

SUSTENTABILIDAD Y ARQUITECTURA CON TIERRA. DISCREPANCIAS EN LA CALIDAD

Julio Lorenzo Palomera; Daniel Celis Flores; Carlos Fuentes Pérez; Judith Garcés Carrillo

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Campus
Tampico – Madero. México. Tel. (01833) 241 2000.

Palabras clave: tierra, discrepancia, calidad, ergonomía

RESUMEN

El desarrollo de la humanidad ha de producirse garantizando la salud del planeta en miras de asegurar el bienestar de las presentes y futuras generaciones. El desarrollo sustentable predica la armonía entre economía, ambiente y sociedad, en relación con la cultura. La arquitectura con tierra es considerada ambientalmente amigable, y se enmarca en la sustentabilidad por algunas características en el uso del suelo natural. Sin embargo, desde la perspectiva de calidad, se vislumbran ciertas discrepancias en los procesos y productos de arquitectura con tierra: la sustentabilidad se proyecta a las futuras generaciones, pero a costa de las personas participantes en la construcción con tierra.

Los requerimientos para un producto de tierra, como todo aquello que conforma a la arquitectura fabricada con este material, no únicamente son aquellos relacionados con las especificaciones técnicas. Dimensionamiento, capacidades de carga, y resistencia, deben derivarse de requisitos de clientes a los cuales habrá que satisfacer. Los clientes no son exclusivamente los usuarios finales. Hay una serie de partes interesadas en todo el proceso constructivo, y durante todo el ciclo de vida. Un enfoque de calidad no debe orientarse tan sólo al producto, sino a quienes este producto brindará satisfacción, es decir los clientes, ampliando su impacto de beneficio a la sociedad. Es necesario incorporar el valor del factor humano a través de estándares de calidad ergonómica.

Se debería reflexionar si la arquitectura con tierra es realmente una aportación para el desarrollo sustentable, cuando aspectos ergonómicos no son claramente precisados en sus procesos. Y, por lo tanto, actuar en consecuencia para normalizar la calidad de procesos y productos arquitectónicos construidos con tierra.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Sustentabilidad. Arquitectura y ciclo de vida

El concepto de sustentabilidad se funda en el reconocimiento de los límites y de las potencialidades de la naturaleza, así como en la complejidad ambiental, inspirando una nueva comprensión del mundo para enfrentar los desafíos de la humanidad en el tercer milenio. ¹ El desarrollo sustentable es aquel desarrollo económico y social que tiene lugar sin detrimento del medio ambiente ni de los recursos naturales de los cuáles dependen las actividades humanas y el desarrollo, del presente y del futuro. Es el desarrollo que responde a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras.

Es aquel que de manera eficiente y cuidadosa mantiene la calidad de vida para el ser humano, así como también asegura el acceso a los recursos naturales y la calidad de vida para las generaciones futuras. Para ello se requiere cuidar tres tipos de capital
Existen dos ideas inherentes a la definición de sustentabilidad: el de las "necesidades" de los seres humanos y el de las "limitaciones" del medio ambiente en cuanto a su capacidad para responder a las necesidades actuales y futuras de los seres humanos. Por sus características la arquitectura con tierra es una importante alternativa a los modelos convencionales de diseño y construcción. Pero ¿se cumple plenamente los requisitos de satisfacción de las necesidades humanas?

Recordemos que la arquitectura como sistema de procesos enfocados a la generación de habitabilidad mediante productos pertinentes, se genera, se transforma, se deconstruye o bien se demuele. Cumple con un ciclo de vida.

Se puede resumir el ciclo de vida de arquitectura con el siguiente listado:

- Concepción. Proyecto arquitectónico.
- Extracción de materias primas.
- Proceso de construcción.
- Vida útil.
- Mantenimiento y reparación.
- Reciclaje o reutilización.
- Demolición.

Los principales problemas a solucionar para lograr que una arquitectura sea sustentable, son de acuerdo a Lacomba (2004),

- a) El proceso de construcción, especialmente con desperdicios de obra, solventes, impermeabilizantes, etc.
- b) El proceso de demolición
- c) La contaminación del agua
- d) Las fugas de gas
- e) La contaminación del aire y todo el ruido característicos de sitios de construcción

Por otra parte, entre las reglas que la misma autora propone para que los ambientes internos de los edificios proporcionen una mejor calidad de vida a los usuarios, están

Que el edificio esté construido con materiales naturales y que sean renovables y no contaminantes, como: vidrio, mármol, madera, ladrillo. Que tenga buena ventilación; adecuados niveles de iluminación; buena climatización. Que el edificio ahorre energía eléctrica, agua, y que facilite la separación de basura (Lacomba, 2004)

En cada etapa la intervención humana es innegable. Y en cada etapa el valor que se agrega en la cadena constructiva determina la calidad final del producto. Sin embargo, no deberíamos olvidar que en el sistema de procesos, es necesario satisfacer otras necesidades humanas, no exclusivamente la de un usuario final.

Para comprender esto, es conveniente hacer uso de metodologías empleadas en el marco sustentable como es el Análisis del Ciclo de Vida.

De acuerdo a la norma IRAM-ISO 14040 Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco ², el ACV es una herramienta de gestión ambiental que, empleada conjuntamente con otras herramientas tales como la evaluación del riesgo y la evaluación del impacto ambiental, puede ser de suma utilidad para ayudar en la toma de decisiones por parte de quienes tienen a su cargo los destinos de las empresas. Es una técnica para evaluar los aspectos y los impactos ambientales potenciales asociados con un producto, y más precisamente, según la definición incluida en esa norma, es la recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema producto durante su ciclo de vida.

En general, las organizaciones consideran beneficioso conocer, con el mayor detalle posible, los efectos, aunque sean involuntarios, que sus productos, servicios o actividades podrían causar en el medio ambiente, en especial los que provoquen impactos ambientales significativos adversos, por las responsabilidades legales, sociales y políticas que ellos implican, además de las pérdidas económicas y de imagen empresarial.

El ACV es una herramienta para lograr acercarse a ese objetivo. Por un lado suministra información para identificar las posibilidades de mejoramiento del desempeño ambiental de sus productos y sus procesos en términos de uso eficiente y ahorro de recursos materiales y energéticos, con menor generación de residuos y emisiones, y por otro provee una base confiable para formular sus políticas estratégicas corporativas. Es una herramienta que facilita el desempeño ecológicamente eficiente.

El concepto de ecoeficiencia nace de la concepción global de los impactos ambientales de las diferentes fases del ciclo de vida de un producto, y de la voluntad de reducir los diferentes efectos ambientales negativos. La ecoeficiencia es "producir más con menos". Una gestión ecoeficiente de los procesos de producción o de los servicios aumenta la competitividad ya que:

- Reduce el despilfarro de los recursos mediante la mejora continua.
- Reduce el volumen y toxicidad de los residuos generados.
- Reduce el consumo de energía y las emisiones contaminantes.
- Se reducen los riesgos de incumplimiento de las leyes y se favorecen las relaciones con la administración competente.

Sin embargo, cabe señalar que este enfoque de ecoeficiencia se concentra en analizar los beneficios económicos con bajo impacto ambiental. Es necesario introducir el valor de lograr bienestar para las personas durante las etapas de producción.

El ACV define como etapas:

- 1ª. Definición de la meta y el alcance;
- 2ª. Análisis del inventario;
- 3ª. Evaluación del impacto;
- 4ª. Interpretación.

Meta y alcance. La definición de la meta apunta a establecer concretamente para qué y por qué se desea hacer el ACV, y a quién o a quiénes se va comunicar los resultados que se obtengan del estudio. La definición del alcance se orienta a establecer los límites del ACV que se va emprender, lo cual incluye, entre otros varios factores, las fronteras del sistema producto sometido a estudio, además de la función que cumple. (Norma IRAM-ISO 14040)

Análisis del Inventario. Esta fase implica la recolección y la cuantificación de las entradas y salidas de materia y energía correspondientes del sistema producto bajo estudio durante su ciclo de vida. Tales entradas y salidas comprenden, entre otras, materias primas, insumos, material auxiliar, combustibles, carbón, derivados del petróleo, madera y energía eléctrica; emisiones al aire, al agua y al suelo; ruidos, vibraciones, radiaciones y calor. El proceso de recolección de los datos vinculados con esas entradas y salidas es el núcleo principal de esta fase. (Norma IRAM-ISO 14041) El inventario se aplica principalmente para extraer datos e información del sistema producto sometido a estudio.

En actividades tecnológicas como la ingeniería, se admite que hay una multitud de operaciones y procesos diversos e individuales que son necesarios para extraer materias primas y energía, elaborar productos intermedios, diseñar, formular, fabricar, transportar y usar un producto, y gestionar los residuos generados en cada eslabón de la cadena de producción y disposición final. Esos procesos y operaciones están vinculados en el ciclo de vida de un producto, y ese conjunto integrado de procesos y operaciones es lo que constituye un "sistema" para ese producto.

Evaluación del impacto. Esta fase tiene por finalidad conocer y evaluar la magnitud y la significación de los impactos ambientales potenciales que podrían originarse por el

funcionamiento del sistema producto bajo estudio. La evaluación se realiza tomando como base los datos obtenidos en la fase de análisis del inventario. Se subraya el adjetivo potenciales pues en realidad esta fase no permite conocer ni estimar la significación de los impactos ambientales reales o efectivos derivados del sistema producto que se estudia. (Norma IRAM-ISO 14042)

Interpretación. Sobre la base de la meta y el alcance definidos, en la fase de interpretación se analizan conjuntamente los hallazgos de las dos fases previas, y a partir de ellos se extraen conclusiones y se formulan recomendaciones a quienes deban tomar decisiones sobre temas de interés para la organización que encargó el estudio. (Norma IRAM-ISO 14043)

ARQUITECTURA CON TIERRA.			
Desarrollo Sustentable.		Ecoeficiencia.	Análisis del Ciclo de Vida.
Necesidades Humanas.	Limitaciones Ambientales.	Más con menos.	<u>Materia prima.</u> Producción. Comercialización. Transporte. Utilización. Residuos.
Calidad de Vida.			Materia. Energía. Agua. <u>Impacto ambiental.</u>

S U S T E N T A B I L I D A D .

Tabla 1. Arquitectura de tierra y sustentabilidad.

Necesitamos revisar los procesos efectuados a través del ciclo de vida de arquitectura para evaluar los impactos ambientales, y corroborar si las acciones favorecen un desarrollo sustentable o no. Véase tabla 1. Consideramos importante reflexionar respecto al factor humano como elemento esencial en este análisis.

Es prioritario vigilar no dañar el ambiente pensando en las generaciones futuras. De la misma forma, señalamos que en algunos casos se sacrifica el bienestar de las personas. El lema: "Piensa global, actúa local", necesita un ajuste.

1.2. Calidad. El valor del factor humano

Haremos referencia a algunos conceptos en el marco de los Sistemas de Gestión de Calidad.

1.2.1. Modelo de Administración por Calidad Total (ACT). Un modelo ACT, se enfoca sistemáticamente hacia la completa satisfacción de las necesidades y requerimientos de la sociedad (clientes, empleados, accionistas y comunidad), a través del involucramiento completo y entusiasta de todos los empleados, en todos los niveles de la organización, en la práctica del control de las dimensiones de la Calidad, procurando consistentemente el mejoramiento continuo en los procesos, productos, servicios y resultados de la empresa.

1.2.2. Calidad. Se define como el grado en que un conjunto de características de un producto o servicio, cumple con las necesidades implícitas y explícitas de los clientes. Aún cuando esta definición aborda únicamente a los clientes, el concepto moderno de la Calidad total, abarca el compromiso de dar valor, a través de bienes y servicios, para la satisfacción tanto de los usuarios, como de los distintos grupos de interés relacionados con sus resultados.

1.2.3. Filosofía de servicio al cliente.

Muchas organizaciones han implantado sistemas de calidad con el fin de mejorar sus productos y procesos. Estas mismas organizaciones se percataron que no basta tener procesos que generen buenos productos, y que dichos productos satisfagan las expectativas de sus clientes.

La filosofía de servicio al cliente consiste en realizar acciones por nuestros clientes. Pensar en ellos cuando hacemos nuestro trabajo. Para ello necesitamos conocer sus expectativas y necesidades para posteriormente implantar sistemas de trabajo que garanticen el cumplimiento de dichas expectativas.

Se consideran dos tipos de clientes: internos y externos. Los clientes internos son personas que colaboran dentro de la organización, desarrollando un producto o servicio para otra persona o área de la organización, con el fin de participar directa o indirectamente en el desarrollo de un producto o servicio final para el cliente externo. Un cliente externo es la persona que adquiere el producto o servicio final de la organización.

1.2.4. Enfoques. Desde sus orígenes hasta la fecha la Calidad se ha manifestado a través de tres enfoques:

1. Enfoque en el producto: las empresas producen lo que consideran conveniente a sus intereses, avocándose a producir bienes y servicios que lleguen al consumidor sin defectos. El cliente tiene que seleccionar de lo que está disponible. Hasta el siglo XIX y principios del siglo XX.
2. Enfoque en el cliente: las empresas identifican las necesidades de los clientes y orienta la producción de bienes y servicios a satisfacerlas. Segunda guerra mundial.
3. Enfoque en la sociedad: se identifican las necesidades de los clientes y de todas las partes interesadas y orienta la producción de bienes y servicios a satisfacerlas, y lograr el bienestar de toda la sociedad en su conjunto.

1.2.5. Modelo de Discrepancias. Entre las estrategias para mejorar la satisfacción de los clientes está el modelo de discrepancias. Es un modelo útil para garantizar la calidad de un producto o servicio. Las discrepancias miden básicamente las diferencias entre las expectativas y las percepciones de los clientes. Esto es, entre lo que el cliente espera recibir de un producto o servicio y lo que realmente recibe. Estas diferencias se desglosan así:

1. Diferencia entre las expectativas de un cliente y lo que los administradores creen ser las expectativas de los clientes.
2. Diferencia entre lo que los administradores creen son las expectativas de los clientes y las especificaciones que hacen del servicio.
3. Diferencia entre la forma en que se especifica el servicio y la forma en que realmente se da el servicio.
4. Diferencia entre lo que hacemos y lo que decimos que tenemos.
5. Diferencia entre las percepciones del cliente y sus expectativas.

1.2.6. Procesos y mejora continua.

Un proceso es un conjunto de actividades secuenciadas (causas), que producen un resultado (efecto). Para generar una salida, ya sea un producto o un servicio, generalmente se requiere de cinco elementos o factores básicos:

Mano de Obra: Son los responsables de ejecutar el trabajo.

Métodos: Es la forma en que se efectúa el trabajo.

Maquinaria o equipo: Son las máquinas, equipos, herramientas, que se emplean para efectuar el trabajo.

Materiales: Son las entradas sobre las cuales se trabaja.

Medio Ambiente: Se refiere a las condiciones en las cuales se lleva a cabo el trabajo.

La salida del proceso, son los resultados del trabajo realizado. Dicha salida tiene requerimientos de calidad, definidos por las necesidades del cliente interno o externo, que el responsable del proceso debe de estar comprometido a satisfacer. Estos requerimientos se traducen en indicadores y especificaciones; los indicadores miden o cuantifican los resultados y las especificaciones definen un nivel esperado sobre los indicadores que se deben alcanzar para asegurar la satisfacción de las necesidades de los clientes.

El factor humano es esencia de calidad. En los términos de producción adelgazada o magra, conocida por el anglicismo “lean”, se considera basura la no satisfacción de necesidades de los clientes. Este concepto se enfoca en el valor añadido de recursos desde el punto de vista del cliente: Qué necesitan, Cuándo lo necesitan, En dónde lo necesitan, A qué precio competitivo, En cantidades y variedad que requieren, pero siempre respecto a la calidad esperada (Alukal- Manos, 2006). La ergonomía debe estar presente en todo proceso, como factor de satisfacción al cliente. Y en toda organización en donde se pretende asumir una filosofía de mejora continua o Kaizen.

1.3. Ergonomía. Adecuación de ambiente y factor humano

El término ergonomía (del griego ergon: trabajo y nomos: ley) ha sido adaptado oficialmente cuando se creó la primera sociedad de ergonomía, la Ergonomics Research Society, fundada en 1949 por ingenieros, fisiólogos y sociólogos británicos a fin de adaptar el trabajo al hombre. (Mondelo, 2000)

La Asociación Internacional de Ergonomía (International Ergonomics Association, IEA), define a la ergonomía como la disciplina científica relacionada con el conocimiento de la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica la teoría, principios, datos y métodos para diseñar buscando optimizar el bienestar humano y la ejecución del Sistema Global.

Las investigaciones sobre ergonomía se fundamentan en el análisis de la actividad del trabajo de las personas identificando factores que puedan constituir un riesgo y un obstáculo para la producción, para la seguridad de las personas o para la seguridad en el funcionamiento de las instalaciones.

Por ello, la concepción de la ergonomía como sistema es el resultado de las características de los medios de trabajo, las características de la organización y las características del personal.

La ergonomía se ocupa de: a) el estudio del operario individual o del equipo de trabajo; y b) la facilitación de datos para el diseño. Los objetivos de la ergonomía son, por consiguiente, promover la eficacia funcional, al mismo tiempo que mantiene o mejora el bienestar humano. (OIT, 1996)

El parámetro de confort, es de vital importancia dentro del proceso de diseño, ya que en primera instancia todo diseño arquitectónico debe dirigirse hacia el logro del confort de los usuarios, entendiendo por confort al estado sicofisiológico (mental y físico) que expresa satisfacción con el ambiente biotérmico y sensorial que rodea al usuario.

El confort humano esta en función de múltiples variables. Las principales son: el régimen del flujo del aire sobre la piel; la temperatura radiante media; la temperatura del aire; los niveles de humedad del aire; la cantidad y tipo de vestimenta; y el nivel de actividad del usuario. Es

posible que en muchos casos no sea fácil encontrar una solución, pero la experiencia muestra que a la larga se logra, y que en ningún caso se justifica el sacrificio de la comodidad del usuario. (Vélez, 2002)

Desgraciadamente se da por descontado que el factor humano se considera en toda acción de diseño. Esto se puede relacionar con falacias del diseño.

1. El diseño es satisfactorio para mí, por lo tanto es satisfactorio para todos.
2. El diseño es satisfactorio para la persona promedio, por lo tanto es satisfactorio para todos.
3. La variabilidad del ser humano es tan grande que no es posible complacer a todos, pero como la gente es maravillosamente adaptable, de todas maneras no importa.
4. La Ergonomía es muy cara, y como los productos actualmente se compran por su apariencia y estilo, las consideraciones ergonómicas pueden ser ignoradas a conveniencia.
5. La Ergonomía es extremadamente importante. Yo siempre diseño las cosas con la Ergonomía en mente, pero lo hago de manera intuitiva y confío en mi sentido común. De manera que no necesito tablas de datos ni estudios empíricos. (Prado-Ávila, 2006)

En las actividades de diseño, como practica dirigida a satisfacer necesidades humanas y a procurar una mejor calidad de vida, la ergonomía debe ser parte esencial. Un diseño no ergonómico, generaría no conformidades de producto, al no satisfacer los requerimientos relacionados con la adecuación de procesos productivos y sus resultados. Sin contar con el impacto ambiental de los desperdicios generados en el ciclo de vida.

2. OBJETIVOS

2.1. Alcances.

Vamos a partir de los siguientes aspectos para la formulación del objetivo del presente estudio.

- a) Reducir lesiones y enfermedades.
- b) Disminuir costos por incapacidades e indemnizaciones.
- c) Aumentar la productividad, calidad, seguridad.
- d) Mejorar las condiciones y la calidad de vida en el trabajo.

El ambiente de trabajo se caracteriza por la interacción de los siguientes elementos:

El Trabajador: Con sus características propias de estatura, peso, fuerza, nivel educativo, intelecto, entre otros.

El puesto de trabajo: Que comprende las herramientas, mobiliario, objetos de trabajo, entre otros.

El entorno de trabajo: Que comprende la temperatura, iluminación, ruido, vibraciones, entre otros.

Factores de Riesgo Ergonómico

Postura: Es la posición que el cuerpo adopta al desempeñar un trabajo.

Fuerza: Es el efecto que provoca en el cuerpo el peso de un objeto al realizar la tarea.

Duración: Es la cantidad de tiempo que se está expuesto a un factor de riesgo.

2.2. Objetivo

Se pretende llevar a la reflexión respecto a las acciones emprendidas hasta ahora en la arquitectura de tierra, demostrando con técnicas básicas de análisis de tareas, y en el marco

de la producción aligerada y limpia, que en varios procesos se generan desperdicios. De aquí que no necesariamente se participa en un desarrollo sustentable cuando se ponen en riesgo a las generaciones actuales.

3. MÉTODO

En el contexto de Ergonomía existen una variedad de métodos y técnicas de investigación. Se describen a continuación algunas técnicas de investigación de tareas. El Análisis de Tareas es el estudio de lo que se requiere del usuario en términos de acciones para completar una tarea. Se entiende por técnica de análisis de tareas el conjunto de procedimientos que, partiendo de un modelo, permiten identificar y generalmente medir, las variables que se consideran características en un determinado puesto de trabajo. (Montmollin, 1967)

La observación es una de las técnicas para coleccionar datos en el desempeño de tareas.

Un procedimiento es el siguiente:

Primera fase: Agrupación de puestos similares. Agrupar los puestos de trabajo que tengan características similares en relación con las tareas, el diseño del puesto y las condiciones ambientales.

Segunda fase: Identificación inicial de riesgos.

Tercera fase: Se aplican Los Métodos de Evaluación que se consideren necesarios.

Cuarta fase: Propuesta de mejoras y planificación de la intervención.

En este caso, se emplea la observación de ejemplos a partir de imágenes, de manera que se ejemplifique el alcance de la propuesta en el sentido de valorar las necesidades de las personas participantes en los procesos de la arquitectura de tierra. Por ejemplo, fabricación y manipulación de los BTC.

Se aplican técnicas de recopilación de información, empleadas en evaluación de riesgos ergonómicos.

4. RESULTADOS

Se presentan algunos de resultados de analizar tan sólo la manipulación de cargas en el caso de BTC mejorado con cemento al 6% fabricado en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Se emplearon BTC similares en la construcción de un prototipo de vivienda. En dicho prototipo no se realizó estudio de valoración ergonómica. Este análisis representa una actividad de las múltiples ejecutadas durante el ciclo de vida del BTC y de la arquitectura de tierra.

Los BTC considerados en este caso, miden 10x14x28 cms compuestos de arcilla y medrano (arena y limo). EL BTC pesa cada uno 8 kgs (16 kgs), el operador levanta dos piezas colocadas frente a sus pies, desde el suelo hasta una altura superior a sus hombros. Durante el levantamiento de la carga el operador realiza un giro del tronco. Véase figura 1.

El operador necesita sujetar el BTC y de inmediato esforzarse por levantar la carga hasta la altura de sus hombros, flexionando codos y muñecas. El operador dijo no poder agarrar el BTC porque se resbala debido a la textura del producto, es decir desprende polvo. El BTC no presenta asas o medio para agarrarlo y levantarlo cómodamente. Véase figura 2. Por lo tanto, prefiere girar mano, muñeca y brazo para soportar el peso sobre sus palmas. Véase la figura 3.



Fig. 1 Tronco inclinado y con giro.

Fig. 2. Dificultad en el agarre por la porosidad del BTC.

Fig. 3. Manipulación de carga.

Se realiza un análisis preliminar con base en observar las tareas básicas. Primeramente acerca de la manipulación manual de cargas. Véase Tabla 2.

<i>Manipulación Manual de Cargas.</i>	
Sí	Se manipulan cargas > 6 kg
	Se manipulan cargas > 3 kg en alguna de las siguientes situaciones:
Sí	Por encima del hombro o por debajo de las rodillas.
No	Muy alejadas del cuerpo
Sí	Con el tronco girado.
Sí	Con una frecuencia superior a 1 vez/minuto.
No	Se manipulan cargas en postura sentada.
Sí	El trabajador levanta cargas en una postura inadecuada, inclinando el tronco y con las piernas rectas.
Tabla 2. Riesgo ergonómico: Análisis de manipulación manual de cargas.	

Posteriormente se analiza postura y repetitividad de la tarea. Véase tabla 3.

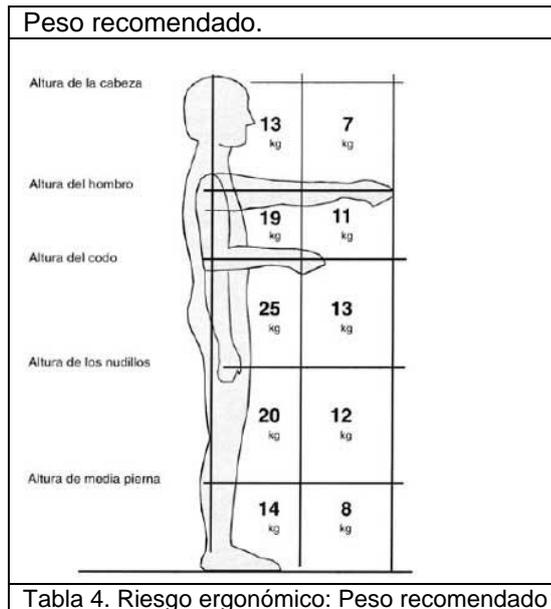
<i>Posturas/Repetitividad.</i>	
Sí	Posturas forzadas de algún segmento corporal (el cuello, el tronco, los brazos, las manos/muñecas o los pies) de manera repetida o prolongada.
Sí	Movimientos repetitivos de los brazos y/o de las manos/muñecas.
Sí	Postura de pie prolongada.
	Postura de pie con las rodillas flexionadas o en cuclillas de manera repetida o prolongada.
Tabla 3. Riesgo ergonómico: Posturas/Repetitividad	

Se procede a calcular el peso tolerable.

El Peso Aceptable del levantamiento se calcula multiplicando los siguientes cinco coeficientes, que se obtienen a partir de datos de la tarea y del puesto de trabajo:

El mayor peso teórico recomendado es de 25 kg, que corresponde a la posición de la carga más favorable, es decir, pegada al cuerpo, a una altura comprendida entre los codos y los nudillos.

EL BTC pesa cada uno 8 kgs (16 kgs), el operador levanta dos piezas colocadas frente a sus pies, desde el suelo hasta una altura superior a sus hombros. Peso recomendado, 8 kgs. Véase Tabla 4.



El desplazamiento vertical ideal de una carga es de hasta 25 cm; siendo aceptables los desplazamientos comprendidos entre la "altura de los hombros y la altura de media pierna". Se procurará evitar los desplazamientos que se realicen fuera de estos rangos. No se deberían manejar cargas por encima de 175 cm, que es el límite de alcance para muchas personas.

Desplazamiento vertical	Factor de corrección (FC)
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0.91
Hasta 100 cm	0.87
Hasta 175 cm	0.84
Más de 175 cm	0

Tabla 5. Riesgo ergonómico: Desplazamiento vertical.

El operador levanta la carga de dos BTC desde 0 hasta 1.75, para adoptar la postura favorable para él, ya que de esa manera no se resbala el BTC cuya textura es porosa. FC=0.84 (Véase tabla 5). Además realiza un giro de su tronco en el levantamiento de la carga. FC=0.90 (Véase tabla 6)

Giro de tronco.	Factor de corrección. (FC)
Sin giro.	1
Poco girado (hasta 30°)	0.9
Girado (hasta 60°)	0.8
Muy girado (90°)	0.7

Tabla 6. Riesgo ergonómico: Giro de tronco.

Agarre de la carga. Se considera un agarre bueno cuando la carga tiene asas u otro tipo de agarres con una forma y tamaño que permita u agarre confortable con toda la mano, permaneciendo la muñeca en una posición neutral, sin desviaciones ni posturas desfavorables.

Se considera un agarre regular si la carga tiene asas o hendiduras que no permiten un agarre cómodo, o si la carga no tiene asas pero puede sujetarse flexionando la mano 90°.

Se considera un agarre malo si no se cumplen los requisitos anteriores.

El operador dijo no poder agarrar el BTC porque se resbala debido a la textura del producto, es decir desprende polvo. El BTC no presenta asas o medio para agarrarlo y levantarlo cómodamente. FC= 0.90 (Véase Tabla 7)

Agarre de carga.	Factor de corrección. (FC)
Agarre bueno	1
Agarre regular	0.95
Agarre malo	0.9

Tabla 7. Riesgo ergonómico: Agarre de carga.

Frecuencia y duración de la manipulación. Una frecuencia o duración elevadas de la manipulación de cargas puede producir fatiga y aumentar el riesgo de lesión. En función de estos factores, el peso teórico recomendado que se podría manejar debe reducirse multiplicando por el siguiente factor de corrección:

Frecuencia de manipulación.	Duración de la manipulación.		
	<1 hora	Entre 1 y 2 horas	Entre 2 y 8 horas
	Factor de corrección. (FC)		
1 vez cada 5 minutos	1	0.95	0.85
1 vez / minuto	0.94	0.88	0.75
4 veces / minuto	0.84	0.72	0.45
9 veces / minuto	0.52	0.30	0.00
12 veces / minuto	0.37	0.00	0.00
>15 veces / minuto	0.00	0.00	0.00

Tabla 8. Riesgo ergonómico: Frecuencia de manipulación.

El operador, junto con otras 3 personas puede desplazarse para cargar una camioneta con 500 BTC, una distancia de cinco metros, empleando un minuto en cada ciclo. Se considera un FC=0.94 (Véase Tabla 8)

Resumen:

Peso real de carga: 16 kgs.

Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación: 8 kgs.

Desplazamiento vertical: FC = 0.84

Giro de tronco: FC = 0.90

Tipo de agarre: FC = 0.90

Frecuencia de manipulación: FC = 0.94

$$8 \text{ kgs.} \times 0.84 \times 0.90 \times 0.90 \times 0.94 = 5.11 \text{ kgs.}$$

El peso manipulado por el trabajador (16 kgs) es mucho mayor que el peso aceptable indicado por el método de evaluación (4.79 kgs.) El riesgo no es tolerable.

Como se ve, el material de los BTC es noble, pero se genera desperdicio en términos de calidad de procesos aligerados y limpios. Es decir, la actividad de la persona presenta riesgo de lesiones, no se satisface su necesidad de confort y bienestar.

5. CONCLUSIONES

5.1. Mejora continua en la Arquitectura de tierra.

En el presente de la arquitectura de tierra aparece una problemática que refleja dimensiones y escalas que caracterizan a los grandes desafíos que enfrenta. Estos problemas son identificados por Rotondaro (2007):

- a) Lograr que la construcción con tierra sea valorada por parte de los amplios sectores sociales de menores recursos como una alternativa confiable y de hábitat digno, en el campo de la autogestión y la autoproducción de la vivienda.
- b) Legislar para poder contar con una normalización de fácil acceso y reconocida internacionalmente, adecuada y suficiente para apuntalar la confianza en la tierra como material constructivo.
- c) La posible industrialización de los sistemas constructivos con empleo de tierra cruda. La edificación con tierra no forma parte del mercado convencional de la construcción en la mayoría de los países.
- d) Valorar las ventajas ecológico-ambientales de la construcción con tierra en cuanto a la reducción de la contaminación ambiental y el gasto energético en relación con la producción de edificios, y en cuanto a la posibilidad de su reciclado como material –al menos en un alto porcentaje
- e) Lograr instalar en la educación técnica y universitaria la formación de recursos humanos, de manera responsable, en cuanto a las ventajas y las limitaciones de la tierra como material y como arquitectura.
- f) Hoy el principal motor del impulso que mantiene la arquitectura de tierra sea el paradigma de la sustentabilidad, con el fundamento que le otorgan sus ventajas ya comprobadas. Y tal vez cabe pensar que esto ocurrirá cuando la sustentabilidad del planeta sea el interés común de los distintos sectores de poder y de las sociedades, para que lo que por ahora se consolida como tendencias de desarrollo, pueda evolucionar a la “categoría” de movimiento que caracterice a la construcción del hábitat humano durante el siglo XXI.

Implícitamente se procura el bienestar del ser humano. ¿Por qué no se explicita el requerimiento de satisfacer las necesidades de las personas, considerando un enfoque sistémico, si se pretende alcanzar una dimensión global con la arquitectura de tierra? Consideramos que la búsqueda de soluciones se limita a merodear alrededor de las necesidades de supuestos usuarios, sin hacer contacto con las personas reales, quienes participan en los procesos de la arquitectura de tierra.

Una aproximación a una visión integral se esclarece en el desglose de factores de un diseño ecobioconstructivo sostenible, el cual pretende un equilibrio entre el hombre y su entrono. Aquí, la vivienda se considera un organismo vivo que consume aire y energía, produciendo flujos en su interior, transpira y produce desechos (Barbeta, 2002). Un balance sostenible se obtiene armonizando:

Factores socioculturales. Adaptar el hábitat a una manera de vivir de la gente y una tradición autónoma. No permitiendo la internacionalización de la arquitectura.

Factores psicológicos del habitante. Espacio-luz-color. Ambiente saludable y confortable. Tener en cuenta la ergonomía y la iluminación natural.

Factores técnicos. Uso de materiales y tecnologías no contaminantes, que faciliten reuso y ahorro de recursos.

Factores medioambientales. El hábitat no termina en la puerta de la casa, por lo tanto se requiere del uso de la Geobiología (campos electromagnéticos), la Bioclimática (adaptación de condiciones naturales para un confort térmico), Permacultura (empleo de huertos y jardines, así como medios para ahorro de consumo de agua)

Suponer que la ergonomía únicamente es útil para consideraciones psicológicas es acertado pero insuficiente. De hecho, existen una serie de aportaciones desde la ergonomía cognitiva. Ulteriormente los discursos se dirigen a solventar problemas del producto final de los procesos. Por ejemplo, si consideramos el caso de los BTC, la normatividad establece requerimientos desde granulometría, límite plástico de un suelo, determinación de acidez del agua, métodos de ensayo para determinación de dimensiones, hasta determinación de resistencia inicial a cortante y determinación de valores térmicos, entre otros. (Normas UNE³) No se encuentra alguna norma que mencione la determinación dimensional de BTC en función de factores ergonómicos, como adecuación antropométrica, factores biomecánicos, prevención de riesgos por levantamiento de cargas, agarre de piezas, posturas de trabajo, etc.

La calidad en la arquitectura de tierra se busca con la pretensión de cumplir con requerimientos técnicos en los materiales transformados. La orientación de la calidad es hacia el producto. Se dice que la tierra es un material con características nobles, amable con el medio ambiente porque aparentemente no genera desperdicios. Es necesario analizar el ciclo de vida de este tipo de construcción, en función de la satisfacción de necesidades de las personas involucradas en todos los procesos. No sólo en la fabricación y empleo de los BTC, sino en la utilización de la tierra como material de construcción. Véase figura 4. Esta tarea es compleja, ya que se trata de analizar un sistema de procesos vasto.



Fig. 4. Etapas en el ciclo de vida de la arquitectura de tierra. Aspectos no ergonómicos: Fábrica de adobe; fábrica de BTC; muros con adobe.

Este tipo de trabajos ya se realizan en el ámbito de la construcción tradicional. Por ejemplo, en el Centro en Red para la Innovación en Prevención de Riesgos Laborales, de la Universitat Politècnica de Valencia, se realizó un análisis multifactorial de riesgo ergonómico, factores de riesgo psicosocial y percepción de riesgos laborales en el sector de la construcción. El objetivo general del proyecto coordinado es reducir la siniestralidad en las actividades de construcción y mejorar la cualificación laboral y las condiciones de trabajo en las obras. Entre los objetivos concretos del proyecto coordinado son los siguientes:

_ Analizar las discrepancias entre la evaluación de condiciones ergonómicas y psicosociales frente a la percepción de los riesgos que tienen los trabajadores estableciendo criterios para incorporar la percepción en los procedimientos 'objetivos' de análisis y determinando estrategias formativas e informativas para mejorar la 'capacidad' de los trabajadores del sector para percibir adecuadamente los riesgos.

En la arquitectura de tierra proporcionamos un servicio con discrepancias de calidad. Existe una diferencia entre las expectativas de satisfacción y bienestar de un cliente, en este caso los operadores, y lo que los arquitectos creen ser las expectativas de los clientes.

5.2. Recomendaciones.

En cualquier caso, considerando esta sola etapa del ciclo de vida de la arquitectura de tierra, particularmente los BTC, si es preciso manejar cargas de forma manual, se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

- ~ Los sacos de cemento grandes han de manipularse siempre entre dos personas. Se recomienda pedir ayuda y utilizar una adecuada técnica de levantamiento.
- ~ Intentar que los sacos o los ladrillos no se encuentren a ras del suelo. Se puede utilizar una mesa auxiliar para tratar que las cargas estén siempre entre la altura de los nudillos y la de los hombros.
- ~ Al manipular cargas no hay que girar el tronco y/o los brazos, es mejor mover los pies. (La Fundación Laboral de la Construcción Argentina - Instituto Biomecánico de Valencia, 2005)

Necesitamos asumir nuevos enfoques en la práctica profesional como arquitectos. Emplear como materia prima a la tierra no necesariamente nos convierte en profesionales con una participación que añada valor a las cadenas de producción de objetos habitables. Aceptemos que podemos mejorar nuestra práctica no sólo con buena voluntad e ideales. Sino con marcos de referencia comprobados, nuevos para los arquitectos, pero exitosas en otras disciplinas. Su aplicación lleva al aseguramiento de la calidad en todo sentido.

Producción Limpia es la continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva, para incrementar la eficiencia de procesos, productos y servicios, y reducir riesgos a los seres humanos y al ambiente. Producción Limpia puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos en sí, y a varios servicios proveídos en la sociedad.

Diseño es una actividad creativa cuyo objetivo es el establecimiento de cualidades multifacéticas de objetos, procesos, servicios y sus sistemas en todo ciclo de vida. El diseño es el factor central de una humanización innovadora de tecnologías, y factor crucial de interacción cultural y económica.

Administración de Valor es un estilo de administración particularmente dedicada a motivar personas, desarrollar habilidades, y promover sinergias e innovación, con objeto de maximizar el desempeño efectivo de toda organización.

1. Identificando los riesgos ergonómicos en los puestos de trabajo
2. Cuantificando las condiciones de riesgo en el puesto de trabajo.
3. Recomendando aplicar controles de Ingeniería o Administrativos para disminuir los riesgos.
4. Entrenando y capacitando a los empleados en cómo identificar las condiciones de riesgo para prevenir lesiones.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Alexandre, J.; Camocho, D.; Catarino, J.; Henriques, J.; Maia, A. *How can Design, Value Management and Cleaner Production work together?*. 2nd International Conference "Quantified Eco-Efficiency Analysis for Sustainability". Egmond aan Zee, 28-30 June 2006. INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P. Lisbon Portugal. 2006.
- Alukal, George – Anthony Manos (2006). *Lean Kaizen. A simplified Approach to Process Improvements*. ASQ Quality Press. Milwaukee, Wisconsin.
- Bertelsen, Sven – Stephen Emmit. The client as a complex system. Proceedings IGLC-13, July 2005, Sydney, Australia. International Group for Lean Construction. <http://www.iglc.net/>
- Barbeta I Solá, Gabriel. Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI. Tesis Doctoral. Escola Técnica Superior D'Arquitectura de Barcelona UPC. Abril 2002.
- Evans R. James & Lindsay M. William. *The Management and Control of Quality*, Sixth Edition, USA: Thomson South-Western. 2005
- Lacomba, Ruth. *La ciudad sustentable*. Editorial Trillas. México. 2004.

- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. *Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España. 2002.
- Mondelo, Pedro R. Et al. *Ergonomía*. México. UPC-Alfaomega Grupo Editor. 2000.
- Montmollin, Maurice de. *Introducción a la Ergonomía: Los Sistemas Hombre – Maquina*. Francis & Taylor. 1967.
- Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra. *Introducción al estudio del trabajo*. Limusa Noriega Editores. 1996.
- Prado León, R. – Rosalío Ávila Ch. *Ergonomía y diseño de espacios habitables*. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Centro de Investigaciones en Ergonomía. México. 2006.
- Rotondaro, Rodolfo. *Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos*. En Revista "Apuntes". Vol. 20, núm. 2, 342-353. Publicación semestral de la Facultad de Arquitectura y Diseño. Pontificia Universidad Javeriana. 2007.
- Vélez González, Roberto. *La ecología en el diseño arquitectónico*. Editorial Trillas. México. 2002.
- Zeithaml, V.A. - Parasuraman, A. - Berry, L.L. *Delivering quality service: Balancing customer perceptions and expectations*. New York: Free Press. 1990
- Michael D. Johnson, Anders Gustafsson, Michael D. Johnson, Anders Gustafsson. *Competing in a Service Economy: How to Create a Competitive Advantage Through Service Development and Innovation*. Jossey – Bass. A Wiley Imprint. University of Michigan Business School. 2003.
- International Ergonomics Association, IEA. Página web, disponible en: <http://www.iea.cc/index.php?contID=home> Abril, 2009.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. En red, disponible en <http://www.iram.com.ar/> Abril del 2009.
- Sociedad de Ergonomistas de México, A.C., SEMAC. Página web, en red, disponible en: <http://www.semac.org.mx/default.aspx>
- Centro en Red para la Innovación en Prevención de Riesgos Laborales, de la Universitat Politècnica de Valencia. Página web, en red, disponible en: <http://www.redirl.com/> y en: http://www.redirl.com/proyectos/documentos/5_14_1_Ficha_proy_PN_Construccion.pdf Abril del 2009.
- La Fundación Laboral de la Construcción Argentina - Instituto Biomecánico de Valencia. *Manual de ergonomía en la construcción*. http://www.srt.gov.ar/super/eventos/Semana2009/CD/contenido/1_Construccion/Manual_ergonomia.pdf

¹ Manifiesto por la vida. *Por una ética para la sustentabilidad en Revista Iberoamericana de la Educación*, no. 40, OIE, enero-abril 2006. En internet: <http://www.rieoei.org/rie40a00.htm#1#1>

² Instituto Argentino de Normatividad y Certificación. IRAM. Se toma como referencia el IRAM debido al contexto en el cual se da el Seminario de Construcción con Tierra. SIACOT 2009. Normatividad similar existe como ISO a nivel internacional, UNE normatividad europea, y otros.

³ Esta norma española UNE-BTC ha sido elaborada por el Subcomité Técnico AEN/CTN 41 SC10 Edificación con Tierra Cruda, cuya Secretaría desempeña el Departamento de Construcción y Vías Rurales de la ETSI Agrónomos de Madrid.

Julio Gerardo Lorenzo Palomera: Arquitecto .Master en Administración. Master en Educación Superior. Diplomado en Calidad y Productividad. Catedrático-Investigador de Tiempo Completo. Miembro Colaborador del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. disartaka@yahoo.com

Daniel Celis Flores: Doctorado en la Universidad de Bradford, Inglaterra. Catedrático-Investigador de Tiempo Completo. Miembro Colaborador del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. celisdaniel@msn.com

Carlos Alberto Fuentes Pérez: Arquitecto. Máster en Educación Superior; Catedrático-Investigador de Tiempo Completo; Jefe del Seminario de Humanística, y Miembro del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. fuenper@hotmail.com

Judith Garcés Carrillo: Arquitecta. Master en Administración de la Construcción. Secretaria Académica de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Miembro Colaborador del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. arg_judithgarces@hotmail.com