**Diseño social, prototipos como material didáctico inclusivo, accesible para la enseñanza aprendizaje sensorial en niños con ceguera total y viso normales del Instituto especial para ciegos Byron Eguiguren de la ciudad de Loja.**

Guajala Michay María Magdalena, Maestra [mmguajala@utpl.edu.ec](mailto:mmguajala@utpl.edu.ec)

Bermeo León Carlos Byron, Maestro [carloxb3@gmail.com](mailto:carloxb3@gmail.com)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

**RESUMEN**

Con el objetivo de promover el Diseño Inclusivo en nuestra ciudad, se trabajó en el desarrollo de esta investigación que estuvo enfocada a generar prototipos inclusivos que sean utilizados como material didáctico en la enseñanza de las operaciones básicas a niños con discapacidad visual y ciegos totales; para ello se partió de un diagnóstico aplicado a alumnos del Instituto especial para ciegos Byron Eguiguren de la ciudad de Loja, evidenciando que estos niños no tienen las mismas oportunidades de aprender que un niño viso-normal, no solo por la carencia de uno de sus sentidos, sino también por la falta de instrumentos y material didáctico apropiados para su condición.

A partir de esta información se construyeron dos prototipos y en uno de ellos se hizo un primer ensayo de adaptar circuitos para el sonido e identificación de fichas, posteriormente se realizó las pruebas para comprobar su funcionalidad, en cuyo proceso se recibió como sugerencia hacerlo más portable y tecnológico, razón por la cual se hizo partícipes de este proyecto a especialistas en Electrónica y Telecomunicaciones, y Sistemas de la Computación, para la segunda etapa, que está en proceso de ejecución.

En la primera fase se concluyó que el material didáctico motiva al aprendizaje, ayuda al desarrollo mental, psicomotricidad, el orden y ubicación de los números, útil para la etapa de iniciación de los niños en Braille y numeración, proceso complicado en la asimilación de la enseñanza-aprendizaje de este código.

**PALABRAS CLAVES:**

Diseño inclusivo; material didáctico; niños ciegos; matemáticas

**CUERPO DEL TEXTO**

La primera fase de investigación se desarrolló en el Instituto especial para Ciegos Byron Eguiguren, ubicado en las calles Emiliano Ortega Espinosa y la esquina de la calle Bolívar al norte de la ciudad de Loja.



***Fig. 1*** *Fachada frontal Instituto Byron Eguiguren Foto. María Guajala. Año: 2014*

En esta primera fase, en el Instituto había un total de 37 niños, de los cuales 13 eran internos que fueron llevados de la provincia a la ciudad y los demás eran de la ciudad de Loja cuyos padres vivían cerca, lo cual hacía posible que todos los días puedan ir a recogerlos en el Instituto, así como compartir con ellos los fines de semana.

Estos niños tenían una edad comprendida entre 6 a 16 años, estos últimos debido a que por diversas razones no los habían podido llevar en su respectivo momento a un centro de educación especial en el que tengan la posibilidad de aprender.

Partiendo del diagnóstico y considerando la función utilitaria que tiene el diseño y los compromisos sociales que el diseñador debe asumir para conseguir resultados apropiados y efectivos que vayan de acuerdo a los requerimientos de las personas, se han desarrollado propuestas que se enfoquen al Diseño Universal o Diseño inclusivo.

Además en el momento de generar propuestas es necesario definir claramente los beneficiarios directos, entender su conducta y como se relacionan con su medio físico sin desligarse de la parte emocional personal del individuo, con la finalidad de no englobar aspectos o situaciones que puedan ocasionar pérdidas de tiempo innecesarias tal y como lo menciona Gui Bonsiepi “*El proceso aún basado en métodos excelentes, por si mismo no llega a la forma definitiva del producto, la define y la limita pero no la resuelve gráficamente*” [1] (Vilchis, 2002) pág. 49.

A parte de determinar el diagnóstico de una realidad, se busca palpar una realidad que a pesar de ser diferente a la que conocemos, permita relacionarse con otros ambientes diferentes, muchos de ellos incluso totalmente desconocidos y cuyas posibilidades de solución se vuelvan complejas pero no imposibles de realizar, pues el diseño en su campo de acción debería ampliar los criterios sobre los cuales se pueda proyectar en propuestas inclusivas, pero que tampoco sea totalmente exclusivo para estas personas sino que se diversifiquen las posibilidades de usabilidad para la diversidad.

Tomando estas consideraciones el papel fundamental de un diseñador sería elaborar propuestas en las que todas las personas tengan igualdad de oportunidades, así como también la posibilidad de participar dentro de la sociedad como tal; en este sentido los objetos de uso cotidiano, la información, sus hogares, etc. deben ser accesibles, construidos de acuerdo al análisis de las necesidades humanas con discapacidad y aspiraciones a las que puedan llegar a futuro.

Para este estudio se eligió al juguete como material didáctico de aprendizaje como tema de investigación y después de realizar una observación detenida del escaso material didáctico que disponen en la enseñanza-aprendizaje para niños ciegos del Instituto antes mencionado, se hizo conveniente analizar nuevas propuestas que apoyen lo descrito en la planificación curricular.

La producción de diseño se dirigió a desarrollar varias propuestas de juguetes didácticos para lograr un material que se ajuste a sus requerimientos.

****

***Fig. 2*** *Pruebas de reconocimiento y validación del material elaborado.*

*Foto. María Guajala. Año: 2014*

Es necesario tener presente el esquema conceptual, de tal manera que proporcione un lenguaje que permita utilizar un conjunto de símbolos y no solo esto, sino que permita elaborar objetos, tomando en cuenta exclusivamente aquello que se pretende desarrollar en los niños.

En este caso la parte conceptual de los Diseños está basado en los niños ciegos con la intención de darles un aporte en su aprendizaje, pues como ya se dijo anteriormente un juguete no solamente divierte a un niño, sino que ayuda significativamente en su desarrollo psicológico; muy aparte de ello permiten al diseñador experimentar y hacer vivencias de una realidad que posiblemente no las viva, pero que tiene la posibilidad de generar un beneficio a través de productos adecuados a la necesidad presente.

Para elaborar los diseños se tomó en cuenta aspectos muy propios de la discapacidad de ellos, así como también se considerará otros puntos importantes en la realización de cualquier diseño como la Ergonomía, con la finalidad de llegar al objetivo planteado al Diseñar juegos didácticos funcionales y seguros para niños ciegos que les permita desarrollar un aprendizaje en la materia de matemáticas que vaya a la par de niños con visión normal en grupos mixtos y cuyo desarrollo se llevó a cabo de la siguiente manera.

**PROCEDIMIENTO:**

Se generaron siete diseños diferentes de los cuales se escogieron únicamente dos para trabajarlos como prototipos finales, los mismos que se describen a continuación:

Una primera propuesta se la trabajó en un sistema decenal que permite realizar las tres operaciones básicas de suma resta y multiplicación, cuyos espacios para ubicar las cantidades a operar y el signo están en su parte central y la zona de respuestas esta hacia la parte exterior; además cada ficha tiene una identificación en números arábigos y también en Braille y colores fuertes sugeridos para niños de baja visibilidad.

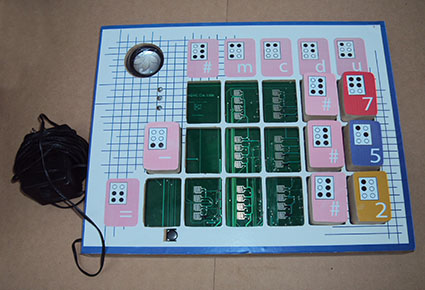


***Fig. 3*** *Diseño Final 2 Foto. María Guajala. Año: 2014*

A pesar de ser una propuesta muy interesante por las opciones que brinda, no se le pudo realizar las adaptaciones electrónicas, pues tiene una complejidad que requiere un poco más de estudio tanto de Diseño, como de la parte Electrónica para la adaptación de los dispositivos, por lo tanto se llegó hasta la construcción de un primer prototipo con la finalidad de continuar posteriormente con el proceso de estudio, construcción y su respectiva probación.

Para ello se trabajó un segundo diseño compuesto de un tablero en el que se ha considerado, colocar en su parte superior la información necesaria para que pueda ser leído en su respectivo código braille y en su parte inferior los espacios en los que se colocan las cantidades correspondientes y el signo según las operaciones que se propongan efectuar y cuyo resultado será comprobado al activar el botón de respuestas con el cual cada niño podrá escuchar si la respuesta es correcta o incorrecta, hacer una revisión y corregir la respuesta.

Este diseño tuvo varias modificaciones ya que a partir de éste, se trabajó las adaptaciones electrónicas por ser un diseño muy básico; además anteriormente no se había realizado un trabajo de esta naturaleza y era necesario realizar un estudio antes de aplicarlo en otro diseño más complejo.



***Fig. 4*** *Diseño Final 1 Foto. María Guajala. Año: 2014*

Luego de complementar al juguete como uno solo entre el sistema electrónico y el objeto, se procedió a probar la funcionalidad de los primeros prototipos con los niños ciegos de diferentes edades que son los que muestran fácil comprensión e interés a las actividades que se les indica, a diferencia de los niños de baja visibilidad que tardan un poco más de tiempo al intentar ver lo que tienen en sus manos y con la colaboración de dos de sus maestras, una de ellas de visión normal y la otra ciega de nacimiento para brindar la respectiva orientación en validar la funcionalidad de los objetos diseñados y construidos.

****

***Fig. 5*** *Indicaciones sobre el funcionamiento del juego electrónico y pruebas de los prototipos*

*Foto. María Guajala. Año: 2014*

Así mismo la docente, cuya referencia de la institución era ciega de nacimiento, determinó que el material didáctico probado sería de gran utilidad para su iniciación en los niños de los primeros años de educación básica, pues durante las pruebas se determinó que ayudan al desarrollo mental, psicomotricidad y para el orden y la ubicación de los números, es decir, es útil para la iniciación, etapa más complicada en la enseñanza-aprendizaje de braille y organización numérica.

A partir de este primer prototipo se buscó una nueva posibilidad de hacerlo más portable, tomando en consideración la sugerencia dada por el docente del Instituto, pues según su comentario, el material es interesante, pero lo más recomendable era algo que se lo pueda llevar a cualquier parte y al utilizarlo no se necesite de alguien que les oriente sino trabajarlo solos.

Considerando los resultados obtenidos y las sugerencias en las pruebas de funcionalidad, se creyó conveniente acudir a especialistas en Electrónica y Telecomunicaciones, para las respectivas adaptaciones, cuyos procesos se muestran a continuación.

**DISEÑO DEL NUEVO PANEL ELECTRÓNICO**

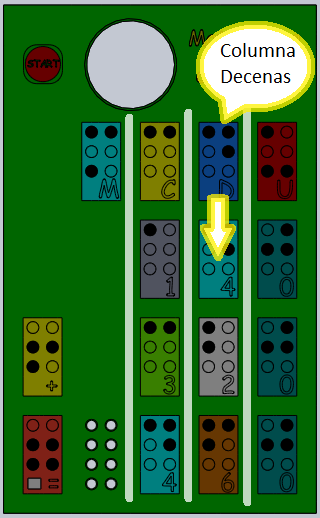
## *Requerimientos generales del nuevo panel*

Considerando que, en el grupo meta existen menores con ceguera parcial, se acordó incluir en el diseño colores vivos. Además, tomando como referente el prototipo construido, se decidió incluir elementos estimulantes al tacto y al oído, como la codificación Braille y sonidos para verificar la respuesta.

En otro contexto, a los beneficios propios de las fichas tipo LEGO [2], tales como las múltiples combinaciones, y, las distintas estructuras que se logran crear con un grupo básico de piezas; se suman el desarrollo de habilidades motrices, y, la adquisición de conceptos espaciales como volumen, tamaño y formas geométricas.

## *Funcionalidades del nuevo panel*

Igual que en la versión original, el panel electrónico permitirá ejecutar con 2 operandos, de hasta 2 cifras significativas (unidades y decenas), las 4 operaciones básicas (suma, resta, multiplicación, y, división). El panel electrónico constará de un tablero (con una disposición de 4 columnas y 5 filas), y, de una sección de encendido y sonorización (ver Fig.6).



***Fig. 6***  *Tablero del panel electrónico optimizado. (Diseño: J. Jaramillo, A. Bermeo, C. Figueroa, M. Lima, K. Ochoa, A. Peña, J. Romero)*

Desde la derecha, las columnas del tablero permiten ubicar las fichas correspondientes a unidades, decenas, centena, y, miles. En la primera fila, en cada columna, permanecen fijas las fichas que señalan el valor posicional de la columna.

En la última columna, a la izquierda del tablero, se ubican las fichas correspondientes a la operación aritmética a realizar (3 fila desde arriba del tablero). En la posición quinta columna y 4 fila, permanece fija la ficha de resultado de operación, construida sobre un pulsador.

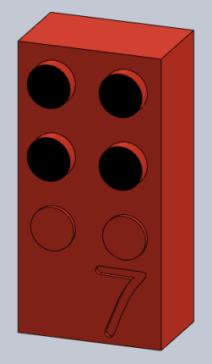
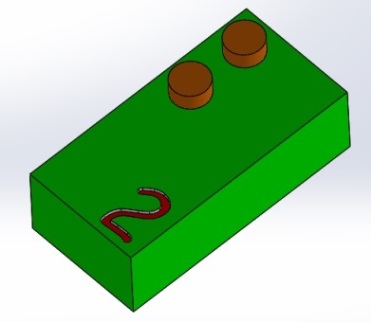
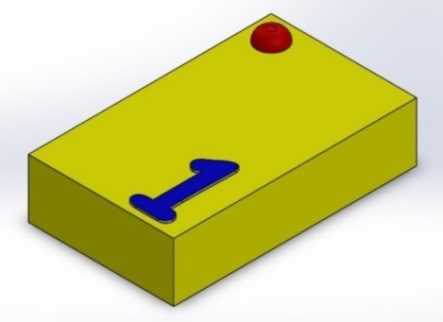
En la sección de encendido y sonorización, ubicada en la parte superior del tablero, se encuentran el botón de inicio (START) y un parlante, que servirá para comunicar lo acertado o no de la operación efectuada.

Las fichas correspondientes a los operandos y al resultado, pueden ocupar exclusivamente posiciones predeterminadas en el tablero. La Fig.6 muestra el diseño del tablero, que corresponde al estándar de una pieza tipo LEGO.

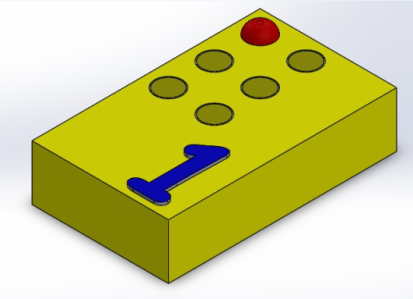
**OPCIONES PLANTEADAS PARA LAS FICHAS**

Considerando el grado de desarrollo de la capacidad táctil en el grupo beneficiario del proyecto, y, los requerimientos de estética planteados por el equipo de trabajo, se decidió plantear al menos 4 posibles diseños de fichas, de entre las cuales se escogería la opción óptima.

A continuación las diferentes propuestas de fichas para las respectivas pruebas de tamaño y de reconocimiento.

## *Primer diseño Segundo diseño Tercer diseño*



*Cuarto diseño*

***Fig. 7***  *Fichas propuestas (Diseño del levantamiento de las fichas para imprimir 3D* - *J. Jaramillo, A. Bermeo, C. Figueroa, M. Lima, K. Ochoa, A. Peña, J. Romero*)

**INGENIERÍA DE DETALLE EN LA FABRICACIÓN DE LAS FICHAS**

## *Tecnología empleada para construir las fichas*

Debido a la disponibilidad de software y equipos en la Sección de Electrónica y Energía del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica de la UTPL, se decidió imprimir las fichas en 3D, utilizando los recursos del software Solidworks [3] y de la impresora 3D tipo Makerbot Replicator 2X [4].



***a b c d***

***Fig. 8*** Impresión 3D de los diseños de las fichas

Para la codificación Braille se imprimió cilindros de 1.8 mm de altura y 4.7 mm de diámetro. En las posiciones no significativas para la codificación se imprimió cilindros de 0.5 mm de altura. Los números arábigos se imprimieron en 2 opciones: en bajo relieve con una profundidad de 0.5 mm, y, en alto relieve con un altura de 0.5mm

Las fichas se imprimieron utilizando filamento de Acrilonitrilo Butadieno Estireno o ABS, un termoplástico rígido, comúnmente muy utilizado en la impresión 3D, obteniendo los resultados mostrados en la Fig. 8a. En el segundo diseño los cilindros no significativos para la codificación Braille no se imprimieron. El número arábigo se imprimió en bajo relieve Fig. 8b

Los cilindros significativos para la codificación Braille se imprimieron con relieve redondeado. Los números arábigos se imprimieron en 2 opciones: en bajo y en alto relieve ver Fig. 8c. En el cuarto diseño, los cilindros significativos para la codificación Braille se imprimieron con relieve redondeado, mientras que los cilindros no representativos se imprimieron como círculos en bajo relieve, ver Fig. 8d

**SELECCIÓN DE LA OPCIÓN ÓPTIMA**

## *Metodología a emplear para la selección*

Para seleccionar la opción óptima del diseño de las fichas a utilizar en el panel, se decidió someter las impresiones al análisis del grupo beneficiario del proyecto.

Como grupo de prueba, se trabajó con los niños del cuarto año de educación básica. Este grupo está conformado por 6 menores, de los cuales 3 tienen capacidad visual especial. A cada uno de los niños se le pidió manipular las diferentes fichas impresas, recogiendo sus impresiones (ver Fig.9). Adicionalmente, se solicitó una apreciación a tutora del grupo, una docente con 15 años de experiencia en el Instituto.



***Fig. 9*** *Grupo de prueba para la selección de la opción óptima, prueba para la manipulación de las fichas Foto. María Guajala. Año: 2014*

## *Análisis de resultados*

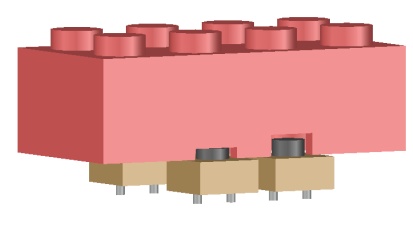
A pesar de no presentarse uniformidad de criterios, la tendencia mostró que la ficha preferida entre los niños con capacidad visual especial, fue la de mayor tamaño, con los cilindros significativos para la codificación Braille con perfil redondeado, y, con el número arábigo impreso en alto relieve.

Para los niños restantes, la ficha preferida resultó ser la de mayor tamaño, con los cilindros significativos para la codificación Braille sin perfil redondeado, y, con el número arábigo impreso en alto relieve.

Por su parte, la tutora del grupo manifestó su preferencia por la ficha de mayor tamaño, con los cilindros significativos para la codificación Braille sin perfil redondeado. Respecto al número arábigo explicó su indiferencia respecto al tipo de impresión.

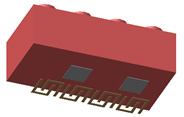
# C. Opciones de diseño 3D con varias soluciones para la adaptación electrónica

La primera solución propuesta es mediante ***pulsadores***, en la que se propone posicionar pulsadores en el panel, para que el usuario, al colocar las fichas, estas presionen los pulsadores correspondientes al número que representen. Ya que puede ser un número del 0 al 9, y los pulsadores representan un estado binario, se requieren cuatro pulsadores en cada ficha para identificar el dígito (ver Fig. 10).



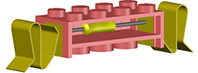
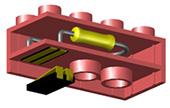
**Fig. 10** Identificación de fichas por pulsadores. [Profesional en formación y docente de Electrónica y Telecomunicaciones]

La segunda solución propuesta es mediante ***contactos***, la cual propone contactos metálicos en la parte inferior de la ficha, y que estos contactos, al estar la ficha posicionada, cierre los circuitos necesarios para identificar de forma binaria la ficha (ver Fig. 11).



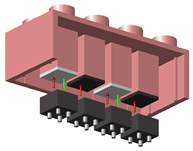
**Fig. 11** Identificación de fichas por contactos. [Profesional en formación y docente de Electrónica y Telecomunicaciones]

El siguiente método de identificación de fichas propone colocar una ***resistencia interna*** dentro de cada ficha, y luego, por medio de dos contactos o pines, cerrar el circuito de un divisor de voltaje (ver Fig. 12), para así tener un valor de voltaje diferente por cada dígito. Este valor de voltaje entraría al ADC del controlador.



**Fig. 12** Identificación de fichas por resistencia interna [Profesional en formación y docente de Electrónica y Telecomunicaciones]

El método por ***sensores infrarrojos***, en colocar emisores / receptores infrarrojos en el panel, y poner superficie reflectante o no reflectante bajo las fichas para así identificar cada ficha (ver Fig. 13).



**Fig. 13** Identificación de fichas por sensores infrarrojos. [Profesional en formación y docente de Electrónica y Telecomunicaciones

# D. Análisis de opciones

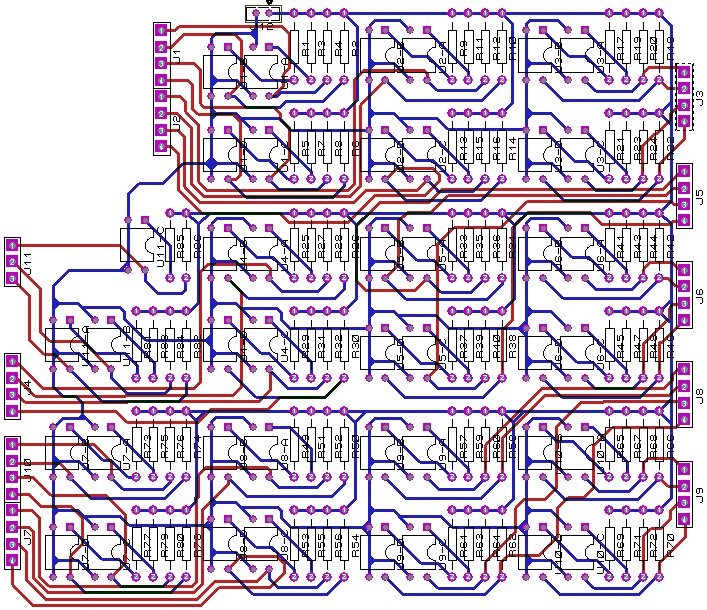
En la Tabla 1 se resumen las opciones de diseño junto con los requisitos.

**Tabla 1.**

Resumen de requerimientos y opciones

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Requisitos** | | |
| Durabilidad | Facilidad de construcción | Facilidad de colocación |
| Pulsadores |  | X |  |
| Contactos |  | X | X |
| Resistencia interna | X |  |  |
| Sensor infrarrojo | X | X | X |

Se requiere que cada sensor infrarrojo obtenga un valor binario el cual el 0 sea representado por el valor de GND y 1 por el valor de VCC. También se requiere el sistema pueda reconocer, en donde no hay ficha. La distancia entre la ficha y el sensor puede variar entre 1mm hasta 5mm.



**Fig. 14** Diseño de circuito impreso. [Profesional en formación y docente de Electrónica y Telecomunicaciones

**CITAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] Vilchis Luz del Carmen Metodología del diseño: Fundamentos Teóricos, Editor UNAM, México, 2002, pág. 49

[2] LEGO, [en línea]. Consultado 2014-03-10 URL: <http://creative.lego.com/es-ar/default.aspx?icmp=COARFRBricksMore>

[3] Software de diseño CAD en 3D, SOLIDWORKS, sitio web, [en línea], consultado 2014-03-11. URL: <http://www.solidworks.com/>

[4] MakerBot Replicator 2 Desktop 3D Printer, sitio web, [en línea], consultado 2014-04-23. URL: <http://store.makerbot.com/replicator2x>

**BIBLIOGRAFÍA**

* Alberti Margarita y Romero Laura en su texto Alumnado con Discapacidad Visual, España, 2010.
* Bonsiepe Gui,, El Diseño de la Periferia debates y experiencias, Gustavo Gili S.A, México D.F., 1985
* Fernández Azcorra Concepción, Arjona Pacheco Patricia, Arjona Tamayo Vida, Cisneros Ávila Leticia. Determinación de las Necesidades Educativas Especiales, Trillas, México 2011.
* Frascara Jorge, Diseño Gráfico y Comunicación, Ediciones Infinito, Buenos Aires 1988
* Gallego Ortega José Luis, Rodríguez fuentes Antonio, Bases teóricas de investigación en educación especial, ediciones pirámide(Grupo Anaya S.A), Madrid, 2012
* Gay Aquiles, Samar Lidia, El Diseño Industrial en la Historia; Ediciones Tec, 2007, Córdoba-Argentina.
* Schiffman Harvey Richard, La Percepción Sensorial, Editorial Limusa, S.A., 1997, México.
* Vilchis Luz del Carmen Metodología del diseño: Fundamentos Teóricos, Editor UNAM, México, 2002.

**PAGINAS WEB**

* Organización Mundial de la Salud (2014) **Dispositivos y tecnologías de apoyo a las personas con discapacidad** <http://www.who.int/disabilities/technology/es/>
* Arjona Jiménez Gonzalo (2011) **Los principios del diseño universal** <http://laaccesibilidadesdetodos.blogspot.com/2011/02/los-principios-del-diseno-universal.html>
* “Los niños ciegos y su educación”, [en línea]. Consultado 2014-03-11 URL: <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lda/arteaga_j_g/capitulo2.pdf>