

PUBLICACIÓN SEMESTRAL, AÑO 15/2024
REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE LA FACULTAD DEL HÁBITAT

H+D

HÁBITAT MAS DISEÑO

31-32



ALEJANDRO NAVARRO GONZÁLEZ
LUCERO SARAHÍ VÉLEZ MEDELLÍN
ALMA MARÍA CATAÑO BARRERA
RICARDO CARRILLO MACIEL
FRANCISCO HERNÁNDEZ MORENO
MITZY PAMELA HERNÁNDEZ PACHUCA
MIRIAM NASHIELLY RAMOS CANSECO
ALEJANDRO A. ROA CHÁVEZ
LILIA NARVÁEZ HERNÁNDEZ
JUANA MARÍA MIRANDA VIDALES
ELSA VERÓNICA FLORES ESTRADA
NORMA ALEJANDRA GONZÁLEZ VEGA
VERÓNICA DEL CARMEN SORIA AMARO
MARÍA DEL CARMEN CASAS PÉREZ
DAMARA MGDALÍ HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

COMITÉ EDITORIAL Y ARBITRAJE

NOMBRE COMITÉ

DRA. LUZ DEL CARMEN VILCHIS ESQUIVEL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO

DRA. EUGENIA MARÍA AZEVEDO SALOMAO

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

MTRA. GUADALUPE GAYTÁN AGUIRRE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

DR. LUIS ALBERTO TORRES GARIBAY

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

COLABORADORES EN ESTE NÚMERO

ALEJANDRO NAVARRO GONZÁLEZ

LUCERO SARAHÍ VÉLEZ MEDELLÍN

ALMA MARÍA CATAÑO BARRERA

RICARDO CARRILLO MACIEL

FRANCISCO HERNÁNDEZ MORENO

MITZY PAMELA HERNÁNDEZ PACHUCA

MIRIAM NASHIELLY RAMOS CANSECO

ALEJANDRO A. ROA CHÁVEZ

LILIA NARVÁEZ HERNÁNDEZ

JUANA MARÍA MIRANDA VIDALES

ELSA VERÓNICA FLORES ESTRADA

NORMA ALEJANDRA GONZÁLEZ VEGA

VERÓNICA DEL CARMEN SORIA AMARO

MARÍA DEL CARMEN CASAS PÉREZ

DAMARA MGDALÍ HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

DIRECTORIO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS
POTOSÍ

ALEJANDRO JAVIER ZERMEÑO GUERRA
RECTOR

FEDERICO ARTURO GARZA HERRERA
SECRETARIO GENERAL

JORGE ALBERTO PÉREZ GONZÁLEZ
SECRETARIO ACADÉMICO

AMAURY DE JESÚS POZOS GUILLÉN
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DEL HÁBITAT

ROSA MA. REYES MORENO
DIRECTORA

ANA MARGARITA ÁVILA OCHOA
SECRETARÍA ACADÉMICA

JOSÉ ANTONIO MOTILLA CHÁVEZ
COORDINADORA DEL POSGRADO, F.H

JUAN MANUEL LOZANO DE POO
COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN, F.H

RUTH VERÓNICA MARTÍNEZ LOERA
EDITORA

ROSÉ ANTONIO MOTILLA CHÁVEZ
CONSEJO EDITORIAL

ISMAEL POSADAS MIRANDA GARCÍA
DISEÑO EDITORIAL

CEDEM, CENTRO DE DISEÑO EDITORIAL
MULTIMEDIA, FACULTAD DEL HÁBITAT

H+D
HÁBITAT MAS
DISEÑO

H+D HÁBITAT MAS DISEÑO, año 15, número 31-32, enero-diciembre 2024, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Álvaro Obregón #64, Centro Histórico, C.P. 78000, San Luis Potosí, S.L.P. A través de la Facultad del Hábitat por medio del Instituto de Investigación y Posgrado del Hábitat. Con dirección en: Niño Artillero # 150, Zona Universitaria C.P. 78290, San Luis Potosí, S.L.P. Tel. 448-262481. <http://habitat.uaslp.mx>.

Editora responsable: Ruth Verónica Martínez Loera. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-120716055100-102, ISSN: 2007-2112. Licitud de Título y Licitud de Contenido: 15577. Registrada en el Catálogo y Directorio LATINDEX ISSN-L 2007-2112 e indexada en: EBSCO México, Inc. S.A. de C.V. Impresa en los Talleres Gráficos Universitarios, Av. Topacio esq. Blv. Río Española s/n, Fracc. Valle Dorado, C.P. 78399, San Luis Potosí, S.L.P. Distribuida por la Facultad del Hábitat con dirección en Niño Artillero # 150, Zona Universitaria C.P. 78290, San Luis Potosí, S.L.P.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a través de la Facultad del Hábitat.

ÍNDICE

04

CARTA

06

PRESENTACIÓN

118

SEMBLANZAS

123

GUÍA PARA LOS AUTORES

EDITORIAL

08

ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS COMPETITIVAS PARA LA INDUSTRIA DE CONSTRUCCIÓN EN SAN LUIS POTOSÍ

ALEJANDRO NAVARRO GONZÁLEZ

27

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE EN EL SECTOR DE LA VIVIENDA EN MÉXICO

LUCERO SARAHÍ VÉLEZ MEDELLÍN | ALMA MARÍA CATAÑO BARRERA

40

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRA NATURAL DE ASERRÍN TRATADA CON HIDRÓXIDO DE CALCIO

RICARDO CARRILLO MACIEL | FRANCISCO HERNÁNDEZ MORENO |

MITZY PAMELA HERNÁNDEZ PACHUCA | MIRIAM NASHIELLY RAMOS CANSECO

48

TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO POTOSINO Y SU METROPOLIZACIÓN ANTE EL CLUSTER AUTOMOTRIZ

ALEJANDRO A. ROA CHÁVEZ

70

ESTUDIO DE LA GOMA DE MEZQUITE COMO ADITIVO EN SISTEMAS DE TIERRA COMPRIMIDA

LILIA NARVÁEZ HERNÁNDEZ | JUANA MARÍA MIRANDA VIDALEZ | ELSA VERÓNICA FLORES ESTRADA

80

CATEGORÍAS Y NIVELES DE LA MODULARIDAD: UN INSTRUMENTO PARA EVALUAR LAS CAPACIDADES MODULARES

NORMA ALEJANDRA GONZÁLEZ VEGA

99

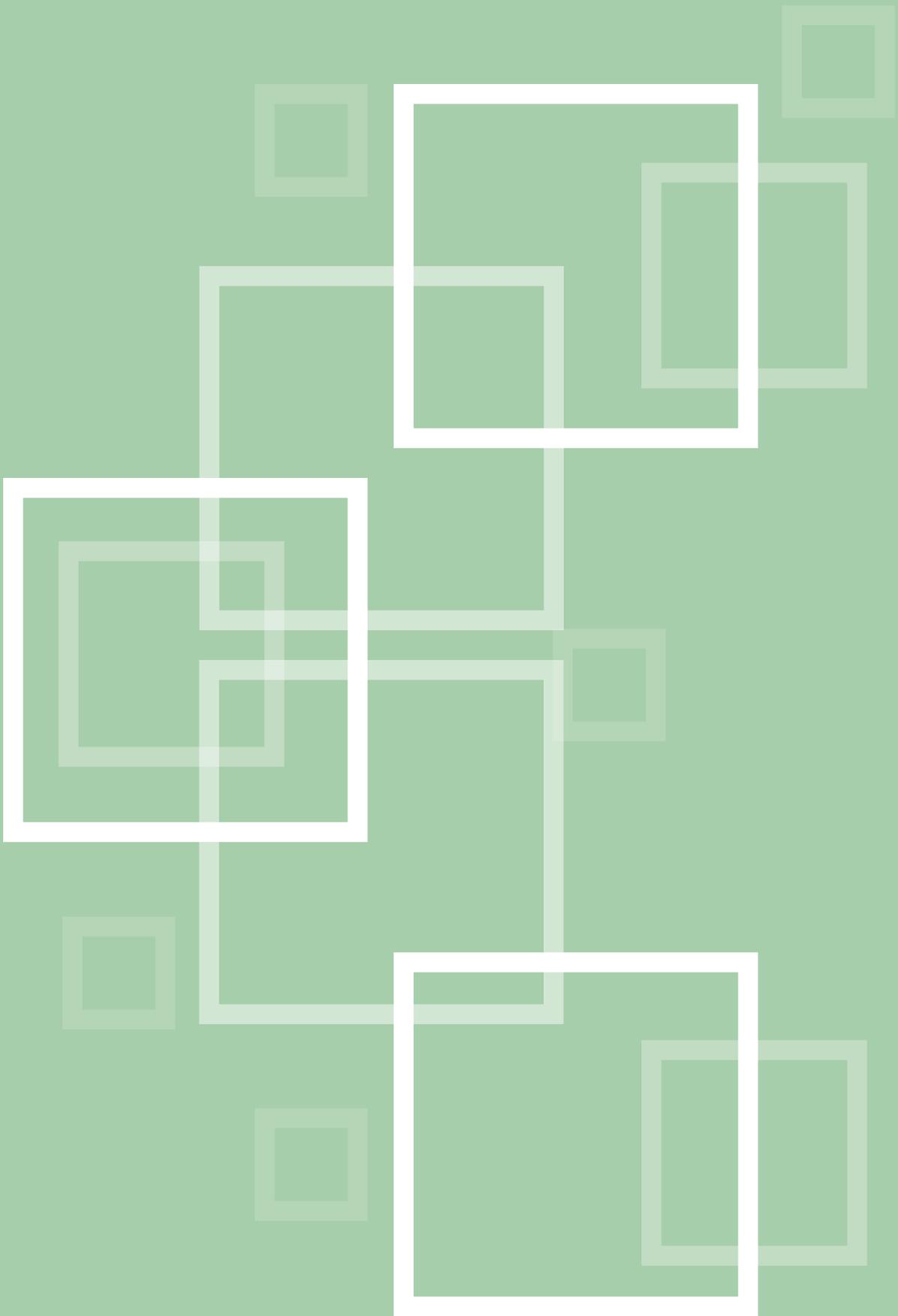
NOMBRE ARTÍCULO

VERÓNICA DEL CARMEN SORIA AMARO

108

APRENDIZAJE, TRANSMISIÓN Y APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LA TÉCNICA “MIST LINNING”

MARÍA DEL CARMEN CASAS PÉREZ | DAMARA MAGDALÍ HERNÁNDEZ MARTÍNEZ



Categorías y niveles de la modularidad: un instrumento para evaluar las capacidades modulares

Norma Alejandra González Vega

A partir de la revisión de diferentes proyectos de investigación que abordan las capacidades tecnológicas y de diseño de la industria del mueble; las capacidades modulares y sistemas complejos adaptables; así como, las fronteras epistemológicas del diseño, se presenta una propuesta taxonómica para identificar, analizar y abordar la modularidad. Con la intención de adentrarse a las líneas teóricas de los sistemas complejos adaptables, la economía industrial y el pensamiento complejo en el diseño y así dar vida al proyecto “Fronteras epistemológicas del diseño”. Un estudio transversal, con enfoque cualitativo, donde el análisis de datos se fundamenta en la identificación, sistematización y construcción de la información. Metodológicamente inició con una revisión documental de la literatura y en segundo momento, se enriqueció con la experiencia de estudios de caso de la industria del mueble de madera en México. Casos en los cuales se analizaron las capacidades tecnológicas y de diseño de dos empresas con diferente organización productiva, una integrada verticalmente y otra una empresa integradora. Este análisis posibilitó observar la carencia de un instrumento que pudiera permitir evaluar las capacidades modulares de ambas empresas, ya que al no contar con un referente que permitiera medir y categorizar cada caso de estudio, se decidió construir una matriz de clasificación modular. Esta matriz es el resultado de la sistematización y clasificación de información, y su propuesta es aplicable pensando en organizaciones industrialmente productivas. El artículo se estructura al contestar las siguientes preguntas: ¿Qué es la modularidad?, ¿cuáles son los diferentes niveles y tipos de modularidad? y ¿cómo construir una taxonomía a partir de ello? Para lograrlo se planteó el siguiente objetivo: analizar las publicaciones referentes al tema, sistematizar los diferentes conceptos y entendidos referentes a la modularidad, y a partir de un análisis previo de las capacidades tecnológicas de la industria del mueble, desarrollar una matriz de clasificación que permita reconocer y establecer los diversos tipos y niveles de capacidades modulares. Finalmente se validó esta propuesta en ambas empresas.

Categories and Levels of Modularity: A Tool for Assessing Modular Capabilities

Based on the review of different research projects that address the technological and design capabilities of the furniture industry; modular capabilities and complex adaptable systems; as well as the epistemological frontiers of design, a taxonomic proposal is presented to identify, analyze and address modularity. With the intention of delving into the theoretical lines of adaptable complex systems, industrial economics and complex thinking in design and thus give life to the project “Epistemological Frontiers of Design”. A cross-sectional study, with a qualitative approach, where data analysis is based on the identification, systematization and construction of information. Methodologically, it began with a documentary review of the literature and secondly, it was enriched with the experience of case studies of the wooden furniture industry in Mexico. Cases in which the technological and design capabilities of two companies with different productive organization were analyzed, one vertically integrated and the other an integrating company. This analysis made it possible to observe the lack of an instrument that could allow the evaluation of the modular capacities of both companies, since there was no reference that would allow measuring and categorizing each case study, it was decided to build a modular classification matrix. This matrix is the result of the systematization and classification of information, and its proposal is applicable thinking about industrially productive organizations. The article is structured by answering the following questions: What is modularity?, What are the different levels and types of modularity? And how to build a taxonomy from it? To achieve this, the following objective was proposed: to analyze the publications on the subject, to systematize the different concepts and understandings regarding modularity, and from a previous analysis of the technological capabilities of the furniture industry, to develop a classification matrix that allows recognizing and establishing the various types and levels of modular capabilities. This proposal was finally validated in both companies.

Keywords: complexity, modularity, systems, module, modular capabilities

Recibido: 17 de julio de 2024

Dictaminado: 30 de agosto de 2024

Aceptado: 25 de septiembre de 2024

Categorias e níveis de modularidade: uma ferramenta para avaliar as capacidades modulares

Com base na revisão de diferentes projetos de pesquisa que abordam as capacidades tecnológicas e de design da indústria moveleira; capacidades modulares e sistemas adaptáveis complexos; bem como as fronteiras epistemológicas do design, uma proposta taxonômica é apresentada para identificar, analisar e abordar a modularidade. Com a intenção de aprofundar as linhas teóricas dos sistemas complexos adaptáveis, da economia industrial e do pensamento complexo em design e assim dar vida ao projeto “Fronteiras Epistemológicas do Design”. Estudo transversal, com abordagem qualitativa, onde a análise dos dados se baseia na identificação, sistematização e construção das informações. Metodologicamente, iniciou-se com uma revisão documental da literatura e, em segundo lugar, enriqueceu-se com a experiência de estudos de caso da indústria de móveis de madeira no México. Foram analisados os casos em que foram analisadas as capacidades tecnológicas e de design de duas empresas com organização produtiva diferente, uma verticalmente integrada e outra integradora. Essa análise possibilitou observar a falta de um instrumento que permitisse a avaliação das capacidades modulares de ambas as empresas, uma vez que não havia referência que permitisse mensurar e categorizar cada estudo de caso, optou-se por construir uma matriz de classificação modular. Essa matriz é resultado da sistematização e classificação das informações, e sua proposta é aplicável pensando em organizações industrialmente produtivas. O artigo está estruturado respondendo às seguintes questões: O que é modularidade?, Quais são os diferentes níveis e tipos de modularidade? E como construir uma taxonomia a partir disso? Para tanto, foi proposto o seguinte objetivo: analisar as publicações sobre o tema, sistematizar os diferentes conceitos e entendimentos a respeito da modularidade e, a partir de uma análise prévia das capacidades tecnológicas da indústria moveleira, desenvolver uma matriz de classificação que permita reconhecer e estabelecer os diversos tipos e níveis de capacidades modulares. Esta proposta foi finalmente validada em ambas as empresas.

Palavras chave: complexidade, modularidade, sistemas, módulo, capacidades modulares,

Introducción

Esta investigación esta englobada en la línea de investigación “Complejidad y diseño” del Cuerpo Académico de Diseño y Pensamiento complejo de la Facultad del Hábitat, UASLP. Este proyecto dio inicio en el año 2005 y ha generado diversos estudios, los cuales se reflejan varias publicaciones, ponencias, y formación de recursos humanos de licenciatura.

Los artículos “Operadores Básicos en el Proceso Creativo, una Propuesta desde la Modularidad”, en la revista H+D Hábitat más Diseño No.3, 2010; “La modularidad como estrategia en el proceso productivo” en revista Universitarios 2011; “Modularidad: hacia una propuesta taxonómica”. Revista DADU, Revista de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Año 9. No. 14, mayo-octubre 2014. González, Norma y Aguilar Demian (2018).

Capítulos de libro en “La investigación en el Hábitat , actores y relaciones”, 2014. Las ponencias “Transferencia de conocimiento para el desarrollo de artefactos en sectores de baja complejidad tecnológica” presentada en el VI Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad SINCO 2011; “Las actividades de Exploración y Explotación en el proceso cognitivo: aplicación de los operadores básicos” en el seminario de investigación Diseño, Teoría y Arquitectura 2011, en la Facultad del Hábitat. El diseño desde la nueva teoría de la Complejidad” en Mancilla y Guerrero. Vanguardias del diseño, concepciones y lenguajes contemporáneos (pp. 56-64). UASLP. ISBN: 978-607-535-077-6. “Nueva concepción de la investigación desde la Complejidad y transdisciplina. En Carrillo, I. Nuevas Vanguardias y tendencias del diseño (pp. 131-161). UASLP. ISBN-13: 978-607-535-058-5. González, Norma y Aguilar Demian (2018). “Las ciencias de la complejidad en la redefinición de la gestión del espacio” en Alva, Martínez, Almendares y Cataño (2020). Innovación en el diseño del espacio Habitable (pp. 11-22). UASLP y Miguel Ángel Porrúa, librero editorial. ISBN:978-607-524-396-2.

En la formación de recursos humanos, Reporte técnico en las memorias del Verano

de la Ciencia UASLP 2013, “Evaluación de la modularidad: principios y elementos”; tesis de licenciatura “La modularidad en la industria del mueble de madera en SLP, 2011.

Es por ello, que explorar las categorías y modelos nos permite conocer los sistemas complejos, los principios, reglas y niveles de modularidad, así como los objetivos de la modularidad, las reglas de diseño vinculadas a los niveles y tipologías de la modularidad. Con lo cual se generó una propuesta taxonómica y una matriz que reflejan el impacto de la modularidad en la empresa.

Sistemas Complejos

El estudio de la complejidad establece un quiebre o discontinuidad en la historia de la ciencia, ella contempla una nueva epistemología y modo de pensar la realidad. Introduce una racionalidad post-clásica que habilita e incorpora problemas no abordados, o ineficazmente tratados por el pensamiento científico moderno. La complejidad debe concebirse como un paradigma científico-social de fundamentación sistémica en su complejidad dinámica, que reintroduce al sujeto observador y autoreflexivo (Morin, 2008). En ella la organización, es auto-eco-organización, en autonomía y dependencia con su entorno. Posibilita al objeto y sujeto autodeterminarse, produciendo y auto produciéndose. Conlleva postura dialógica, donde la contradicción tiene cabida (Maldonado, 2007). La complejidad ofrece nuevas perspectivas de construcciones y reinterpretaciones que posibilitan nuevas propuestas a partir de concebirla más allá del estructuralismo (Rodríguez & Aguirre, 2011).

Las ciencias de la complejidad son también llamadas ciencias de los sistemas complejos, dada su fundamentación en el pensamiento sistémico y dinámica de sistemas. La modularidad es una respuesta a una reflexión que posibilita concebir los procesos productivos de forma compleja. Los sistemas complejos adaptables, son una respuesta a esta otra forma de concebir las construcciones y arquitectura de un producto, donde las interacciones entre los

componentes son más importantes que el número de los mismos (Maldonado, 2007).

La modularidad está fundamentada en la premisa de Simon (1981), que plantea que cualquier sistema complejo está compuesto de distintos subsistemas que son siempre interdependientes (actuando en conjunto) e independientes (en su fabricación) unos de otros. La modularidad se obtiene: a) codificando las expectativas de interface por como el subsistema se conecta a un sistema de mayor tamaño, y b) minimizando sus interdependencias (Sánchez & Mahoeny, 1996; Sosa, Eppinger, & Rowles, 2004; citados por Tiwana, 2008). La modularidad es una estrategia que consiste en la organización de productos complejos y procesos eficientemente (Carreras, 2021).

Principios, reglas y niveles de modularidad

El concepto de modularidad es transversal a diversas disciplinas, podemos encontrar estudios en campos diversos como son la psicología y la psiquiatría, la biología, la informática, el diseño y la economía industrial entre otros. Modularización es el proceso de división de un diseño de gran tamaño en unidades coherentes “módulos”, “bloques constructivos” o building block que pueden funcionar juntos como un todo integrado. Por definición, los módulos son unidades indivisibles de la actividad de diseño dentro de un sistema mayor, divisible y jerárquico. Un módulo se define como un conjunto de componentes que se interrelacionan estructuralmente entre sí para conformar una unidad que se integra en un sistema más amplio, en el que interactúa con otros módulos a través de nexos funcionales (González, 2012). Los nexos se dan a través de seis operadores: dividir; sustituir; excluir; aumentar; invertir, y el cambio de operador (Díaz, González, Guevara, & Jiménez, 2013). Estos operadores son los mínimos elementales que responden a las diversas interacciones que se presentan en su modelo matemático que pueden ser revisados en la propuesta elaborada por Baldwin & Clark (2000).

“Los procesos de diseño centrado en los distintos módulos se ajustan en general a las instalaciones de el teorema fundamental, por lo que sus representaciones tienen el valor de $Q_{simple}(k) - C(k)$ la estructura descrita anteriormente. Sin embargo, ascender al siguiente nivel de agregación, sistemas modulares ofrecen muchas formas complejas e interesantes de combinar y recombinar los módulos (Baldwin & Clark, 2002, p. 6)”

Objetivos de la modularidad

La modularidad nos ofrece un marco fecundo para explorar y explotar el proceso de diseño, como una posibilidad de fomento y desarrollo de la innovación de producto-proceso, ya que es un mecanismo que potencializa la innovación dada la estandarización de las interfaces inter-artefacto o intra-artefectos, (Baldwin & Clark, 2002; Kumaraswamy & Raghu, 1995). Ante esto Lara (2001) señala que la arquitectura modular tiene por lo menos tres objetivos:

1. *Estandarización y disminución de la variabilidad.* El producto modular se construye con una serie de unidades o módulos, donde todas las variantes del producto pueden ser creadas a partir de esos módulos. Los módulos se vinculan entre sí a través de interfaces. De esta manera, se construye el producto con el mínimo de partes reduciendo su variabilidad, ampliando la flexibilidad y creando una estructura abierta al cambio.
2. *Incremento en la variedad.* La arquitectura modular¹ permite que al interior de cada módulo se mejoren los diseños y se produzcan variaciones que exploren

¹ Arquitectura, se define como el arreglo jerárquico de componentes o módulos, es el plan de diseño básico del producto. Se determina por el número de componentes y sus interacciones, determina cada una de las opciones en las cuales los componentes o módulos se pueden ensamblar (Taboada, E. 2005).

nuevas formas. La variedad en el producto es creada teniendo diferentes versiones de cada componente en el producto final. Así cualquier combinación de componentes puede ser ensamblado en diferentes versiones del mismo producto, o incluso en productos diferentes, con ligeras modificaciones.

3. Flexibilización de los procesos manufactureros.

Las unidades o módulos son componentes comunes de todas las variantes. Las variantes son definidas por reglas de diseño que respetan las interfaces de ensamble e interconexión.

Un sistema modular se compone de módulos que son diseñados de forma independiente, los diseñadores obtienen la modularidad al particionar la información en reglas visibles de diseño y parámetros de diseño ocultos, posibilitando el funcionamiento en conjunto como un todo. La modularidad es beneficiosa solamente si la partición es precisa, completa y no ambigua. Responde a una reglamentación específica y precisa.

Reglas de diseño

Las reglas de diseño modular establecen particiones estrictas de conocimiento y esfuerzo en la realización de un diseño. Soportan la estructura eficiente y flexible de las tareas, cuyas partes son trabajadas independientemente y en paralelo con otras. De acuerdo a Taboada (2005), estas reglas de diseño visible recaen en tres categorías:

1. **Arquitectura:** un arreglo que especifica cuáles módulos formarán parte del sistema y cuáles serán sus funciones. La arquitectura es el plan de diseño básico del producto, que consiste en dividirlo en diferentes partes asignándoles distintas funciones y decidiendo como se conectan. Puede ser, Integral: aquella cuyos componentes tienen un alto grado de interdependencia. O Modular: diseño

que se basa en el uso de componentes y de interfaces, permitiendo la personalización (customization) del producto mediante la mezcla y ajuste (mix and match) de los mismos (Taboada, 2005). La formalización de una arquitectura modular permite la independencia de estructura y la integración en la función. Cabe señalar que la arquitectura modular comenzó a desarrollarse entre 1960-1970, en los Estados Unidos de América dentro de la industria de la computación. Con ello se dió lugar al surgimiento de clusters de firmas y mercados alrededor de los sistemas de computación modulares.

2. **Interfaces:** describen detalladamente de qué forma los módulos van a interactuar, incluyendo cómo es que ellos funcionarán, se conectarán y se comunicarán en conjunto. La interface además de ser el vínculo de comunión de los componentes debe denotar el lenguaje indicativo, esto es establecer aquellas características formales del componente que denotan el funcionamiento, armado, sujeción y cualquier otra indicación al usuario para su óptima operación (González, 2014).
3. **Estándares:** para probar que un módulo cumple en conformidad con las reglas de diseño en sus diferentes grados o niveles. La aplicación de esas reglas amplía

Las posibilidades de diseño y con ello las oportunidades de realizar más innovaciones en el propio diseño modular. En una configuración modular las opciones en el diseño son multiplicadas porque los cambios en un módulo se vuelven independientes de cambios en otros módulos. Son así mismo descentralizadas, porque conforme los diseñadores se adhieren a las reglas de diseño, tiene la libertad de configurar sin referencia a la arquitectura original o cualquier configurador central de diseño.

Niveles de modularidad

Los diseñadores del sistema modular deben de diseñar y especificar las reglas de diseño visibles, necesarias para hacer que los módulos funcionen como un sistema, es decir, la modularización en el desarrollo de nuevos productos a nivel de componente, módulo, subsistema y sistema (Taboada, E. 2005):

- Componentes. Es el menor nivel de modularización, representada por partes estandarizadas. Partes bien definidas y aceptadas como estándares industriales. Son útiles a varias industrias. La relación proveedor-usuario se caracteriza por ser distante, de bajos componentes personalizados, bajo valor de insumos y bajo grado de interdependencia.
- Módulo. Combinación de diferentes partes del nivel de componentes. Su diseño y manufactura debe continuar la demanda de innovación tecnológica y la especificación de conformidad de un sistema particular. Frecuentemente los módulos existentes están diseñados para satisfacer algunas especificaciones del subsistema o sistema. Son raramente de naturaleza universal, aunque pueden ser útiles inter-firmas, pueden o no satisfacer los requerimientos técnicos y las demandas de todos los sistemas, aun cuando sirvan para las mismas aplicaciones.
- Subsistema: Altamente personalizado. Hay numerosos proveedores produciendo subsistemas únicos dedicados a una línea particular. Implican que la compatibilidad de la interface y el protocolo entre módulos y subsistemas es absolutamente esencial para el funcionamiento del sistema.
- Sistema: Compuesto por subsistemas con límites claros y donde los subsistemas individuales deben ser puestos juntos vía interface y tecnologías de vinculación. Las limitaciones de la interface

(interface constraints) son mayores a nivel de sistema porque los diseñadores del sistema modular deben entender bien el producto total y sus procesos con la finalidad de diseñar y especificar las reglas previamente (Taboada, 2005).

Estos cuatro niveles pueden o no presentarse en los productos, dependiendo de la complejidad modular del objeto, a mayor complejidad mayor nivel, a menor complejidad menor nivel. La complejidad no está dada por el número de componentes, si no por las combinaciones, el arreglo entre componentes, las interfaces y del grado de sustitución entre ellos. Mientras más componentes se generen en cada nivel, mayor restricción al nivel de sistema, aumento del grado de personalización (customization) de la modularidad (Hsuan, 2000).

Tipologías de modularidad

Es posible definir el diseño modular desde diferentes perspectivas: tecnología de producto y de proceso, reconfiguración de la distribución espacial de los componentes y subsistemas; grado de conectividad y de no conectividad de los elementos del sistema, etcétera (Lara, 2000). Estas diferencias están determinadas por el uso-función del producto, la variedad de sus componentes, su estructura jerárquica, arquitectura, su proceso de producción y su densidad económica. Considerando estos elementos, Fujimoto & Akira, (2001) distinguen al menos tres tipos de la modularidad:

- 1) Modularidad en el producto; definida en términos de la interrelación entre la “función del producto” y su “estructura jerárquica”, es decir por su arquitectura.
- 2) Modularidad en la producción; se compone de la “estructura jerárquica” y el “proceso de producción”, es decir, la modularidad dada por la variedad de componentes del producto.

3) Modularidad en el Sistema Inter-firma, se define por grandes módulos que son entregados por proveedores externos a la empresa, estos módulos se ensamblan en productos terminados o en sub-sistemas en la línea principal del contratista. Un proceso de outsourcing, altamente modular.

Por otra parte Baldwin y Clark (2000), reconocen de igual forma tres tipos de modularidad:

1) Modularidad en la configuración, la cual se presenta cuando los componentes están estrechamente interrelacionados dentro de las unidades. Existe entre ellos una interdependencia de tareas y parámetros y estos, a su vez, son independientes entre las unidades., es decir, en esta modularidad se determina la arquitectura y las interfaces entre componentes.

2) Modularidad en la producción: cuando los fabricantes especifican completamente todas las partes de sus productos y las interacciones entre ellas y pueden ser manufacturados o realizados a diferentes tiempos y cada pieza o proceso en diferente lugar.

3) Modularidad en el uso: es decir la prestación que el artefacto presta al usuario para poder reconfigurar el producto de acuerdo con sus necesidades. Esta modularidad es posterior al proceso de producción, en la cual aunque la arquitectura del producto final se defina por el usuario, las diferentes posibilidades de su configuración están previamente determinadas por el productor bajo determinadas reglas del diseño.

Por otra parte es importante mencionar que en la literatura es posible conocer como cuarto tipo, la modularidad por densidad económica (relación precio-peso-distancia). Esta se entiende como la relación que guardan precio / peso-volumen / diferencia / distancia. Cuando el precio es alto y el peso o volumen

bajo, el producto se puede desplazar a mayor distancia, por lo que se dice que tiene alta densidad económica. Los productos de alta densidad económica pueden soportar mayores distancias de desplazamiento o traslado. No así para los productos de baja densidad económica, donde el peso o volumen restringen la distancia de desplazamiento, la cual tendrá un impacto en el precio del producto (NAFIN, 1990). La importancia de reconocer este tipo de modularidad responde a la demanda de los canales de distribución; medios y costos de la acción de trasladar de un lugar a otro el módulo, sub-sistema o sistema. Esta movilidad ocurre en tres espacios, dentro de la empresa; intra-firma, entre empresas; inter-firma o de la empresa al mercado; comercialización (Díaz, González, Guevara, & Jiménez, 2013). La densidad económica ha sido un detonador de la modularidad a lo largo del tiempo, se observa en industrias que producen bienes de baja densidad económica. En ellas podemos encontrar respuestas modulares para comercializar el producto tales como: productos apilables, plegables, armables o reconfigurable por el usuario final, un ejemplo es la comercialización de muebles RTA (Ready to Assemble) o listos para armar, de la empresa IKEA (González, 2014b).

Los diseñadores de productos y sistemas han aprovechado durante mucho tiempo las oportunidades de crear familias de artefactos complejos mediante el desarrollo y la recombinación de componentes modulares (Clare, 2009). Saber que se puede avanzar en la complejidad modular no es suficiente, se necesita una pauta que permita en primer término, una evaluación de los tipos de modularidad que posee el objeto. Segundo, debe permitir una evaluación de los niveles de estos tipos de modularidad. Y, en tercer término, debe permitirnos establecer una estrategia si se desea integrar otro tipo de modularidad, o avanzar en las que lo configuran (González, 2014b).

Propuesta taxonómica

Haciendo un cruce con los tipos, objetivos, principios y reglas de modularidad, se proponen los siguientes niveles y categorías. Niveles: en el primero de ellos se establecen características de un producto que carece de modularidad (nivel nulo), este se especifica por una nula conectividad a nivel de componentes. el siguiente nivel contempla las características mínimas que puede contar un producto que se denote como modular (nivel básico). Dos siguientes niveles (medio y avanzado), establecen productos modulares, solo que la diferencia entre uno y otro está referida por grado de interconectividad en términos de las reglas de diseño, con otros productos, de la empresa en el caso del nivel medio y de otras empresas en el caso del avanzado. Categorías: 1) la modularidad en la configuración o en la arquitectura, 2) la modularidad en el proceso productivo 3) la modularidad en el uso y función de producto

y 4) modularidad por su densidad económica. Las categorías propuestas se plantean a partir de analizar que la modularidad en la configuración de Baldwin y Clark (2000), se puede equiparar a la clasificación de modularidad en el producto de Fujimoto y Akira (2001). Respecto a la clasificación de modularidad en la producción de Baldwin y Clark, esta clasificación comprende las áreas de modularidad en la producción y la modularidad en el Sistema Inter-firma, de Fujimoto y Akira. Esto conforma una propuesta taxonómica completa (tabla 1). Este instrumento permite un análisis y evaluación interna y externa de la entidad productiva, del producto en relación a su arquitectura, reglas de diseño y su interconectividad con otros sistemas o subsistemas. Ethiraj & Levinthal (2004), señalan que cuando la estrategia no es modular, un pequeño cambio/inconveniente puede afectar a todo el sistema. Los sistemas modulares son más estables y predecibles.

Tabla 1. Matriz de capacidades modulares: tipos y niveles. Fuente Elaboración propia.

Tipo Nivel	Arquitectura del producto	Proceso de Producción	Uso/ función	Densidad económica (transporte)
NULO	<ul style="list-style-type: none"> * Arquitectura Integral. * Las reglas del diseño están determinada a nivel componente. * No hay necesidad de diseño de interfaces, sino, de ensambles o uniones específicos para cada componente. * Gran variabilidad de componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> * Producción intra-empresa. * No hay sustitución e intercambio de componentes. * La empresa define la configuración y función del producto. * Materia prima y bienes de uso intermedio llegan a la línea de producción. * El lenguaje indicativo se da entre componentes y es específicos para proceso productivo. 	<ul style="list-style-type: none"> * El usuario no tiene la opción de modificar la función que fue establecida al producto por la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> * Producto final integrado en una sola unidad no reconfigurable.

Tipo Nivel	Arquitectura del producto	Proceso de Producción	Uso/ función	Densidad económica (transporte)
BÁSICO	<ul style="list-style-type: none"> * Transición a la arquitectura modular. * Estandarización y segmentación mínima. Reducción de componentes. * Variabilidad mínima. * Bajo grado de sustitución e intercambio de componentes. Comunicación e intercambio intra-empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> * Producción intra-empresa. * Pre habilitado de componentes. * Abastecimiento planeado y clasificación de materia prima. * Destroce y habilitado de piezas. * Mejora de procesos de producción y servicios, segmentándolos, estandarizándolos, adaptándolos. * Búsqueda de homogeneidad del producto. * Materia componentes llegan a la línea de producción. * El lenguaje indicativo se establece entre diversos componentes. * Regulado por normas locales o regionales. 	<ul style="list-style-type: none"> * Algunos componentes son ensamblados por el usuario. * Componentes a ensamblarse en posición específica. * Facilita la sustitución de componentes. * Contempla las reglas de diseño, puede agregar un módulo, puede excluir un módulo. 	<ul style="list-style-type: none"> * Se emban los componentes del producto. * Contempla el apilamiento para su transporte y embalaje. * Reducción de espacios muertos en el almacenamiento y transporte. * Regulado por normas regionales.
MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> * Arquitectura de sub-sistema. * Coordinación entre módulos, mayor coordinación a un módulo central. * Diseños flexibles en configuración y reconfiguración. * Innovación incremental. * Coordinación entre componentes posibilita la sustitución o intercambio de módulos. * Menor variabilidad de componentes, igual variedad de productos. * Especificación de módulos y sub-sistemas. * Comunicación intra e inter-empresas 	<ul style="list-style-type: none"> * Producción intra e inter-empresa. * Abastecimiento de la línea productiva a nivel componente y modulo. * Pre habilitado de componentes y módulos. * Componentes y módulos llegan a la línea de producción. * Definición de subsistemas comunes intra empresa. * Reduce la variabilidad de los componentes y aumenta la variedad de los diseños. * Mayor intercambio e interconectividad: puede agregar un módulo, puede excluir un módulo o puede invertir de posición un módulo. * Regulado por normas nacionales 	<ul style="list-style-type: none"> * Componentes y módulos son ensamblados por la empresa. * Componentes y módulos con versatilidad de configurarse en diferentes posiciones. * Facilita la sustitución de componentes y módulos * El usuario tiene la opción de adjudicar algunas otras funciones a las preestablecidas por el productor. * Comienza la interacción con productos de su misma marca. * Comienza la personalización del uso con variantes limitadas del producto (familia de productos). * Acoplamiento por previa delimitación de espacio con otros productos de otras empresas. * Lenguaje indicativo de componente a módulo, y de módulos a usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> * Se embala por módulos y componentes. * Algunos componentes mayores serán ensamblados por el usuario para facilitar su empaque, almacenamiento y distribución. * Se reducen las dimensiones del embalaje final. * Embalaje por producto o por módulos. * Aumenta capacidad de transportación. * Reduce operaciones de comercialización y costos de transporte. * Responde a estándares nacionales.

Tipo Nivel	Arquitectura del producto	Proceso de Producción	Uso/ función	Densidad económica (transporte)
AVANZADO	<ul style="list-style-type: none"> * Arquitectura de sistema. * Mayor coordinación entre módulos, e independencia de un módulo central. * Diseños reconfigurables. * Desarrollo de reglas del diseño intra e inter-empresas. * Resiste a la obsolescencia tecnológica. * Innova constantemente. * Menor variabilidad en componentes, mayor variedad en productos. * Alto grado de sustitución o intercambio de módulos y sub-sistemas. * Comunicación inter-empresas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Producción inter-empresas y sectores productivos. * Pre habilitado de módulos y sub-sistemas. * Módulos independientes que posibilitan la reconfiguración de subsistemas. * Interfaces definidas y compartidas entre empresas (reglas de diseño comunes). * Definición de sub-sistemas inter empresas. * Abastecimiento coordinado inter empresas, producción en red. * Módulos y sub-sistemas llegan directamente a línea de producción. * Permite aplicar más reglas de diseño: puede agregar, excluir, sustituir, dividir o intercambiar módulos o sub-sistemas inter-empresas. * Regulado por normas internacionales. * Subcontratación. 	<ul style="list-style-type: none"> * Módulos y subsistemas son ensamblados por el usuario. * Ofrece una gran flexibilidad para el usuario de configurar el producto según su necesidad. Personalización total del producto. * Acoplamiento por interfaces establecidas con otros productos de otras empresas. * Módulos y subsistemas con versatilidad de ensamblarse en diferentes posiciones. * El usuario puede adjudicar variedad de funciones a las preestablecidas por el productor. * Lenguaje indicativo de módulo a sub-sistema, y sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> * Se embala por módulos y subsistemas. * Los módulos y subsistemas serán ensamblados por el usuario o una empresa ensambladora para facilitar su empaque, almacenamiento y distribución. * Embalajes por acoplamiento entre subsistemas, aumentando la capacidad de transportación. * Reduce operaciones de comercialización y costos de transporte. * Máxima rapidez en la comunicación inter empresa para la comercialización * Amplía la comunicación entre redes de distribución determinadas. * Regulado por estándares internacionales

Evaluación de la Matriz

En sectores de productos de baja densidad económica como lo pueden ser ciertas industrias productoras de bienes tradicionales como la industria del mueble, los costos de transportación son un factor crucial en la competitividad del producto. La modularidad en la densidad económica ha permitido a estas empresas ser más competitivas internacionalmente (González, 2014). La Industria productora de muebles de madera, es considerada como una industria que utiliza tecnología madura, con baja renta tecnológica y alta difusión internacional. Se clasifica como dominada por el proveedor, México cuenta con una industria del mueble medianamente desarrollada, donde importantes etapas del proceso productivo aún se realizan con métodos artesanales. Por lo que la industria del mueble nacional puede clasificarse como intensiva en mano de obra y de bajo volumen (Gonzalez, 2005). Por tanto, se eligió este sector con productos de alta densidad económica, para probar la relevancia de este instrumento. A continuación se muestran algunos casos.

La **empresa VB Muebles**, fue fundada en 1934, se ubica en la zona industrial de Naucalpan Estado de México. Producía en sus inicios, muebles estilo inglés, los cuales eran copia exacta de estos diseños y de algunos clásicos europeos del siglo XV y XVI. Estos muebles eran fabricados en un 100% de madera sólida, es decir, no se usaba madera industrializada (triplay o aglomerados). Se enfocó a un mercado clasificado como clase media alta, el cual podía adquirir este tipo de muebles, los que se caracterizan por ser de un gran tamaño, y de precio elevado. De arquitectura a nivel componentes únicos y estandarizados pero no intercambiables. Actualmente la empresa, se dedica a la fabricación y distribución de muebles de madera para el hogar en las siguientes líneas; comedores, antecomedores, recámaras, mesas de centro, libreros, usando especialmente derivados de la madera. El proceso de producción. La empresa actualmente se divide

en dos plantas, la planta matriz, que fabrica los comedores, antecomedores (excepto las sillas), recámaras, mesas de centro y libreros. Se localiza en la zona industrial de Naucalpan, y la planta Lerma, que fabrica las sillas de los comedores y antecomedores, localizada en la zona industrial de Lerma, ambas en el Estado de México. Las plantas se encuentran divididas en las mismas áreas de producción: Área de almacén, Destroce, Chapa, Maquinado, Pulido, Pre-acatado, Acabado, Armado y ensamble final, Tapicería y, Producto terminado (almacén).

La planta analizada es la planta de Lerma, la cual se seleccionó por su alta variedad de modelos de sillas y su baja variabilidad de componentes. Es decir, la empresa que podría presentar mayor riqueza a nivel modular y sub-sistema.

A partir de la aplicación de este instrumento podemos señalar que en la Empresa VB su mayor nivel de capacidad modular lo presenta en la modularidad en la producción, donde el proceso de estandarización lleva a generar una versatilidad en el diseño y producción del mueble. La estandarización de las partes del mueble permite la creación de un stock de piezas estándar que se utilizan para la sustitución de piezas dañadas y no se retrase el proceso de producción. Se reduce el tiempo de producción del mueble ante la estandarización pero además le ha permitido establecer una planta productiva que se dedica solo a la producción de sillas, las cuales dado una arquitectura modular y una clara definición de las interfaces le ha permitido diseñar una gran variedad de sillas con solo un poco de variabilidad de componentes. La modularidad en el uso y en el transporte no han sido atendidas o demandadas por la empresa, aunque está en una búsqueda por la exportación aunado a su demanda nacional, no ha establecido alguna estrategia para atacar la baja densidad económica de sus muebles.

Nivel de capacidades modulares lograda por la empresa VB				
	Configuración	Producción	Uso	Transporte
NULO		* La empresa define el uso y configuración del producto.	* El usuario no tiene la opción de modificar la función que fue establecida al producto por la empresa.	* Una sola unidad no reconfigurable
BÁSICO	<ul style="list-style-type: none"> * *Estandarización y Segmentación mínima (reducción de componentes). * Estandarización y segmentación mínima. Reducción de componentes. * Variabilidad mínima. * Bajo grado de sustitución e intercambio de componentes. Comunicación e intercambio intra-empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> * Producción intra-empresa. * Pre habilitado de componentes. * Abastecimiento planeado y clasificación de materia prima. * Destroce y habilitado de piezas. * Mejora de procesos de producción y servicios, segmentándolos, estandarizándolos, adaptándolos. * Materia componentes llegan a la línea de producción. * El lenguaje indicativo se establece entre diversos componentes. * Regulado por normas locales o regionales. 		
MEDIO	* Menor variabilidad de componentes, mayor variedad de productos.	* Abastecimiento de la línea productiva a nivel componente y módulo.		
AVANZADO				

La empresa SGS especializada en la fabricación de muebles rústicos de características artesanales en volúmenes industriales. Se ubicaba en Puebla a 140 kilómetros de la Ciudad de México. La planta de la empresa integradora instalada en un área de aproximadamente 60000 m², dividida en varias secciones, los talleres asociados y las microempresas integradas también se localizan en la misma comunidad, creando una importante fuente de trabajo en la región. Los talleres externos, en su mayoría, empezaron por ser talleres internos, es decir, las empresas integradas nacen de la propia empresa integradora. El proceso de producción. En la empresa se realiza en dos fases, las funciones de los talleres dependen del proceso productivo de la integradora. Funciones de los talleres asociados: destroce, limpieza, dimensionado, ensambles, armado, después de este proceso se obtiene un mueble en blanco que se entrega a la empresa integradora, para que ésta proceda con los pasos de acabado y comercialización. Funciones de la empresa integradora: diseño del mueble, acabado, empaque y embalaje, embarque. La empresa se encarga de ir taller por taller recogiendo los muebles en blanco, los cuales son llevados al área de almacén de mueble en blanco o de producto en proceso.

Es proceso de organización productiva de una empresa integradora, requiere de un alto grado de coordinación y habilitado de materiales y procesos, razón por la cual se selecciona para probar la herramienta diseñada.

La Empresa SGS, alcanza su mayor nivel de capacidades modulares a través de una estandarización de componentes que ha llevado a cabo por un proceso de modularidad en la producción y la modularidad en la configuración, lo que le ha permitido el intercambio de piezas para la producción de nuevos modelos otorgando una versatilidad y variedad de los mismos. Se trabajó en la posibilidad de la versatilidad que ofrecían los cambios de trabajar de componentes, a módulos, para el desarrollo y diseño de nuevos modelos, mediante el intercambio

de subsistemas y partes estandarizadas entre ellos, lo que aumenta su capacidad y volumen productivo. Así mismo le permitió crear un área de almacén de módulos pre habilitados para un gran número de modelos. Los talleres se pueden especializar en la maquila de un tipo de muebles o pueden adecuarse a la demanda de nuevos modelos, dado que gran cantidad de módulos pre habilitados. Una producción flexible de los talleres y de la empresa integradora.

Los contextos productivos de ambas empresa los ha llevado a la modularidad como respuesta a las presiones productivas de su ambiente. Ambas empresas han tomado la estandarización como un medio para la disminución de la variabilidad entre los componentes del producto. Así mismo se reducen los costos de calidad al poder reemplazar componentes y módulos de forma eficiente y rápida. El rediseño de interfaces por estas empresas permitió que estas sean comunes entre los módulos o componentes, posibilitando la construcción del producto con el mínimo de partes.

Ambas empresas optaron por la estandarización, la modularización y solo una alcanzo el nivel de subsistemas como estrategia para reducir la complejidad de manejar una gran variedad de diseños y sus componentes. Ambas empresas encontraron la necesidad del rediseño de las interfaces a nivel componente o modulo, para primero coordinar la variabilidad de uniones, segundo para la reducción de componentes externos que aumenten el número de componentes. Reduciendo los costos de coordinación en sistemas de alta variabilidad.

Nivel de capacidades modulares lograda por la empresa VB				
	Configuración	Producción	Uso	Transporte
NULO				
BÁSICO	* Estandarización de componentes	* Pre habilitado de componentes.	* Algunos componentes son ensamblados por el usuario, talleres.	* Se embalan los componentes del producto y se transportan a los talleres.
MEDIO	* Transición a la arquitectura modular.	* Abastecimiento de la línea productiva a nivel componente y modulo.		
AVANZADO	* Alto grado de sustitución o intercambio de módulos y sub-sistemas.	* Módulos independientes que posibilitan la reconfiguración de subsistemas.		

Conclusiones

La revisión de la literatura aunado a un proceso constante de evaluación en empresas, productos y proyectos nos ha permitido proponer una matriz de evaluación de capacidades modulares. Esta podrá ser utilizada por la unidad u organización productiva que busque una guía para mejorar y optimizar sus procesos de diseño, rediseño, fabricación, transportación, venta y satisfacción del usuario final de su producto. Así mismo, reconocer y formular estrategias que le permitan un proceso productivo inter-empresa, procesos que cada vez son más reconocidos y fomentados por el avance tecnológico y sistemas productivos automatizados, bajo normativas globales.

La matriz permite realizar un diagnóstico al nivel de complejidad en la organización productiva, y permite establecer medidas específicas, si se pretende entre otras cosas reducir procesos, controlar el orden y la variabilidad del proceso, incrementar la variedad de productos, reducir la variabilidad entre componentes, reducir el costo del control de calidad, aumentar la flexibilidad del ensamble y la flexibilización de los procesos de manufactura, incrementar la innovación a nivel modular o arquitectural.

Por otra parte se puede realizar el diagnóstico a nivel producto, posicionándolo según su arquitectura, versatilidad y prestaciones del mismo al usuario, así como su interconectividad con otros productos. Para competir en un mundo de modularidad, los líderes deben rediseñar su organización interna. Con el fin de crear módulos superiores, ellos necesitan la flexibilidad de moverse rápido hacia el mercado y hacer uso de tecnologías de cambio rápido, pero ellos deben asegurarse de que los módulos pueden formar una arquitectura.

Si los diseñadores de producto conocen los diferentes tipos y niveles de modularidad, les permitirá ver más posibilidades de las que solo nos refieren a un producto que puede ser reconfigurado por el usuario de acuerdo a sus necesidades. El diseñador puede proponer modularidades diversas y distintos niveles, lo

que le ofrece una riqueza de posibilidades una vez analizada y comprendida su taxonomía.

Si la modularidad ha sido la respuesta que han construido empresas como las del sector automotriz y electrónico para enfrentar la complejidad tecnológica y organizacional. Es posible que entonces estos saberes de la modularidad sean adoptados por industrias de diversas ramas productivas para enfrentar los acelerados cambios de tecnología de producto y de proceso, de reconfiguración de la producción global de los componentes y subsistemas, de la demanda de innovación de la industria y del usuario y de la necesidad de interconexión entre productos.

En los estudios de caso VB y SGS, los beneficios de la modularidad incluyen: estandarización de partes, reducción de tiempo de producción, especialización, intercambio de piezas para varios productos, módulos prehabilitados, disminución de componentes, rapidez en innovación de diseños, menor complejidad en procesos, y mejor coordinación productiva. La modularidad en producción es la más implementada, permitiendo la estandarización de componentes y la división de procesos.

Este enfoque permite diagnosticar y mejorar la organización productiva, buscando reducir procesos, controlar variabilidad, incrementar variedad de productos, disminuir costos de control de calidad, y aumentar la flexibilidad en ensamble y manufactura. A pesar de esto se debe considerar que la modularidad tiene algunas desventajas. Aunque acelera el diseño al enfocarse en módulos específicos, puede limitar el aprendizaje. La creación y aplicación de reglas de diseño es costosa, y la experimentación de módulos implica altos gastos. Además, desarrollar productos modulares es más complejo que productos integrales, pues requiere una comprensión profunda de la funcionalidad, interacción de componentes y estrategias específicas de resolución de problemas. Pero las ventajas y costo beneficio es superior al posibilitar su competitividad global, aumento de su flexibilidad, la posibilidad de reducir costos de transportación y ofrecer al usuario una mejor prestación en sus productos.

Referencias

- Aguilar Piña, D. (2014). Inserción del e-learning en la educación de posgrado: un estudio evolutivo. Tesis de Maestría. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México: Facultad de Psicología, UASLP.
- Baldwin, & Clark. (2000). *Design Rules Volume 1, The Power of Modularity*. Massachusetts: MIT Press, Cambridge MA.
- Baldwin, & Clark. (14 de agosto de 2002). *The Fundamental Theorem of Design Economics*. MA, Estados Unidos: Harvard Business School.
- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (1997). In an Age of Modularity. *Harvard Business Review*, 84-93.
- Barret, H., & Kurzban, R. (2005). Modularity of cognition: Framing the debate.
- Bell, M. and Pavitt, K. (1995), "The Development of Technological Capabilities" en I.u. HAQUE (ed.) *Trade Technology, and International Competitiveness*; Cap. IV. Washington, The World Bank.
- Buss, D. (1995). Evolutionary psychology: A new paradigm for psychological science. *Psychological Inquiry*, 1-49.
- Díaz, C., González, N., Guevara, S., & Jimenez, R. (2013). Evaluación de la Modularidad: Principios y Elementos. San Luis Potosí: Verano de la ciencia UASLP 2013.
- Ethtraj, S., & Levinthal, D. (2004). Modularity and innovation in complex systems. *Management Science*, 159-173.
- Fodor, J. (1987). Modules, frames, fridgions, sleeping dogs, and the music of the spheres. En J. Fodor, *Modularity in knowledge representation and natural-language understanding*. (págs. 505-571). Cambridge, MA: J. Garfield.
- Fujimoto, T., & Akira, T. (Junio de 2001). *Automobiles: Strategy-Based Lean Production System*. Discussion papers.
- Gershenson, Prasad, & Zhang. (2003). Product modularity: Definitions and benefits. *Journal Engineering Design* 14, 295-313.
- González, N. (2005). El diseño como Fuente de Ventaja Competitiva: el caso de dos empresas productoras de muebles de madera en México. México. Tesis de maestría. UAM-X.
- González, N. (2012). Operadores básicos en el proceso creativo, una propuesta desde la modularidad. *H+D, Hábita más Diseño*, 12- 19.
- González, N. (2014). Modularidad: hacia una propuesta taxonómica. En R. y. Martínez, *La investigación en el Hábitat, actores y relaciones* (págs. 171-193). San Luis Potosí: UASLP.
- González, N. (2014b). Diseño modular, tipologías y niveles. En González, N. *Diseñando para la comunidad: Desarrollo de Nuevos Productos*. pág: 228-235.
- Hsuan, J. (2000). Modularization Assesment of Product Architecture. *DRUID, W-P* núm. 4.
- Lara Rivero, A. A. (2000). Arquitectura modular y evolución de sistemas complejos: el caso del sector automotriz. En J. Flores, & R. Tirado, *Economía internacional y Agricultura ante la apertura Administración de viabilidad tecnológica: el caso del sector automotriz* (págs. 201-222). distrito Federal: UAM-X.
- Lara, A., & Constantino, R. (2000). The automotive Sector. En M. Cimoli, *Developing innovation Systems: México in a global contex*. London: Continuum.
- Levinthal, D. (1997). Adaptation on rugged landscapes. *Management Science* 43, 934-950.
- Lippman, S., & Rumelt, R. (1982). Uncertain imitability: An analysis of interfirm differences in efficiency under competition. *Bell Journal of Economics* 13, 418-438.
- Maldonado, C. (2007). *Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicaciones*. Bogotá, Colombia.: Universidad Externado de Colombia.
- Maldonado, T. C. (1977). El diseño industrial reconsiderado: definición, historia, bibliografía. . GG.

- Morin, E. (2008). Complejidad restringida y complejidad generalizada o las complejidades de la complejidad. . Pensando la complejidad No V, Año II, julio- septiembre, 27- 41.
- Pil, F. K., & Cohen, S. K. (2006). Modularity: Implications for Imitation, Innovation, and Sustained Advantage. *Academy of Management Review*, 995-1011.
- Pimpler, T., & Eppinger, S. (1994). Integration and analysis of product decompositions. Working paper no. 369094MS. Massachusetts, Boston, E.U.A.: Massachusetts Institute of Technology.
- Rodríguez, L., & Aguirre, J. (2011). Teorías de la complejidad y ciencias sociales. Nuevas estrategias epistemológicas y metodologías. *Nómadas, Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*, N° 30.
- Sánchez, R., & Mahoeny, J. (1996). Modularity, flexibility, and knowledge management in product organization and design. *Strategic Management Journal*, Winter Special Issue 17, 63-76.
- Schilling, M. (2000). Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity. *Academy of Management Review* 25, 312-334.
- Simon, H. A. (1981). *The Architecture of Complexity*; repinted in idem. (1981) *The Sciences of the Artificial*, 2nd ed., pp. 193–229. *Proceedings of the American Philosophical Society* 106: 467–482; 106: 467–482;.
- Sosa, M., Eppinger, S., & Rowles, C. (2004). The misalignment of product architecture and organizational structure in complex product development. *Management Science* 50, 1674-1689.
- Taboada, E. (2005). *La Arquitectura Integral y Modular. El Caso de la Industria Automotriz*. *Economía y sociedad* N° 16, 65-83.
- Takeishi, A., & Fujimoto, T. (2001). Modularization in the Auto Industry: interlinked Multiple Hierarchies of Product, Production, and Supplier Systems. 1-22.
- Tiwana, A. (2008, Noviembre 16). Does Technological Modularity Substitute for control? A study of alliance performance in software outsourcing. *Strategic Management Journal*, 769-780.
- Tsuyoshi, M., & Tomoyuki, I. (2009). Una nueva modularidad para detectar de uno a varias comunicaciones de las comunidades en redes bipartitas.
- Zhou, W., & Luay, N. (2012). Convergent evolution of modularity in metabolic networks through different community structures. Retrieved Julio 2013, from Bio Med Central: The Open Access to Publisher: <http://www.biomedcentral.com/>