alarmante. | 8-10 |

| Detectabilidad | |
|----------------------------------|-------|
| Descripción | Valor |
| Detectable a simple vista | 1 |
| Fácil de detectar | 2-4 |
| Dificultad media para detectarlo | 5-7 |
| Difícil de detectar | 8-10 |

En el caso de la detectabilidad se evaluará dependiendo de lo cerca que estén los valores de los parámetros de diseño de los valores límites del tipo de requisito en cuestión. Por ejemplo la altura de un mueble es de 1m y el valor límite para que un usuario del tipo de requisito A no pueda usarlo es de 0,95 m, en este caso al estar tan cercanos los valores, es difícil que el usuario a simple vista no sepa que le va a ser más complicado de lo normal usar el mueble, y por lo tanto es poco detectable.

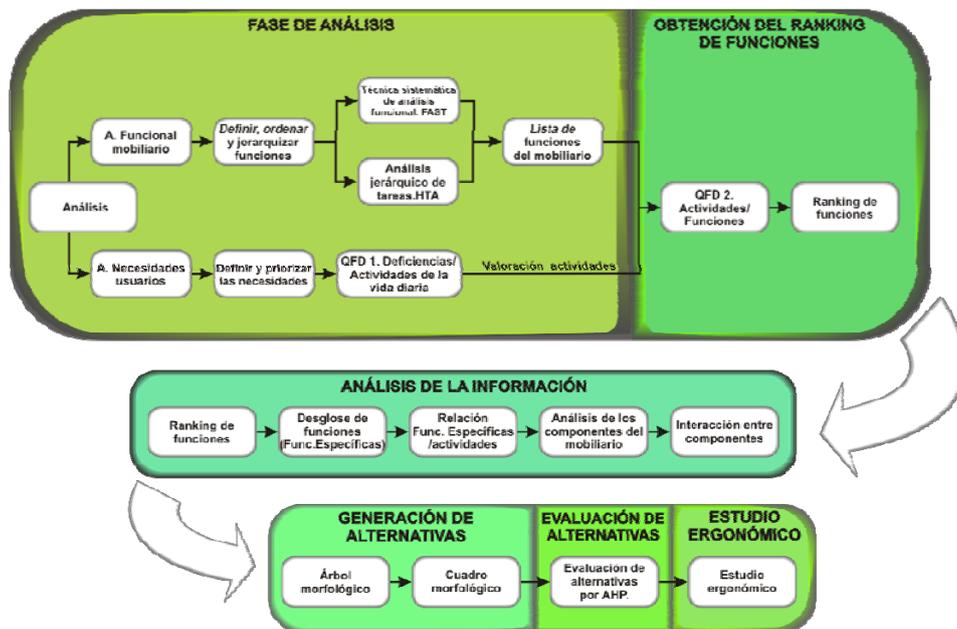
4.2.5 Control

En esta fase se verificará que los cambios producidos para la mejora del producto son efectivos a corto plazo y a medio o largo plazo.

5. Caso de estudio

Para ilustrar el modelo, a continuación se muestra una parte del procedimiento concreto que se ha seguido para el diseño de un mueble bajo cajonero de cocina (Figura 5).

Figura 5. Modelo base de diseño inclusivo



5.1 Fase de Análisis

Se procede al análisis funcional del mueble cajonero y se evalúan las actividades de la vida diaria que podrían estar implicadas en su uso (Tabla 5).

Tabla 5. Relación deficiencias/actividades de la vida diaria

| QFD 1 | | Actividades | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------|-------------------|-------------|--|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | Lavarse | | Comer | | Beber | | | | | | | |
| | Lavarse partes individuales del cuerpo | | Secarse | | | | | | | | | | |
| | Lavarse las manos | | Secarse las manos | | | | | | | | | | |
| | | | | | Comer la comida en 10 segundos | | | | | | | | |
| | | | | | Adoptar posturas y usos | | | | | | | | |
| | | | | | Usar cubiertos para llevar la comida a la boca | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Siguir el ritmo de bebida | | | | |
| | | | | | | | | | Acomodar la bebida a la boca | | | | |
| | | | | | | | | | Siguir la intención | | | | |
| Deficiencias | | Pesos | | Actividades | | | | | | | | | |
| Deficiencias visuales | Ceguera total | 0,012 | D | D | | | M | | | | | | |
| | Mala Visión | 0,280 | D | D | | | M | | | | | | |
| Deficiencias de oído | Sordera preacusiva | 0,018 | | | | | | | | | | | |
| | Sordera postacusiva | 0,096 | | | | | | | | | | | |
| Deficiencias osteoarticulares | Cabeza | 0,093 | | | | | | | D | D | D | D | D |
| | Columna vertebral | 0,275 | D | D | F | F | D | D | D | D | D | D | D |
| | Extremidades superiores | 0,130 | M | M | M | M | F | D | D | F | F | F | F |
| Deficiencias del sistema nervioso | Extremidades inferiores | 0,129 | | | | | | | | | | | |
| | Parálisis | 0,015 | D | D | | | | | | | | | |
| | Trastornos de la coordinación de movimiento y/o tono muscular | 0,115 | M | M | MF | MF | F | F | F | F | F | F | D |
| Valoración actividades | | | 0,276 | 0,276 | 0,426 | 0,527 | 0,282 | 0,208 | 0,282 | 0,208 | 0,282 | 0,208 | 0,208 |

5.2 Obtención del ranking de funciones

Mediante la herramienta QFD (Akao, 1993) se procede a obtener el ranking de funciones críticas respecto de la inclusividad del mueble bajo estudio (Tabla 6).

Tabla 6. Ranking de funciones

| QFD 2. Mueble bajo con cajones | | Permitir al usuario almacenar utensilios de cocina y accesorios para alimentarse | | Permitir el acceso del usuario | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| | | Proporcionar un sistema de almacenamiento cerrado independiente | | Permitir al usuario acceder al interior de cada división | | | | | | |
| | | Proporcionar el espacio interior del mueble (cajones) | Proporcionar varias opciones del espacio interior del mueble (cajones) | Soportar sistema de almacenamiento | Impedir la vibración del interior del mueble | Permitir al usuario acceder al sistema de apertura para acceder al interior de cada división (later cajón) | Permitir al usuario mantener abierto el sistema de apertura | Permitir al usuario guardar/sacar utensilios de cocina y accesorios para alimentarse de los sistemas de almacenamiento independiente | Permitir al usuario acceder al sistema de apertura para acceder al interior de cada división (later cajón) | |
| MOVILIDAD | ACTIVIDADES | | FUNCIONES | | | | | | | |
| | Cambiar las posturas corporales | Ponerse en cuclillas | 0,515 | | | | | M | M | M |
| | | Ponerse de rodillas | 0,515 | | | | | | | |
| | Sentarse | Sentarse | 0,36 | | | | | | | |
| | | Ponerse de pie | 0,476 | | | | D | D | D | |
| | | Inclinarse | 0,395 | | | | F | F | F | |
| | Mantener la posición del cuerpo | Permanecer en cuclillas | 0,515 | | | | M | M | M | |
| | | Permanecer de rodillas | 0,515 | | | | | | | |
| | | Permanecer sentado | 0,138 | | | | | | | |
| | Levantar y llevar objetos | Permanecer de pie | 0,413 | | | | D | D | D | |
| | | Levantar objetos | 0,402 | | | | | MF | | |
| | | Llevar objetos en las manos | 0,488 | | | | | F | | |
| | | Llevar objetos en los brazos | 0,609 | | | | | | | |
| | Mover objetos con las extremidades inferiores, no especificada | Pisar objetos | 0,402 | | | | | MF | | |
| Mover objetos con las extremidades inferiores, no especificada | | 0,542 | | | | | | | | |

5.3 Análisis de la información

Se procede a analizar la información para determinar la relación entre las funciones críticas y los parámetros de diseño del mueble (Figura 6, Tabla 7).

Figura 6. Árbol Morfológico del mueble

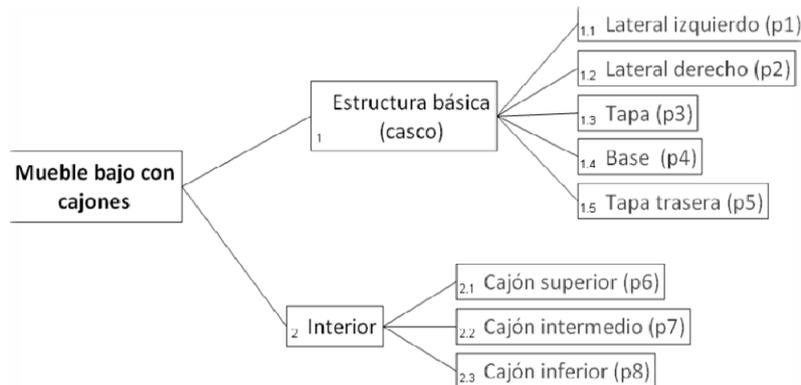


Tabla 7. Relación entre funciones y componentes desde la perspectiva de inclusividad (Capuz, 1999).

| Componentes | | Nº de funciones con relación |
|---------------------------|-------------------|------------------------------|
| Estructura básica (casco) | Lateral izquierdo | 4 |
| | Lateral derecho | 4 |
| | Tapa | 3 |
| | Base | 2 |
| | Tapa trasera | 2 |
| Interior | Cajón superior | 13 |
| | Cajón intermedio | 13 |
| | Cajón inferior | 13 |

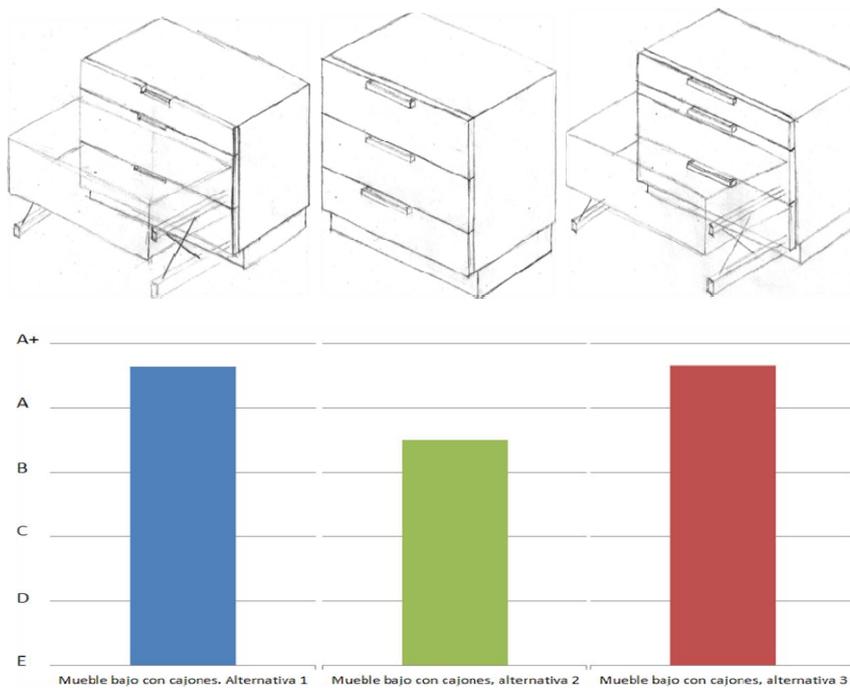
5.4 Generación y evaluación de Alternativas

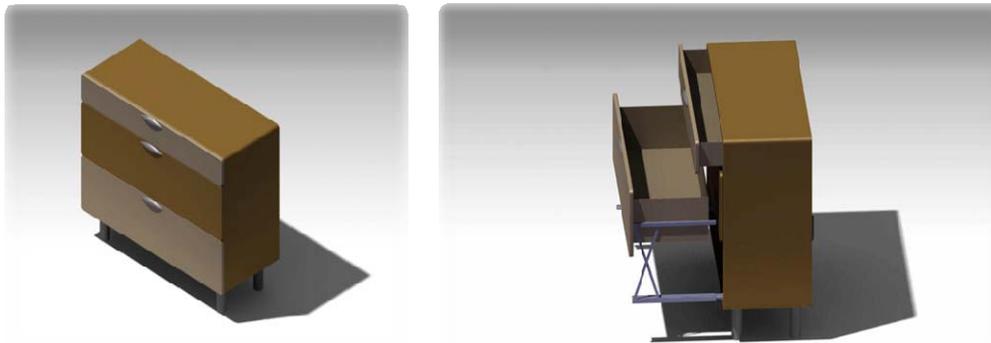
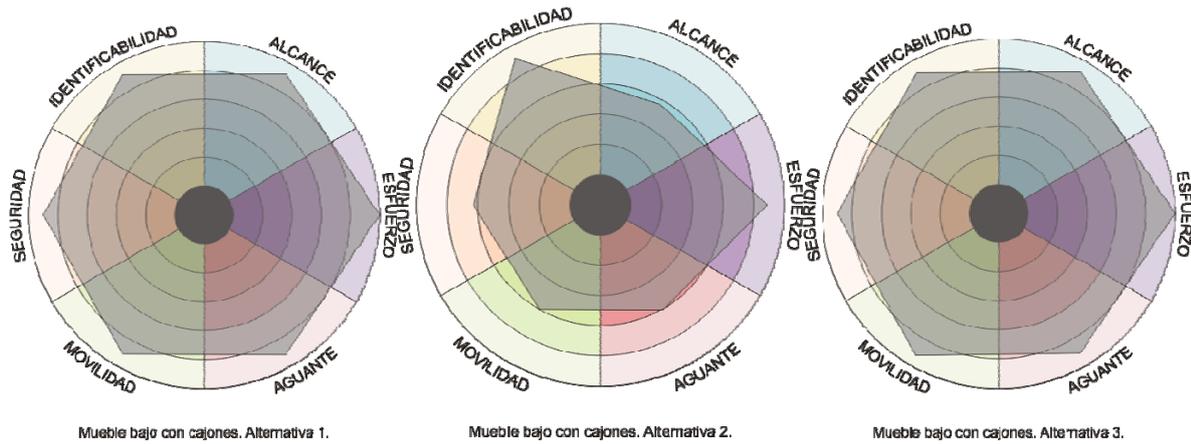
Generamos alternativas de solución de diseño inclusivo para el conjunto del mueble mediante la técnica de Cuadro Morfológico (Tabla 8). Para seguidamente proceder a su evaluación y selección (Figura 7) (Rocuts et al.,2010)

Tabla 8. Generación de alternativas mediante Cuadro Morfológico

| Funciones | | Soluciones | | | | |
|------------------------|------------------|---------------------|-----------------------|---|-----------------|--|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| Almacenamiento cerrado | Acceso | Sistema de apertura | Rieles Motorizado | Elevable Manual | | |
| | | Accionamiento | Tirador que sobresale | Tirador hundido en el frontal | Botón | |
| | Sistema interior | Forma | Exterior | Estructura de caja rígida Superficie rugosa | Superficie lisa | |
| | | | Interior | Estructura de caja rígida Superficie rugosa | Superficie lisa | |
| | | | | Con divisiones interiores | | |
| | | | | | | |

Figura 7. Alternativas y gráficas de parámetros inclusivos





6. Conclusiones

- El modelo desarrollado evalúa el mobiliario diseñado para su posterior mejora.
- Este modelo de mejora continua actúa sobre las bases del DMAIC con el que se logra mejorar el mobiliario utilizando una serie de técnicas como diagramas de Causa y Efecto, AMFE, Diseño para X entre otros.
- Los muebles evaluados y mejorados mediante este modelo se introducen en un ranking que determina su nivel de inclusividad.
- Con todo esto se consigue que las personas obtengan más información sobre el mobiliario, y por lo tanto, saber si el mueble se adapta a sus necesidades diarias. De esta manera, y hablando de sostenibilidad, con este modelo se contribuye al desarrollo de la sostenibilidad social.

7. Referencias

- Aguayo González, F., Marcos Bárcena, M., Sánchez Carrilero, M., & Lama Ruiz, J.R. (2007). "Sistemas avanzados de fabricación distribuida". España, Madrid. Ed. Ra-Ma.
- Aguayo, F., Lama, J.R., & Soltero, V.M. (2002). *Metodología del diseño industrial: un enfoque desde la ingeniería concurrente*. Ed. Ra-Ma, Madrid.
- Akao, Y. (1993). *Despliegue de funciones de calidad: integración de las necesidades de los clientes en el diseño del producto*. Ed. TGP-HOSHIN.

- Capuz Rizo, S. (1999). *Introducción al proyecto de producción. Ingeniería concurrente para el diseño de producto*. Ed. Univ. Politéc. Valencia.
- Egea García, C; Sarabia Sánchez A. (2001). *Experiencias de aplicación en España de la Clasificación Internacional de Deficiencias, discapacidades y Minusvalías*. Madrid: Real Patronato sobre Discapacidad. Doc. No. 58. Disponible en: http://sid.usal.es/docs/F8/8.1-2803/experiencias_aplicacion.pdf
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2011). *Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable*. Madrid, 3ª edición.
- Escalante Vázquez, E.J. (2005). *Seis-Sigma: metodología y técnicas*. Ed. Limusa. Mexico.
- Lozano, R. (2008). *Envisioning sustainability three-dimensionally*. Journal of Cleaner Production 16 (17), p.1838-1846.
- Rocuts, A, Jiménez Herrero, L, Navarrete P. (2010). *Interpretaciones visuales de la sostenibilidad: Enfoques comparados y presentación de un Modelo Integral para la toma de decisiones*. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo nº4. Barcelona.