

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano

Sustentabilidad del hábitat

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

Programa de diseño responsable



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

**60
años**

Proyectos de Aplicación Profesional

1G01 Materioteca y sustentabilidad

Proyecto ladrilleras

PRESENTAN

Lic. Arquitectura

Ing. Química

Ing. Química

Ing. Industrial

Ing. Civil

Ing. Civil

Ing. Ambiental

Ing. Civil

Ing. Civil

Adrián Cova Orozco

Luis Alberto Morales Zendrero

Gustavo Ibáñez Sosa

Andrés Ochoa Lomelín

Matías Leñero Ríos

Diego Armando Camacho Zepeda

Norma Aurora Cornejo González

Álvaro Estrada Hernández

Sergio Camacho López

Profesor PAP: Maestro Luis Enrique Flores Flores

Tlaquepaque, Jalisco, Agosto de 2017

Contenido

REPORTE PAP	4
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	4
Resumen	5
1. Introducción.....	6
1.1 Objetivos.....	6
1.1.1 Análisis del proceso.....	6
1.1.1.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético	6
1.1.1.2 Células mínimas productivas.....	6
1.1.2 Propuesta parque ladrillero.....	7
1.1.3 Conocimiento de Materia Primas	7
1.1.4 Hornos ladrilleros	7
1.1.6 Obtención de constante de conductividad térmica	8
1.1.7 Resistencia a compresión diagonal.....	8
1.2 Justificación	8
1.2.1.2 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético	9
1.2.1.3 Propuesta Parque Ladrillero	9
1.2.2 Conocimiento de materias primas	9
1.2.2.1 Clasificación de arcillas.....	9
1.2.3 Análisis de Hornos Artesanales.....	10
1.2.3.1 Hornos ladrilleros	10
1.2.4 Pruebas de ladrillos y muros de mampostería.	10
1.2.4.1 Propiedades físicas del ladrillo y muros de mampostería	10
1.2.4.2 Constantes de conductividad térmica	11
1.2.4.3 Resistencia a compresión de ladrillos.....	11
1.3 Antecedentes.....	11
1.3.1 Análisis del Proceso	11
1.3.1.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético	11
1.3.1.2 Células mínimas productivas.....	12
1.3.1.3 Propuesta Parque Ladrillero	13
1.3.2 Conocimiento de Materias Primas.....	13
1.3.3 Análisis de Hornos Artesanales.....	13
1.3.3.1. Hornos ladrilleros	13

1.3.4.2	Constantes de conductividad térmica	14
1.3.4.3	Pruebas a compresión de ladrillos	14
1.4.	Contexto	15
1.4.1	Análisis del Proceso	15
1.4.1.1	Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético	15
1.4.1.2	Células mínimas productivas.....	15
1.4.1.3	Propuesta Parque Ladrillero	16
1.4.2	Conocimiento de Materias Primas.....	17
1.4.3.1	Hornos ladrilleros	17
1.4.4	Pruebas a Ladrillos	18
1.4.4.1	Constantes de conductividad térmica	18
2.	Desarrollo	19
2.1.	Sustento teórico y metodológico	19
2.1.1.1	Análisis del Proceso.....	19
2.1.1.1.1	Análisis del Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético	19
2.1.1.1.2	Propuesta Parque Ladrillero	20
2.1.1.2	Conocimiento de materias primas	21
2.1.1.2.1	Caracterización de arcillas.....	21
2.1.1.4	Pruebas a Ladrillos	21
2.1.1.5	1 Constantes de conductividad térmica	21
2.2.	Planeación y seguimiento del proyecto	23
2.2.1	Análisis del Proceso	23
2.2.1.1	Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético	25
2.2.1.2	Propuesta Parque Ladrillero	26
2.2.2	Conocimiento de Materias Primas.....	31
2.2.4.0	Clasificación de arcillas.....	32
2.2.4.1	Pruebas a Ladrillos	32
2.2.5	Constantes de conductividad térmica.....	35
2.2.6	Pruebas a muretes.....	36
3.	Resultados del trabajo profesional.....	36
3.2.1.1	Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético	36
3.2.1.2	Propuesta Parque Ladrillero	38
3.2.1.3	Pruebas a Ladrillos	39
3.2.1.4	Constantes de conductividad térmica	41

3.2.1.5 Pruebas a muretes	44
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto	46
5. Conclusiones.....	57
5.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético	57
5.2 Propuesta Parque Ladrillero	57
5.3 Caracterización de materias primas	58
5.4 Sobre pruebas de resistencia de materiales.....	58
5.5 Constantes de conductividad térmica	59
5.6 Pruebas a muretes	60
6. Bibliografía.....	61

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.

A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

La información disponible del ladrillo rojo es empírica en su mayoría, por lo que en este documento se busca determinar científicamente sus propiedades. Las arcillas se caracterizaron con muestras de una ladrillera en la ZMG. En ladrillos de diversas ladrilleras se hicieron pruebas de resistencia y de efecto cortante en los ladrillos y muros para determinar cuáles cumplían con las normativas, también se hicieron pruebas de conductividad térmica (en ladrillo rojo y otros materiales de mampostería), sentando bases para trabajos posteriores de bio-climatismo.

Para el proceso de elaboración se realizó un Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético, determinando que la cocción genera un impacto por las emisiones de CO, CO₂ y PM₁₀. Además, se elaboró una propuesta de horno y se ligó al desarrollo del *Layout* de un parque ladrillero, se trabajó con instituciones del Estado de Jalisco y Guanajuato. Finalmente, se presentó una propuesta conjunta del parque ladrillero y el nuevo horno al Gobierno del Estado para su posterior aprobación.

1. Introducción

El ladrillo rojo está como material de construcción ha perdido terreno en el mercado frente a los materiales de mampostería industrializados, como lo son los mampuestos a base de cemento o los cerámicos industriales. A partir de esta situación nace el proyecto de ladrilleras, el cual pretende recuperar el valor de este elemento de construcción, resaltando sus propiedades estéticas, artesanales, térmicas y sociales.

En un esfuerzo por erradicar las debilidades del ladrillo se ha estudiado el elemento como tal y su proceso, lo cual ha generado una serie de acciones: eficientizar procesos de producción, certificar materiales, probar materiales bajo distintas normas, entre otras.

Las personas que trabajan en las distintas ladrilleras de la región están tan acostumbradas a sus labores y a su forma de operar que no ven las posibles áreas de mejora. Este proyecto, en el enfoque de células mínimas productivas, busca hacer una redistribución del área de producción de las ladrilleras.

Es posible que un mismo modelo funcione para más de una ladrillera, lo ideal sería estandarizar el proceso, pero se debe de estar abierto a la posibilidad de que exista más de un modelo, o dos o tres, ya que, aunque se trata de un mismo producto, es un producto que se trabaja de manera artesanal y el modo de operar y los espacios pueden variar.

1.1 Objetivos

1.1.1 Análisis del proceso

1.1.1.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético

Cuantificar el impacto ambiental en la etapa de producción en las ladrilleras, mediante la cuantificación de emisiones generadas, gastos energéticos e hídricos, de acuerdo a la información recopilada de los ladrilleros sobre los materiales necesarios para fabricar el producto final (ladrillo rojo).

1.1.1.2 Células mínimas productivas

El objetivo principal del proyecto de células mínimas productivas es encontrar la distribución ideal para cada grupo de ladrilleros, tomando en cuenta la experiencia y los conocimientos que se tienen por parte de los involucrados en la parte interna (ITESO) como

la experiencia y el *feeling* de los trabajadores; procurando estandarizar el proceso lo más posible.

Dentro de este gran objetivo principal se tiene lo siguiente:

- Se busca reducir el tiempo empleado en el proceso
- Reducir distancias
- Encontrar nuevas formas de realizar el proceso
- Eficientar las entradas y salidas de material
- Reducir la fatiga del trabajador
- Aprovechar al máximo el espacio disponible
- Reducir accidentes

1.1.2 Propuesta parque ladrillero

Se pretende diseñar a través, de la búsqueda de la correcta planeación de los distintos espacios necesarios en el parque ladrillero, con el propósito de la colaboración de distintos ladrilleros en un espacio en común.

De la mano de las células mínimas productoras, la propuesta del parque ladrillero busca ofrecer espacios más óptimos y eficientes para el beneficio del proceso de elaboración del ladrillo.

1.1.3 Conocimiento de Materia Primas

Caracterización y clasificación de arcillas utilizadas en ladrilleras de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Se elaborará una tabla que recopile la descripción y propiedades físicas de las diferentes arcillas analizadas, así como los datos de las ladrilleras donde se emplean y, de ser posible, las coordenadas del banco de donde se extrajeron.

1.1.4 Hornos ladrilleros

Realizar una comparación del funcionamiento de distintas tecnologías de hornos ladrilleros, para posteriormente generar dos propuestas de horno, una a corto plazo y otra a largo plazo, esto con el fin de utilizar dicha tecnología en el primer parque ladrillero sustentable de México con el fin de reducir tiempo en la elaboración del ladrillo.

1.1.5 Resistencia a compresión

Someter los ladrillos a la prueba de compresión axial para determinar su resistencia y verificar que cumplan la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2012. Se creará una base de datos con los resultados obtenidos y con las condiciones que cada pieza presentaba (proporciones de la mezcla, clasificación de materia prima y ubicación del ladrillo en el horno) con el fin de determinar en qué afecta cada factor a la resistencia del ladrillo.

1.1.6 Obtención de constante de conductividad térmica

Diseñar un experimento teóricamente válido y apegado a la realidad para poder obtener las constantes de conductividad térmica de materiales como ladrillo rojo, Hebel y block gris. Por último, realizar recomendaciones de cual material tiene una mayor resistencia a transferir calor.

En conjunto con los experimentos de conductividad térmica se realizará un experimento de bioclimatismo, en el cual se pretende probar que el comportamiento del ladrillo rojo ante una fuente de calor más adecuado para las viviendas que otros materiales de mampostería.

1.1.7 Resistencia a compresión diagonal

Realizar muretes de los elementos de mampostería más comunes, que son el ladrillo rojo y block gris, y someterlos a pruebas de compresión diagonal en base a la norma NMX-C-464-ONNCCE-2010. Esto para determinar el módulo de cortante de dichos elementos, que a su vez es una constante en el diseño por sismo.

1.2 Justificación

1.2.1 Análisis de Proceso

1.2.1.1 Células mínimas productivas

Este proyecto se realiza con la intención de mejorar la calidad del trabajador y de hacerlo consciente de su operación: los traslados que realiza, el material que entra al proceso y en qué parte del proceso, cantidad, demoras, tiempos muertos, actividades sin valor agregado, accesibilidad, etc.

Se obtendrán beneficios como: reducción de traslados innecesarios, menos fatiga del trabajador, mejor acceso a las áreas de trabajo, mejor organización, reducción de tiempo de producción, entre otras cosas. De esta forma se organizará el parque ladrillero y

el proceso que se lleva a cabo de una forma mucho más eficiente, tanto para el trabajador como para el ladrillo en sí.

1.2.1.2 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético

La información existente sobre el impacto ambiental generado durante la elaboración, de los ladrillos en México, es escasa lo cual dificulta el mejoramiento de los procesos porque sin información no se pueden detectar los problemas ni las posibles soluciones. Determinar las emisiones, el consumo de agua y energía que tiene un productor local y artesanal genera una referencia para conocer el impacto de esta actividad.

1.2.1.3 Propuesta Parque Ladrillero

El proyecto de la propuesta de parque ladrillero pretende una mejor organización, optimización y colaboración de distintos maestros ladrilleros en un espacio en común. De esta manera, se planea que el espacio ocupado por cada uno de ellos sea más eficaz, de manera más ordenada y con menor impacto ambiental en el proceso de producción del ladrillo.

Con esto se busca la reproducción de un parque ladrillero individual las veces necesarias, con la finalidad de conformar un parque ladrillero colectivo, adaptable al predio tentativo, así como a su contexto, procurando la regularización del proceso artesanal de producción para el beneficio de los ladrilleros y del medio ambiente.

1.2.2 Conocimiento de materias primas

1.2.2.1 Clasificación de arcillas

En la actualidad el proceso y fabricación de ladrillos de lama es variable en cuanto a los materiales a utilizar; específicamente arcillas, las ladrilleras artesanales de la zona optan por la utilización de materiales a los cuales se tiene un acceso más rápido o simplemente deben de trabajar con el material que se pueda conseguir, esto puede variar dependiendo de sus proveedores de suelo, temporada del año, distancia del banco de suelo o simplemente por cuestión de precio.

Sobre este hecho se trabaja con una clasificación de suelos arcillosos que arroje resultados y estándares precisos que puedan dar un parámetro de clasificación rápida de estos suelos, y al mismo tiempo un estimado de sus resultados y capacidades mecánicas ante las normas establecidas.

1.2.3 Análisis de Hornos Artesanales

1.2.3.1 Hornos ladrilleros

El proceso de fabricación artesanal de ladrillos es un proceso que ha existido durante cientos de años en las culturas tanto occidentales como orientales; sin embargo, desde la introducción de la práctica industrial de fabricación en 1858 (Asociación de Ladrilleros del Sur Occidente Colombiano, 2012), el proceso artesanal quedó rezagado y alejado de la investigación y la innovación.

El proceso artesanal varía en función de la localización geográfica y del material disponible en la zona que se fabrica además de que es un proceso que se basa más en la tradición y el folclor que en una base justificada en estudios o análisis.

Ante esto, y siendo Jalisco el cuarto productor de ladrillos y el segundo con más unidades económicas de ladrillo refractario a nivel nacional (Servicios Profesionales para el Desarrollo Económico, 2012) se dibuja un área de oportunidad para mejorar y optimizar en la medida de lo posible dicho proceso, buscando mejorar la calidad de vida de los trabajadores de las ladrilleras, así como aumentar sus ganancias, reducir sus gastos y acrecentar la calidad de sus productos.

1.2.4 Pruebas de ladrillos y muros de mampostería.

Las pruebas que se realizaron a los ladrillos fueron de cuatro ladrilleras, utilizando una muestra de cinco ladrillos, por lo tanto, el total de las pruebas a compresión fueron 20 ladrillos. En cuanto a las pruebas de muros de mampostería se realizaron seis, tres de ellas con ladrillo de barro y las otras tres con block de concreto.

1.2.4.1 Propiedades físicas del ladrillo y muros de mampostería

El objetivo de esta investigación es dar a conocer el comportamiento físico de los diferentes elementos de mampostería ante el calor y cual ofrece mejores condiciones al uso, esto con la finalidad de que el constructor pueda elegir el material más conveniente según el uso. Se espera el mejor resultado ante el calor por parte del ladrillo rojo, lo cual es una ventaja competitiva.

En cuanto a la compresión diagonal se trata de un experimento para comprobar que lo establecido en los reglamentos de construcción sean valores que se cumplan regionalmente.

1.2.4.2 Constantes de conductividad térmica

La finalidad de obtener las constantes de conductividad térmica es para observar cual material tiene una mayor resistencia a la transferencia de calor. Se parte de la suposición que el ladrillo rojo tiene mayor resistencia térmica que algunos materiales como el block gris o el Hebel. Se plantea que a partir de los datos obtenidos se podrán realizar recomendaciones de construcción con la finalidad de tener hogares más amigables con el medio ambiente y más cómodos para la habitabilidad de las mismas.

1.2.4.3 Resistencia a compresión de ladrillos

Con esta prueba se puede corroborar y evaluar la resistencia de un lote de ladrillos en función al reglamento establecido. De manera directa se evalúan ladrillos de los cuales, también se tiene su muestra de suelo (clasificación de arcillas), para poder generar una información completa de la ubicación de la ladrillera, propiedades del suelo que conforman los materiales y la resistencia de los mismos. Pruebas realizadas en prensa universal. Al generar esta información es un apoyo directo al trabajo de los ladrilleros, una prueba de calidad de sus materiales y para el proyecto una base de datos para generar conclusiones de los diferentes materiales, comportamiento de los mismos y propiedades.

1.3 Antecedentes

1.3.1 Análisis del Proceso

1.3.1.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético

Las ladrilleras suelen tener la reputación de ser grandes contaminantes en el estado de Jalisco, sin embargo, debido a la forma en la que se trabaja poco se sabe sobre su proceso de fabricación. Datos tan esenciales como la cantidad de material necesaria para su fabricación se conocen únicamente de manera empírica y usan instrumentos que dificultan conocer la cantidad exacta de cada ingrediente, tales como palas, cubetas, carretas, de las cuales se desconoce el volumen que puede contener y variar dependiendo del material.

La escasez de datos también dificulta conocer el impacto ambiental que se genera, desde que los materiales entran a la ladrillera hasta que sale el producto final, por la quema de combustible, uso de energía y consumo de agua. Debido a esto, es difícil cuantificar qué tanto contaminan las ladrilleras y si en realidad son tan dañinas como se cree, tomando en

cuenta que la contaminación cambiará dependiendo de la materia prima y proceso de producción de cada ladrillero.

1.3.1.2 Células mínimas productivas

El ladrillo es el principal material en la construcción desde los tiempos más antiguos, se dice que se fabricaban ladrillos desde hace unos 9,000 años y la mayoría de estos negocios son traspasados de generación en generación. Es por eso que muchas veces necesitan de unos nuevos ojos para darse cuenta de que existen aspectos que pueden mejorarse y dar mejores resultados.

Algunas de las ventajas de los ladrillos son y siempre han sido:

- Durabilidad
- Fácil manejo
- Fácil instalación
- No requieren mantenimiento
- Fácil manipulación
- Entre otras

A pesar de tener todas estas ventajas en el producto se sigue buscando mejorarlo, entonces, ¿por qué no mejorar también el área de trabajo? Conforme el tiempo pasa, las cosas cambian y es necesario adaptarse a estos cambios y seguir avanzando. Una ladrillera puede seguir funcionando de la misma manera, con la misma distribución, mismo modo de operación, etc. por muchos años, pero lo que va a suceder es que va a llegar alguna otra ladrillera al mercado con un tiempo más competitivo, mejor nivel de producción, entre otras cosas, y es por eso que se busca apoyar a las ladrilleras de nuestra región, para que sigan siendo competitivas y aprendan a mejorar desde los aspectos más simples hasta lo más complejo¹.

¹ Aquí parte de un artículo interesante sobre la historia del ladrillo:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/ibarra_f_f/capitulo2.pdf

1.3.1.3 Propuesta Parque Ladrillero

El impacto generado por el proceso del ladrillo hacia el medio ambiente es altamente contaminante. Existen distintos factores analizados en el transcurso de los años, sin embargo, una de las principales problemáticas enfocadas de este proyecto fue el análisis del proceso de producción del ladrillo, encontrando distintas problemáticas que se originan en el diseño de los parques ladrilleros, generando poca eficacia en el proceso y gran contaminación al medio ambiente.

Con ayuda de las investigaciones precedentes y colaboración del centro de innovación aplicada en tecnologías competitivas, se ha logrado concientizar la comunidad ladrillera y sector gubernamental de Jalisco para el apoyo y fortalecimiento del sector productivo de ladrillo artesanal y el beneficio ecológico a través de proyecto piloto de un parque ladrillero sustentable.

1.3.2 Conocimiento de Materias Primas

Uno de los problemas principales en la fabricación del ladrillo artesanal es la incertidumbre de qué tipo de arcillas van a llevar los proveedores. En cada lote que se fabrica se deben ajustar las mezclas en relación a la experiencia empírica de cada maestro ladrillero por lo que la calidad del ladrillo varía significativamente. Debido a esta problemática nace esta línea de investigación.

En el periodo de verano 2017 del PAP Materioteca se inició con una base de datos en la cual se registran las resistencias a compresión de ladrillos. Las piezas se agrupan por lotes, es decir, por conjunto de ladrillos que comparten las mismas características. Los factores controlados son el productor, las arcillas utilizadas, las proporciones de la mezcla y la ubicación en el horno.

1.3.3 Análisis de Hornos Artesanales

1.3.3.1. Hornos ladrilleros

La red de ladrilleras llamada EELA (Eficiencia Energética de Ladrilleras de América Latina) tiene sede en Lima, Perú y estudia, compila y atiende muchos de los diferentes factores que conciernen a los ladrilleros en América Latina, esta red apoya con asesoría técnica en construcción de ladrillos y con una red de información de productores de ladrilleros; existen

también esfuerzos de análisis y caracterización de hornos en centros CONACYT en México, particularmente en el centro de investigación CONACYT ubicado en León, Guanajuato CIATEC (Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas).

En periodos anteriores se realizó el estudio de un tipo de horno ladrillero, conocido como horno de muros fijos. Se realizaron simulaciones, con propiedades y perfiles de temperatura para conocer el funcionamiento del horno y así encontrar las ventajas y desventajas que éste presenta durante el proceso de quema. El estudio de este tipo de horno abrió la puerta para conocer otros tipos de hornos, y así poder caracterizar una mayor cantidad de ventajas.

1.3.4 Pruebas a Ladrillos

Las pruebas que se realizaron a los ladrillos fueron de cuatro ladrilleras, utilizando una muestra de cinco ladrillos, por lo tanto, el total de las pruebas a compresión fueron de veinte unidades. Estos se cabecearon con yeso, debido a que esta forma de cabeceo se encuentra en el reglamento, y después de esto pasamos a hacer las pruebas a compresión de cada ladrillo. El cabeceo se debe realizar debido a que ayuda a distribuir la fuerza de manera uniforme hacia la pieza analizada.

1.3.4.2 Constantes de conductividad térmica

Al hablar del sector ladrillero, y sobre todo del sector de ladrillo artesanal, la falta de información es una constante. La información más importante al hablar de un material son sus propiedades y como estas afectan el fin último del material. Con esta premisa se planteó la obtención de distintas propiedades del ladrillo rojo, para posteriormente acotar a la conductividad térmica. El trabajar sobre esta propiedad permite continuar con los trabajos de simulación que se vienen realizando desde periodos PAP pasados, y agregar una mayor exactitud a éstas. Al igual la determinación de la conductividad térmica del ladrillo rojo permite generar una comparación con distintos materiales de mampostería y determinar los materiales idóneos para los distintos climas y construcciones.

1.3.4.3 Pruebas a compresión de ladrillos

Se puso en contacto con una cooperativa de ladrilleros (Cooperativa Unión de Ladrilleros y Agregados), se ha trabajado en conjunto con esta cooperativa a lo largo del semestre, de

los cuales nos han aportado información de su trabajo, hornos y opiniones. Desde este tema, cada ladrillero de la cooperativa ha aportado muestras de ladrillos para las pruebas a compresión, este tipo de pruebas los ayudan como un control de calidad de su trabajo y materiales.

1.4. Contexto

1.4.1 Análisis del Proceso

Actualmente en Jalisco, se tiene una gran concentración de ladrilleros, por lo cual pudimos realizar varias visitas con distintos ladrilleros y poder conocer su proceso. Gracias a Don Leo, un ladrillero desde hace más de 40 años, logramos ver y conocer el proceso a detalle, no solo en general sino también a detalle de cada paso del proceso, con las herramientas y técnicas utilizadas desde hace mucho tiempo y otras que se han mejorado con el tiempo.

1.4.1.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético

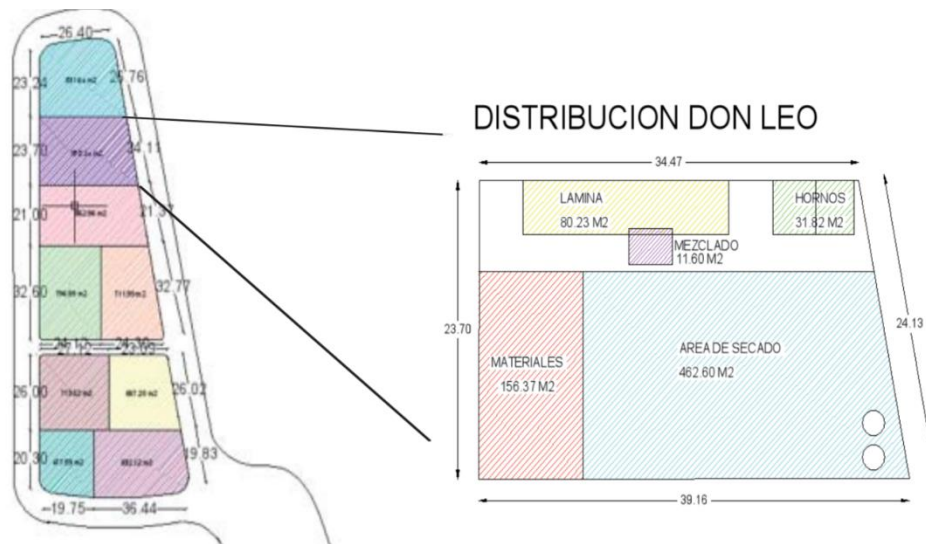
La información sobre el proceso de producción es en su mayoría empírica y no está cuantificada, por lo que se necesita consultar personalmente a un productor para obtener información.

Don Leo es un trabajador que ha apoyado y creído en este proyecto, se cuenta con su apoyo desde hace ya aproximadamente 4 años. Gracias a su colaboración se obtuvo información sobre los materiales y la cantidad que utiliza para producir ladrillos con un tipo de mezcla específica.

1.4.1.2 Células mínimas productivas

La ladrillera de Don Leo lleva operando con la misma distribución varios años (figura 1) por lo que, al ser de las personas que se han mostrado más comprometidas e interesadas en el proyecto se tomará su ladrillera como base, para poder ofrecerle una idea de mejora 100% adaptable a sus condiciones de trabajo.

Figura 1. Distribución de la ladrillera



(Imagen obtenida de documentos PAP Materioteca y sustentabilidad)

En proyectos anteriores se ha buscado mejorar la distribución de las ladrilleras, pero no se ha logrado llegar a un modelo óptimo, aunque si se han tenido buenas propuestas, por lo que se le dará seguimiento a dicho trabajo.

1.4.1.3 Propuesta Parque Ladrillero

De acuerdo con investigaciones realizadas por integrantes anteriores del presente proyecto, Jalisco es el segundo mayor productor de ladrillos a nivel nacional por debajo de Puebla. Cuenta con casi 2,500 ladrilleras, de las cuales, el 46% se encuentra dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara. (Arenas Inda, 2017) un sector en su totalidad informal en la que laboran más de 22 mil personas (2% menores de edad) que se exponen a daños en su salud, menor expectativa de vida y contaminan el medio ambiente.

Figura 2. Numero de ladrilleras por municipio en la ZMG. Fuente (SEMADET, 2011)

MUNICIPIO	No. LADRILLERAS
1. Tlajomulco de Zúñiga	400
2. Tonalá	336
3. Tlaquepaque	149
4. Zapopan	134
5. El Salto	110
6. Guadalajara	8
TOTAL	1,137

Por ello la importancia de la regularización del proceso de los fabricantes y artesanos, por medio, de la planeación, organización y correcta distribución a través de un parque ladrillero colectivo, en donde se promueva el uso de tecnologías limpias, así como, distintos beneficios para los productores artesanos.

1.4.2 Conocimiento de Materias Primas

La Zona Metropolitana de Guadalajara cuenta con un gran número de ladrilleras, cada una de estas ladrilleras obtiene sus materias primas de diferentes lugares, estas materias primas varían para cada productor; ya que cada suelo utilizado tiene diferentes propiedades físicas y mecánicas que influyen directamente en las capacidades de carga del elemento de mampostería, producto de dichas materias primas. El contexto de esta situación se enfoca en poder clasificar estos suelos y a su vez compararlos entre sí, para poder valorar sus diferencias, así como conocer su procedencia. Esta actividad con el fin de proporcionar herramientas o datos que ayuden a generalizar a los ladrilleros la calidad de un suelo al momento de discernir esta materia prima, y aumentar la probabilidad de que los elementos de mampostería la resistencia esperada.

1.4.3.1 Hornos ladrilleros

Como se mencionó anteriormente, Jalisco es el estado con mayor número de unidades económicas de ladrillo refractario a nivel nacional, lo cual lo convierte en un foco de atención para investigación, mejora y desarrollo. Según el diagnóstico nacional del sector ladrillero en México realizado en 2012 por SER pro, Jalisco, el año 2006 tuvo una producción de 387 038 452 ladrillos.

En el año 2012, el mismo diagnóstico menciona que los combustibles utilizados en la producción artesanal de ladrillos en Jalisco es un 79% leña o madera, 8% desperdicio de aceites y 5% plásticos y 8% basura, solventes de desecho y llantas. Esto quiere decir que más del 20% de los combustibles utilizados por las ladrilleras es altamente contaminante y nocivo para los trabajadores que se exponen a estos.

Esta es una realidad que se debe afrontar con innovación y con búsqueda de nuevas tecnologías, así como la optimización de las tecnologías y prácticas ya existentes en pro de la conservación ambiental y la sustentabilidad.

1.4.4 Pruebas a Ladrillos

Las pruebas a compresión se enfocan directamente con el contexto de las ladrilleras, de manera específica es un trabajo de apoyo a cada ladrillero que quiera conocer y evaluar la calidad de sus materiales. Partiendo de que el trabajo de todas estas ladrilleras es de tipo artesanal y son conocimientos que en su mayoría se han pasado de generación en generación; en realidad no existe alguna prueba que se les haga para evaluar sus ladrillos, por otra parte, si existe una norma que establece una resistencia mínima que debe de tener cada uno de estos elementos de mampostería, es por eso que la realización de estas pruebas es un vínculo entre el trabajo de los ladrilleros y la corroboración del cumplimiento de la norma.

1.4.4.1 Constantes de conductividad térmica

En México se implementa un programa llamado Hipoteca Verde por medio del FIDE (Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica) y el INFONAVIT, en el cual se otorga apoyo a fabricantes, constructores y adquirientes de vivienda nueva, que utilicen materiales certificados, donde uno de los requisitos es la conductividad térmica de ladrillos, block, techos, plafones, entre otros. Quien se encarga de certificar las propiedades de los distintos materiales es el CENAM (Centro Nacional de Metrología) con sus distintos laboratorios.

El CENAM cuenta con una base de datos amplia con distintos materiales aislantes y de construcción, pero al momento todavía se queda corto hablando del ladrillo rojo, ya que en éste existen una gran variedad por lo que no es posible tomar valores de conductividad térmica obtenida en ladrillos de Guanajuato para ladrillos elaborados en Jalisco, y así en las diferentes zonas del país donde se fabrica ladrillo rojo.

Ante esta problemática es necesario generar una prueba para una primera obtención de valores de la conductividad térmica en la zona ladrillera donde nos

encontramos, Jalisco, y así poder realizar una comparativa con los valores reportados por el CENAM. Además de que es posible realizar una comparativa con diversos materiales de mampostería de la región.

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico

2.1.1.1 *Análisis del Proceso*

Con la ayuda del programa "VISIO" se hizo un diagrama de flujo detallado con cada uno de los pasos del proceso de la fabricación del ladrillo, de esta manera se implementó un proceso mejorado, quitando los pasos innecesarios, modificando procesos ineficientes y agregando pasos de mejora. Se realizó otro diagrama de flujo, el cual es igual al original, la diferencia es que, en lugar de tener la descripción del proceso, es el tiempo en el que se tarda en realizar la tarea individual del proceso.

De la misma forma, para tener una mejor visión para las personas del equipo y para cualquiera que presentara un interés en el tema, se realizó una simulación del proceso con el programa "FLEXSIM", en cual se puede ver el lay-out realizado anteriormente del espacio para un ladrillero individual, toda la información se obtuvo de los datos que se obtuvieron en las visitas de la ladrillera y del diagrama de flujo realizado anteriormente.

Toda la información para realizar los trabajos anteriores se obtuvo de las visitas a las ladrilleras, incluyendo los tiempos del proceso y las técnicas realizadas.

2.1.1.1.1 *Análisis del Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético*

La metodología que se desarrolló fue la establecida por las ISO 14040 y 14044, cuyos pasos se adaptaron para obtener la Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético, el procedimiento es el siguiente:

1. Definición de objetivos y alcances
2. Análisis del Inventario de Ciclo de Vida [ICV]: recopilación de información.
3. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida [EICV]: categorizar y caracterizar el impacto.
4. Interpretación de resultados
5. Propuestas de mejora

La información para realizar este paso se obtuvo diversas fuentes de información desde la información empírica obtenida por Don Leo, hasta artículos académicos y de gobierno (preferentemente de México), donde se buscaba conocer los materiales necesarios para producir los ladrillos, su cantidad y las emisiones generadas por la quema de combustible, así como la producción mensual de Don Leo.

En la etapa de evaluación se utilizó el programa SimaPro se buscaron factores de emisión dependiendo de los combustibles utilizados para obtener las emisiones en unidades de kg de CO equivalente, con el método de IPCC 2013 GWP 100. Al finalizar, con toda la información obtenida se hicieron gráficas para determinar las emisiones generadas y el agua consumida para producir un kg de ladrillo.

Además, se investigó sobre otros productos de la combustión de madera y los efectos adversos a la salud que provocan como incentivo para concientizar a los ladrilleros sobre los beneficios de mejorar la eficiencia del horno.

2.1.1.1.2 Propuesta Parque Ladrillero

El proceso de desarrollo de este proyecto se ejecutó por medio de tres etapas principales, subdesarrolladas a través de las distintas variantes que surgían conforme a los avances de dicho proyecto: propuesta tentativa, maqueta colaborativa y propuesta en predio.

Para abordar las principales problemáticas del proyecto fue necesario estar empapado de información acerca del proceso de producción del ladrillo; recabando información por medio de trabajos anteriores del proyecto de aplicación personal de materioteca y sustentabilidad, así como, información empírica de maestros ladrilleros y personal con conocimiento del tema.

De tal manera, que los resultados esperados son con base de la investigación de células mínimas productoras y la información analizada previamente, buscando la productividad y mayor eficacia del proceso de producción del ladrillo artesanal.

2.1.1.2 Conocimiento de materias primas

Para poder conocer los precedentes de la materia prima para el proceso del ladrillo, tenemos que obtener muestras de las diferentes ladrilleras para que así podamos analizar y ver en qué zonas de Guadalajara se dan buenas tierras para tener referencia. En base de esto nosotros podremos asegurarnos de que la pieza de ladrillo sea de buena calidad para que este dentro de la norma.

2.1.1.2.1 Caracterización de arcillas

Para este proyecto, se visitarán ladrilleras para obtener muestras de los diferentes tipos de arcillas que utilizan. Además, se preguntará a los proveedores la ubicación de los bancos de materiales en donde obtienen las arcillas. Posteriormente, las muestras se llevarán al laboratorio de mecánica de suelos para la determinación del límite líquido y plástico. Por último, se realizará un mapa de la zona metropolitana de Guadalajara y sus alrededores para ubicar las arcillas y sus propiedades físicas, mecánicas y química.

2.1.1.4 Pruebas a Ladrillos

En base a la norma mexicana para la compresión diagonal (NMX-C-464-ONNCCE-2010) se construyeron muretes cuadrados de ladrillo rojo y de block de cemento-arena. Los muros tienen una dimensión aproximada de 40x40, varían un poco dado que las dimensiones de los mampuestos no son idénticas. A su vez se han cuidado las proporciones de mortero para hacer los muros con mortero estructural tipo 1.

Hasta el día de hoy se han realizado 6 muretes de los 8 que están planeados, 4 se han realizado a base de block de cemento-arena en acomodo capuchino. Dos de estos muros se les ha aplicado un aplanado con mortero 1:3, esto con la finalidad de determinar cómo influye en las pruebas de compresión diagonal y en las pruebas de bioclimatismo.

En este proyecto que estamos llevando a cabo, hicimos muros con ladrillos de jalcreto y también de ladrillo de barro, entonces realizaremos pruebas de resistencia a compresión y también conductividad térmica. Los resultados que obtendremos tendrán que resistir por lo menos el valor especificado en la norma.

2.1.1.5 1 Constantes de conductividad térmica

Para la obtención de constantes de conductividad térmica se realizará un experimento utilizando un equipo diseñado para lo ya mencionado. El experimento consta en calentar

con una plancha un pequeño sistema como se muestra a continuación con dos placas de espesor y área conocida, al igual que sus constantes de conductividad térmica. Se colocará el material el cual deseamos obtener sus constantes y con un juego de 4 termopares entre las dos placas para así obtener las temperaturas que existen en los límites de cada material.

Figura 3. Experimento de conductividad térmicas



Una vez obtenidas las temperaturas despejaremos de la siguiente ecuación.

$$\frac{T1 - T2}{\frac{\Delta x1}{k1 * A1}} = \frac{T2 - T3}{\frac{\Delta x2}{k2 * A2}}$$

Donde

- T1 es la temperatura entre la placa de calentamiento y la primera placa de nuestro material
- T2 es la temperatura entre nuestra primera placa de acero y el material a ser estudiado
- T3 es la temperatura entre nuestro material a ser estudiado y la segunda placa de acero
- $\Delta x1$ es espesor de nuestra primera placa de acero
- $\Delta x2$ es el espesor de nuestro material a estudiar
- $k1$ constante de conductividad térmica de la placa del acero
- $k2$ constante de conductividad térmica del material a estudiar
- $A1$ es el área de la primera placa de acero
- $A2$ es el área de nuestro material a ser estudiado

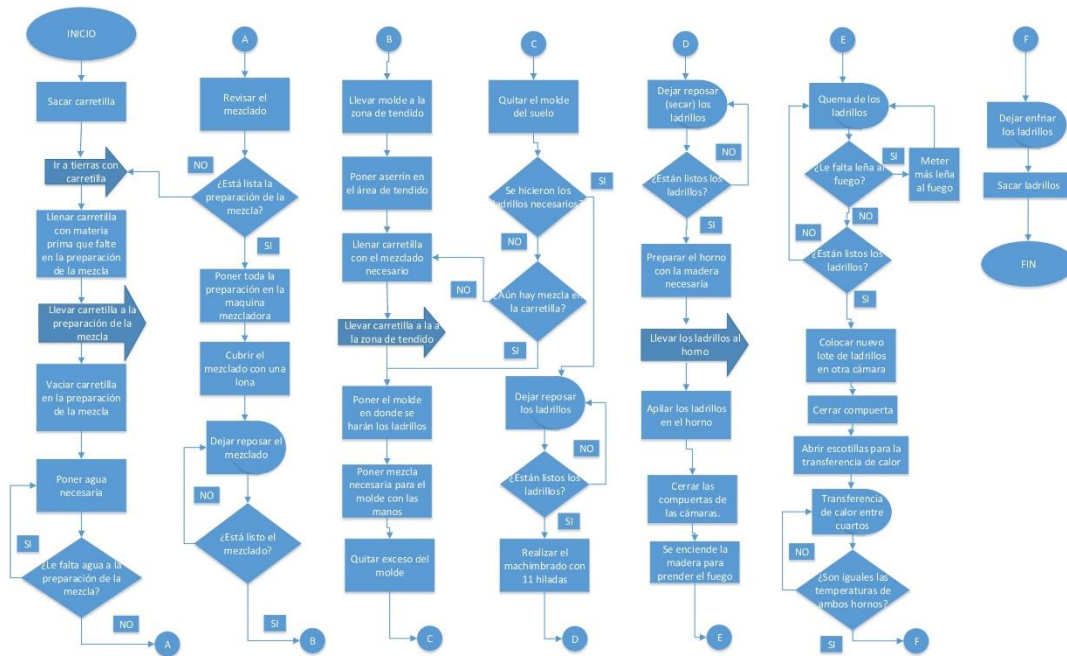
La metodología experimental descrita anteriormente se justifica en la metodología descrita en el Patrón Nacional de Conductividad Térmica (CNM-PNE-16), elaborado por el Centro Nacional de Metrología (CENAM).

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

2.2.1 Análisis del Proceso

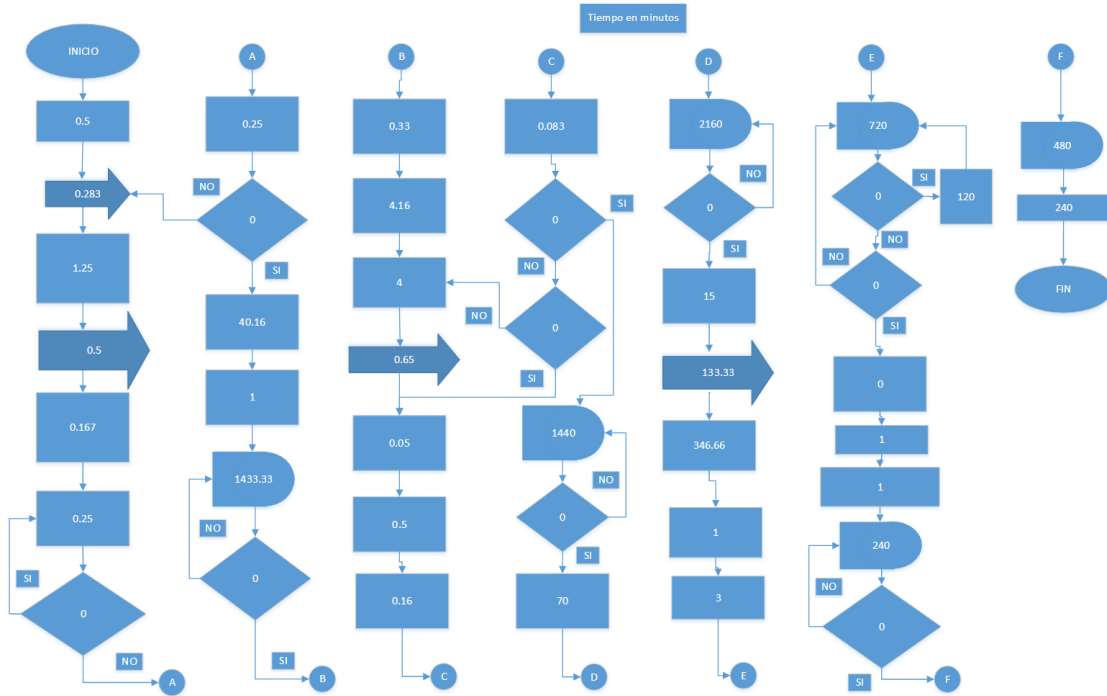
El análisis del proceso empezó recopilando datos de los mismos ladrilleros y con la ayuda de esa información se realizó el *Diagrama 1*.

Diagrama 1. Proceso de elaboración del ladrillo.



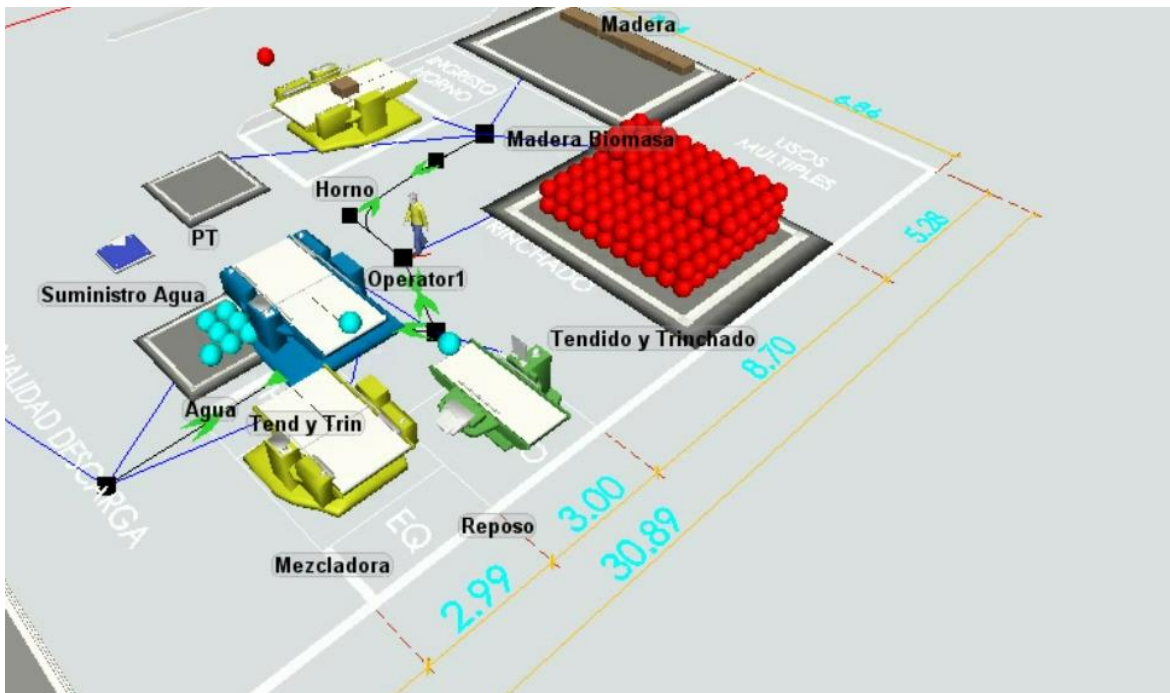
Se realizó otro diagrama (*Diagrama 2*) en donde se indica el tiempo que se dedica a las actividades del *Diagrama 1* en minutos.

Diagrama 2. Tiempo que toma cada actividad



Gracias a los diagramas y a la información obtenida, se realizó una simulación en FLEXSIM, con el lay-out de un solo ladrillero, en la *Figura 4* se muestra la ladrillera recreada en FLEXSIM.

Figura 4. Ladrillera recreada en FLEXSIM.



2.2.1.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético

El análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético del ladrillo comenzó con la recopilación de datos, los cuales se presentan en la Tabla 1 con sus respectivas fuentes.

Material	kg _{material} / kg _{ladrillo}	kg _{material} /mes	Fuente
Lamita	0.22	10800	(PAP Materioteca y Sustentabilidad, 2015)
Barro Negro	0.22	10800	(PAP Materioteca y Sustentabilidad, 2015)
Tepetate	0.53	26280	(PAP Materioteca y Sustentabilidad, 2015)
Aserrín	0.08	3880	(PAP Materioteca y Sustentabilidad, 2015)
Cartón Molido	0.12	6200	(PAP Materioteca y Sustentabilidad, 2015)
Agua	0.59	29251.04	(González, 2012)
Gasolina	3.08E-04	15.38	(Juanpedro, 2017)
Madera	0.13	6363.64	(Juanpedro, 2017)

Tabla 1. Material utilizado para producir un kg de ladrillo y la cantidad mensual.

El siguiente paso fue utilizar SimaPro para calcular las emisiones de CO equivalente, el consumo de energía y de agua que se requiere para la fabricación de un ladrillo, y el impacto mensual que genera una ladrillera estándar, en la Tabla 2 se desglosan los resultados.

Combustible	kgCO _{2e} / kg _{ladrillo}	kgCO _{2e} / mes	Fuente
Gasolina	1.27E-03	63.5	SimaPro
Madera	0.24	12015	(Strauss & Schmidt, 2012)

Tabla 2. Generación de CO_{2e} por kg de ladrillo y la generación mensual.

Los factores de emisión para otros productos generados en la combustión de madera propuestos por la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos [EPA, por sus siglas en inglés] (1995) por la quema de madera en hornos de mampostería s describen en la Tabla 3.

Sustancia	Factor de emisión
	kg _{sust} / kg _{madera}
PM10	0.0028
CO	0.0745
CO2	1.9245

Tabla 3. Factores de emisión para CO₂, CO y PM₁₀ por combustión de madera.

Strauss & Schmidt (2012) también proponen que si se elimina la humedad de la madera se puede reducir en 9% las emisiones porque se necesita menos material para producir la misma cantidad de energía. En el proyecto de Horno Ladrillero se determinó que con las mejoras analizadas la eficiencia del horno mejoraría en 45%.

2.2.1.2 Propuesta Parque Ladrillero

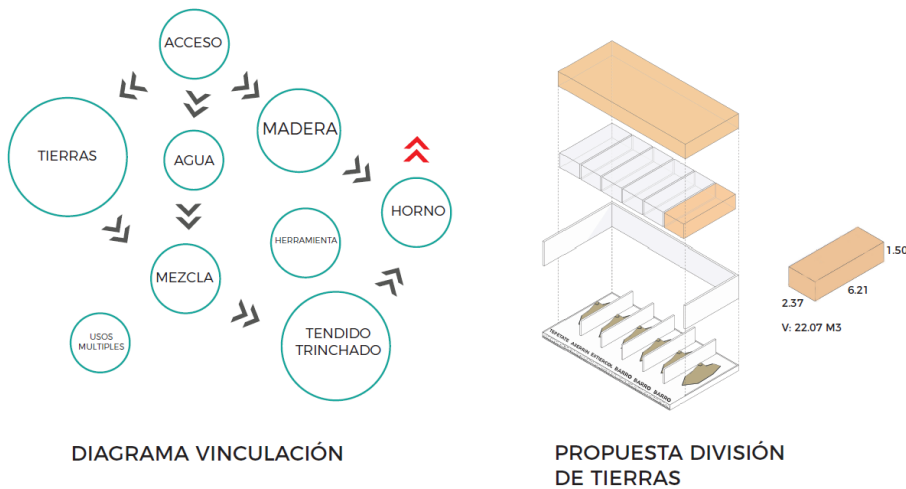
Por medio de la investigación de las células mínimas productoras y distintas ramas de información obtenida para el desarrollo de un parque ladrillero, se realizó un diagrama de vinculaciones identificando las áreas principales de este y se propusieron diferentes métodos de aprovechamiento del espacio dentro del terreno.

Utilizando AutoCAD y Revit se diseñó la propuesta tentativa de un parque ladrillero individual, un parque ladrillero colectivo para 4 ladrilleros y un parque ladrillero colectivo para 8 ladrilleros, desarrollando distintos espacios mínimos necesarios para el aprovechamiento de áreas útiles, correcta ejecución y mayor eficacia en los procesos de producción del ladrillo.

En la *Figura 5* se puede observar el diagrama de vinculaciones con base a las actividades principales desarrolladas en un parque ladrillero, además, se añadió a esta, la propuesta de división de tierras para el mayor aprovechamiento del espacio dando un volumen aproximado de 22 m³.

Figura 5. Propuesta de parque ladrillero

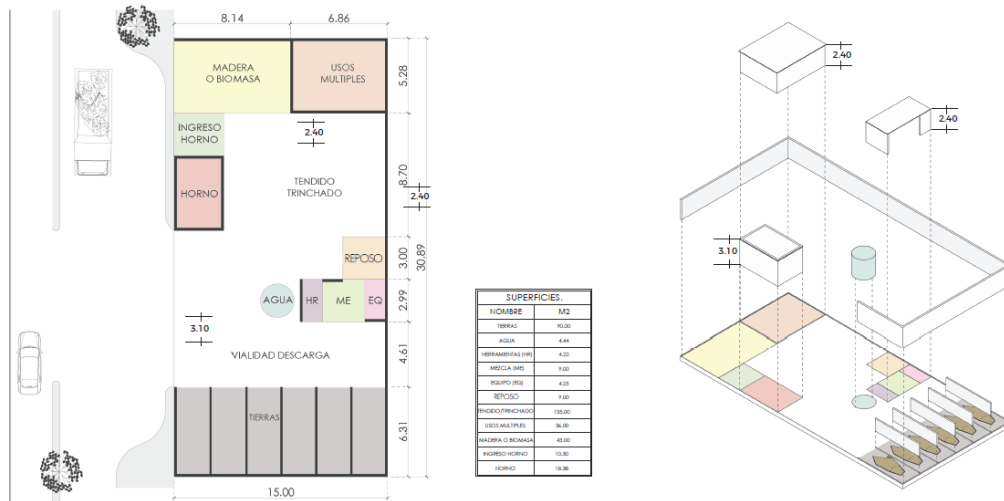
PROPUESTA PARQUE LADRILLERO_



En la *Figura 6* observamos la propuesta de parque ladrillero individual, donde se aprovechan con mayor eficacia los espacios requeridos.

Figura 6. Propuesta ladrillera individual.

PROPUESTA PARQUE LADRILLERO_



PROPUESTA INDIVIDUAL

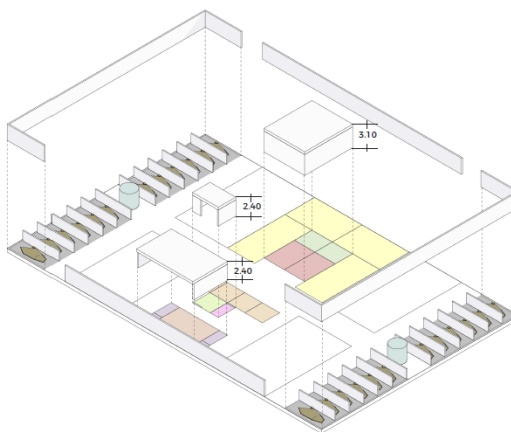
En la *Figura 7* observamos la propuesta de parque ladrillero colectivo (4), donde se aprovechan con mayor eficacia los espacios requeridos.

Figura 7. Parque ladrillero colectivo para cuatro ladrilleros

PROPUESTA PARQUEADRILLERO_



SUPERFICIES.	
USUARIO	M2
TENDIDO	397.00
MAQUINA	8.00
BOHIO/MAQUINA (30x)	12.50
MUESTRA (M2)	1.00
BARRIO (P2)	4.31
TENDIDO	36.00
PRODUCIDOR/MAQUINA	345.00
ISSOL MUESTRA	36.00
MAQUINA O BOHIO	175.00
BARRIO-HORNO	0.00
TOTAL	945.81



PROPUESTA COLECTIVA (4)

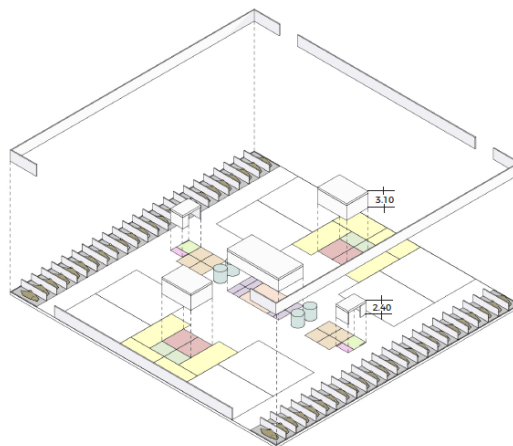
En la Figura 8 observamos la propuesta de parque ladrillero colectivo (8), donde se aprovechan con mayor eficacia los espacios requeridos.

Figura 8. Parque ladrillero colectivo para ocho ladrilleros

PROPUESTA PARQUEADRILLERO_



SUPERFICIES.	
USUARIO	M2
TENDIDO	750.00
MAQUINA	17.70
BOHIO/MAQUINA (30x)	33.70
MUESTRA (M2)	10.00
BARRIO (P2)	8.30
TENDIDO	75.00
PRODUCIDOR/MAQUINA	100.00
ISSOL MUESTRA	36.30
MAQUINA O BOHIO	340.00
BARRIO-HORNO	40.00
TOTAL	1540.00



PROPUESTA COLECTIVA (8)

Posteriormente se generó una maqueta colaborativa, en donde, el colectivo de ladrilleros fue invitado para participar a la interacción de esta, promoviendo nuevas ideas para la mejoría de la propuesta tentativa del parque ladrillero.

Fue una dinámica interesante, debido a que, pudimos localizar y corregir problemáticas que los expertos en el tema nos mostraron, generando una propuesta con mayor sustento a la que diseñamos. Las figuras 9, 10 y 11 muestran la dinámica.

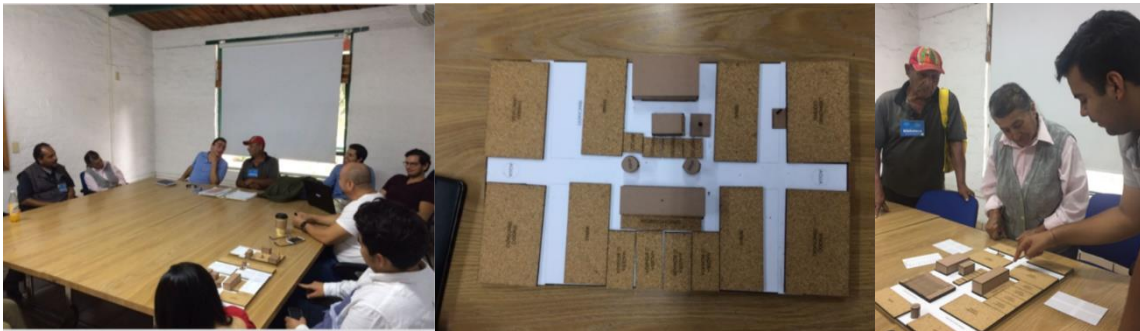


Figura 9. Presentación

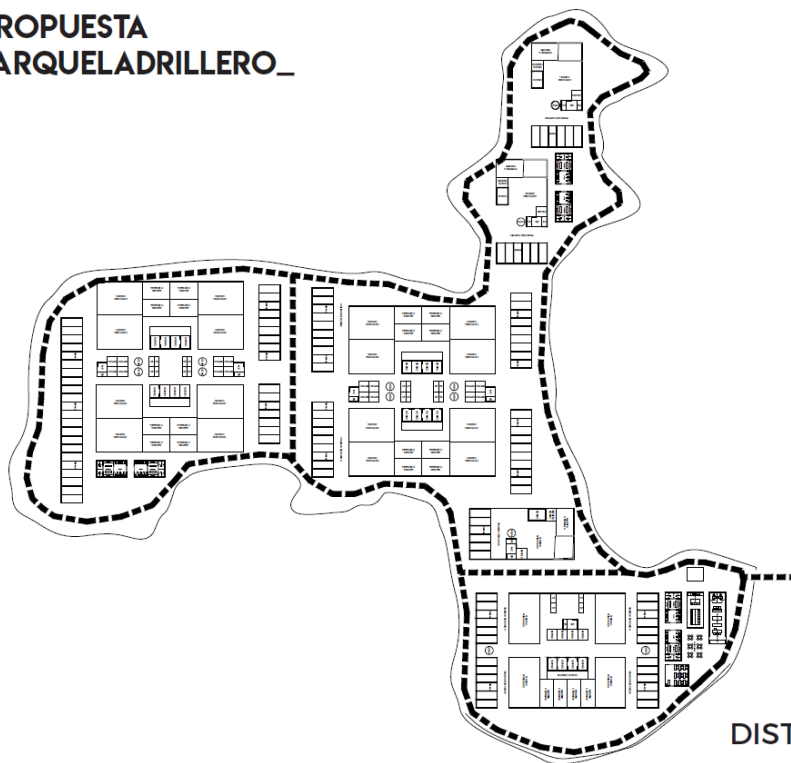
Figura 10. Maqueta de ladrillera. Figura 11. Dinámica

Por último, se diseñó una propuesta del parque ladrillero en un predio definido, teniendo como base la propuesta tentativa con las modificaciones generadas, a través, de la interacción y colaboración del colectivo de maestros ladrilleros, añadiendo áreas verdes, módulos de uso común y la definición de vialidades dentro del predio.

En la *Figura 12* podemos observar la distribución general del parque ladrillero con la vialidad principal propuesta.

Figura 12. Parque ladrillero en predio definido

**PROPUESTA
PARQUE LADRILLERO_**

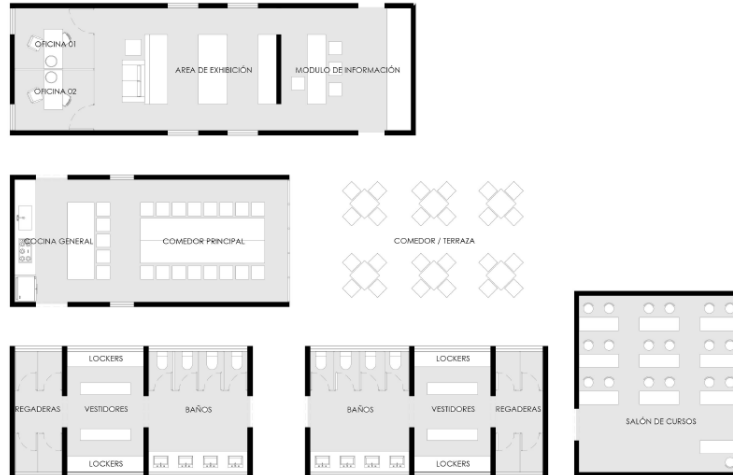


DISTRIBUCIÓN GENERAL

En la *Figura 13* podemos observar la propuesta de distribución de los servicios generales en donde se nos pidió distintas áreas en donde se puedan realizar las actividades correspondientes a tal como: Modulo de información, área de exhibición, oficinas, cocina, comedor, baños y aulas de conferencias.

Figura 13. Distribución de Servicios generales

PROPUESTA PARQUE LADRILLERO_



SERVICIOS GENERALES

2.2.2 Conocimiento de Materias Primas

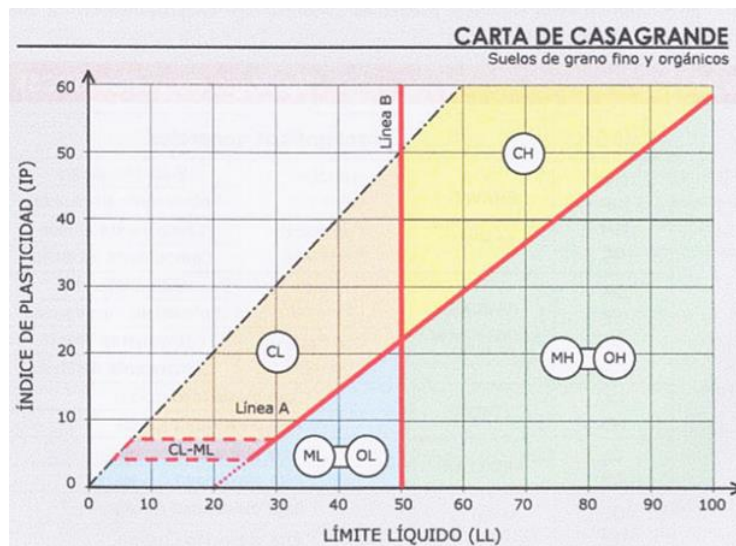
En la fase uno de este proyecto se realizó una visita a varias ladrilleras en el municipio de Tlaquepaque, Jalisco para conseguir las muestras de arcillas y ladrillos crudos y cocidos. Los ladrillos que se escogieron fueron fabricados con las arcillas que recolectamos y tenían la misma ubicación en el horno. Para esta actividad se trabajó en conjunto con una cooperativa de ladrilleros, los cuales nos mostraron la manera en la que ellos hacen los ladrillos, y sus materias primas que utilizan.



2.2.4.0 Clasificación de arcillas

Se realizó la clasificación de una arcilla correspondiente a la segunda ladrillera de las cuatro que se obtuvieron muestra. El resultado de los límites de consistencia fue una arcilla de barro negro con plasticidad adecuada, a continuación, se presentan los resultados.

Arcilla 1			
$W_m + t$ = peso de la muestra húmeda más tara, g	A	29.30 g	28.30 g
$W_d + t$ = peso de la muestra seca más tara, g	B	29.20 g	28.20 g
t = peso de tara, g	C	29.10 g	28.30 g
	D	29.30 g	28.20 g
		m_w (g)	m_s (g)
	A	0.27 g	0.73 g
	B	0.31 g	0.69 g
	C	0.27 g	0.53 g
	D	0.15 g	0.95 g
			w (%)
		Promedio	41.0 Limite Plástico
		Promedio	33.4 Limite Plástico
		LP arcilla 1	37.2 %
		LL arcilla 1	67.9 %
		Índice de Plasticidad	30.8 %



2.2.4.1 Pruebas a Ladrillos

Cabeceo de ladrillos: En este proceso se propuso el material yeso, debido a que esta especificado en el reglamento (NMX-C-036-ONNCCE-2013, NTG-41064) este reglamento nos dice que la mezcla debe de ser 1:1, o sea, uno de yeso y uno de agua, y el espesor de la capa de yeso debe de ser de 6mm para que este en un rango adecuado para la prueba de compresión.

También se tuvo que lijar ambas caras con la órbita (lijadora), ya para que la superficie quede completamente plana y nivelada, para que cuando se ponga a prueba en prensa, la fuerza aplicada quede uniformemente distribuida.

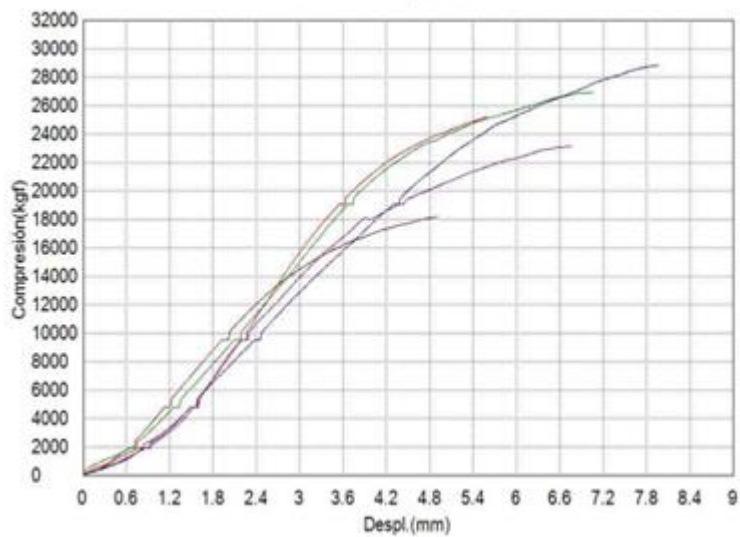


Pruebas de compresión: Para las pruebas de compresión a los ladrillos, se utilizó la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013. Estas pruebas a compresión se hicieron a 20 ladrillos, sumando así 5 ladrillos por cada ladrillera tomando en cuenta que fueron 4 ladrilleras, con el fin de ver si sus ladrillos son óptimos cumpliendo la resistencia mínima de 60 kg/cm² especificado en el reglamento.



Muestra	Resistencia kg/cm2			
	Ladrillera 1	Ladrillera 2	Ladrillera 3	Ladrillera 4
Pieza 1	29.77	75.99	41.23	29.77
Pieza 2	33.08	53.72	23.67	33.08
Pieza 3	33.28	68.43	26.738	33.28
Pieza 4	36.83	82.39	22.944	36.86
Pieza 5	30.79	82.72	32.49	30.79
Promedio	32.75	72.65	29.41	32.76
	No Pasa	Pasa	No Pasa	No Pasa

Pruebas de compresión



La segunda ladrillera fue la única en obtener un resultado aprobatorio con respecto a la norma y fue la misma ladrillera de la que se pudo realizar clasificación de arcillas, ya que las otras muestras presentaban material arenoso (arcillas arenosas) y en otras ocasiones la mezcla ya estaba realizada por lo que no era viable aplicar las pruebas de límites de consistencia.

2.2.5 Constantes de conductividad térmica

Con este proyecto se busca obtener la conductividad térmica de distintos materiales de mampostería (ladrillo rojo, block gris y hebel) con la finalidad de generar una comparación entre estos materiales.

Las actividades necesarias para obtener los valores de la conductividad térmica son las siguientes.

- Corte de material: Es necesario cortar los materiales a un tamaño de 5 cm de diámetro y 1 cm de espesor. Este procedimiento se realiza con el material mojado para evitar que se generen chispas.



- Secado de material: Para colocar el material en el equipo, es necesario que este seco por lo que se coloca en un secador a 50°C durante 12 horas.
- Experimentación: el equipo utilizado durante la experimentación consiste en una figura cilíndrica hecha por vidrio pyrex, dos placas de acero al níquel con diámetro y espesor conocidos, una placa de calentamiento y tres termopares. Para iniciar se coloca el material de mampostería entre las dos placas de acero dentro del cilindro y los termopares se montan entre cada las placas y la placa de calentamiento. Posteriormente se enciende la placa de calentamiento y se deja correr hasta que las temperaturas se estabilicen. Estos



datos de temperatura se toman y se realiza el tratamiento de datos necesario para obtener los valores de conductividad térmica.

2.2.6 Pruebas a muretes

Se pusieron a prueba los muretes como estaba planeado a una fuente de calor para medir su comportamiento. Esto con la intención de comparar los resultados de elementos de mampostería comunes: el ladrillo de lama y el block gris.



En adición a estas pruebas se realizaron pruebas a cortante, esto en base a la norma mexicana NMX-C-464-ONCCE para pruebas a cortante, cuyo objetivo era comparar el comportamiento ante la carga lateral de los muros. Este tipo de cargas se presentan durante eventos sísmicos.

3. Resultados del trabajo profesional

3.2.1.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético

La información recopilada en el inventario se utilizó para cuantificar las emisiones de CO_{2e}, el consumo de agua y energía necesarias para producir un kilogramo de ladrillo, en la *Tabla 4* se encuentran los resultados.

Unidad de proceso	Uso de energía	Consumo de agua	Emisiones de CO _{2e}
Unidades	kWh	Litros	kg
Mezclado	0.0031	0.59	0.0013

Cocción	1.6790	0	0.2403
TOTAL	1.6821	0.59	0.2416

Tabla 4. Emisiones de CO₂e, consumo de energía y agua para producir un kg de ladrillo.

Tomando en cuenta las mejoras en el sistema propuestas por Strauss & Schmidt (2012) y el proyecto del PAP de Hornos ladrilleros para el Análisis de Huella de Carbono se redujeron en gran medida las emisiones. Ambas propuestas de mejora se encuentran en la *Tabla 4*.

Sustancia	Producción mensual	Reduciendo humedad	Nuevo Horno	Ambas
	kg _{sust} /mes	kg _{sust} /mes	kg _{sust} /mes	kg _{sust} /mes
PM10	18	16	10	8
CO	474	431	261	218
CO₂	12,247	11,145	6,736	5,634

Tabla 5. Emisiones generadas actuales, reduciendo humedad, utilizando el nuevo horno y aplicando ambas propuestas.

En los hornos de las ladrilleras se podría destinar un cuarto de pre-secado para disminuir la humedad de la madera y los ladrillos para reducir las pérdidas por entalpía en el proceso de cocción.

Además, se recopiló información sobre los efectos adversos a la salud provocados por las emisiones de CO y PM₁₀, para resaltar la importancia de mejorar el horno, no sólo por mejorar la calidad del producto sino también para mejorar la calidad de vida de los productores.

Efectos a la Salud

PM₁₀

La EPA (2016) describe los efectos que se pueden tener por la exposición a PM₁₀:

- Muertes prematuras por enfermedades en el corazón o los pulmones
- Ataques cardíacos no fatales
- Latidos cardíacos irregulares
- Asma agravado
- Disminución de la función pulmonar
- Aumento en síntomas respiratorios como: irritación de las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar

CO

La EPA (2016) describe los efectos que se pueden tener por la exposición a CO:

- Reduce la cantidad de oxígeno que se puede transportar en el flujo sanguíneo hacia órganos críticos como corazón y cerebro.
- Mareos, confusión, pérdida de conocimiento y muerte.
- Es más peligroso para personas con enfermedades del corazón por su capacidad reducida de llevar sangre oxigenada al corazón.
 - Especialmente cuando se practica ejercicio o se está bajo estrés.
 - Provoca angina (dolor en el pecho).

La ATSDR (2011) menciona los sistemas de órganos afectados:

- Cardiovasculares: vasos sanguíneos y del corazón.
- Del desarrollo: sólo en periodos cuando los órganos se están desarrollando.
- Neurológicos: sistema nervioso.
- Respiratorios: desde la nariz hasta los pulmones.

Así mismo, la ATSDR (2011) detalla los efectos a la salud:

- La exposición a altos niveles puede causar la muerte.
- La exposición a bajos niveles puede dañar permanentemente el corazón y el cerebro.
- Puede agravar los efectos si se tiene alguna enfermedad del corazón o de pulmones.

Los CDC detallan los siguientes efectos adversos por su exposición:

- Dolor de cabeza, mareo, debilidad, náusea, vómito, dolor de pecho y confusión.
- Irritación, aumento del ritmo respiratorio
- La ingestión de altos niveles puede provocar desmayos y muerte.

Finalmente, se elaboró un reporte donde se explica ampliamente el Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético para futuras consultas en el PAP.

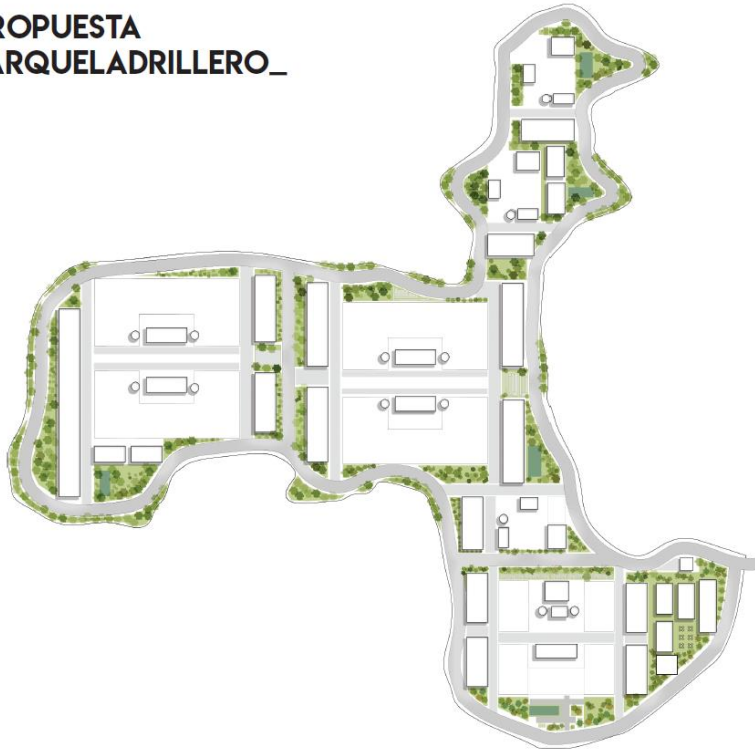
3.2.1.2 Propuesta Parque Ladrillero

La etapa final de la propuesta parque ladrillero consta del desarrollo de la planta de conjunto de la propuesta en predio, definiendo las áreas construidas o áreas de ladrilleros, las áreas comunes, vialidades y especificaciones técnicas, así como, las áreas verdes del predio.

Obteniendo como resultado un área construida de 10,022.74 M2 junto con un área verde (contando vialidades) de 8,695.21 dando como resultado el área total de predio de 18,717.95 M2. Con estos datos pudimos dar mayor factibilidad al proyecto debido a que

cuentan una alta densidad de personal para poder trabajar en las ladrilleras sin dejar de lado el tema de la sustentabilidad, ya que, se tomaron en cuenta un espacio delimitado para áreas verdes.

PROPUESTA PARQUE LADRILLERO_



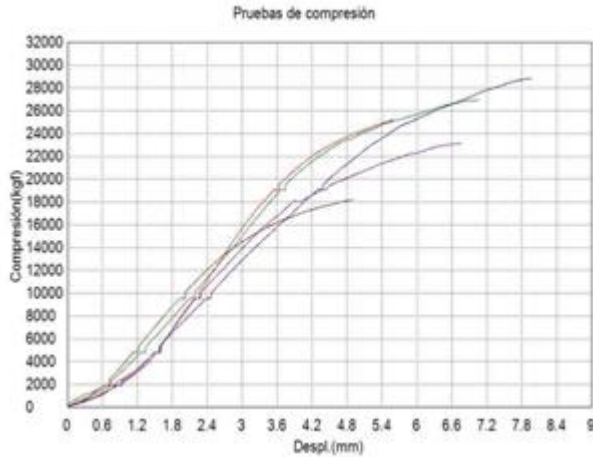
PLANTA CONJUNTO

El resultado generado fue de gran impacto personal y profesional debido a las distintos desafíos y problemáticas que se originaron durante el proceso de diseño, sin embargo, se lograron resolver de manera adecuada con ayuda de la información obtenida, el apoyo por parte de los ladrilleros, asesores del PAP y distinta información recabada.

3.2.1.3 Pruebas a Ladrillos

Las muestras evaluadas en este periodo dieron resultados diferentes debido a que 3 de las ladrilleras tenían sus arcillas de mala calidad. A continuación, mostraremos los resultados:

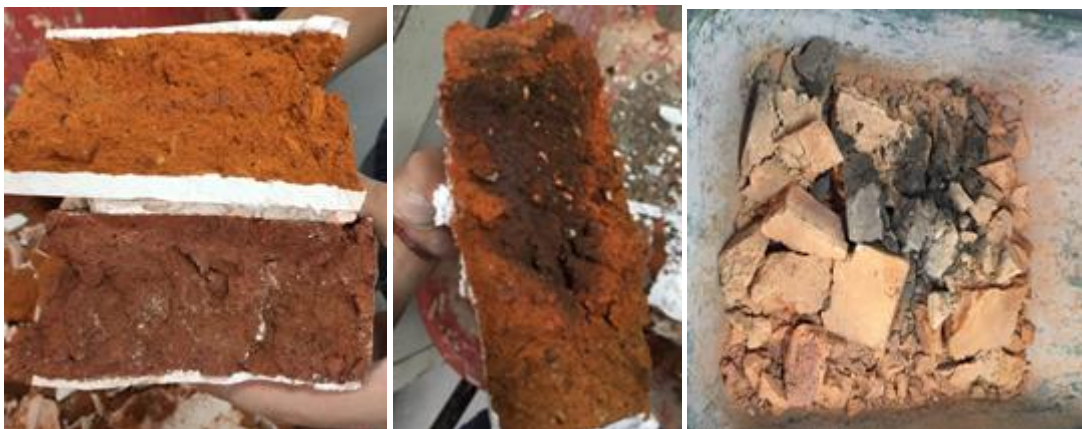
Muestra	Resistencia kg/cm2			
	Ladrillera 1	Ladrillera 2	Ladrillera 3	Ladrillera 4
Pieza 1	29.77	75.99	41.23	29.77
Pieza 2	33.08	53.72	23.67	33.08
Pieza 3	33.28	68.43	26.738	33.28
Pieza 4	36.83	82.39	22.944	36.86
Pieza 5	30.79	82.72	32.49	30.79
Promedio	32.75	72.65	29.41	32.76
	No Pasa	Pasa	No Pasa	No Pasa



En estos resultados obtenidos, podemos ver que solo una de las cuatro ladrilleras paso la prueba de resistencia a compresión por la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013, que nos dice que cada ladrillo debe de resistir a compresión mínima 60 kg/cm2.

La gráfica muestra la compresión por el desplazamiento, siendo en lo más alto la máxima resistencia que obtuvo la pieza a compresión.

Observaciones.



Las 3 ladrilleras que no cumplieron con el requisito mínimo de la norma fuer, por el tipo de tierra que es de mala calidad, factores de clima y el color de la arcilla.

3.2.1.4 Constantes de conductividad térmica

En el desarrollo experimental se contó con 10 muestras distintas de dos diferentes materiales, Hebel y Ladrillo rojo. De Hebel se contaron con dos muestras, ambas provenientes de la Materioteca ITESO, y en el caso del ladrillo rojo se contó con una muestra de Irapuato, una muestra de ladrillo rojo con bagazo y seis muestras provenientes de una cooperativa ubicada en #####.

De las 10 muestras se las placas para realizar el experimento de determinación de su conductividad térmica, y de estas placas se obtuvieron las áreas y espesor.

Corrida	Material	Área [m ²]	Espesor [m]	Lugar	Clave
1	Hebel	0.001886	0.013	ITESO	1
2	Hebel	0.001886	0.011	ITESO	3
3	ladrillo bag	0.001757	0.01466	ITESO	1
4	ladrillo	0.002043	0.013	Irapuato	1
5	ladrillo	0.002157	0.01435	Cooperativa	2
6	ladrillo	0.001802	0.0137	Cooperativa	5
7	ladrillo	0.001728	0.0171	Cooperativa	6
8	ladrillo	0.001863	0.01365	Cooperativa	1
9	ladrillo	0.002075	0.01415	Cooperativa	3
10	ladrillo	0.001855	0.01423	Cooperativa	4

Tabla 1. Área y espesor

A continuación, se realizó el experimento y se obtuvieron las temperaturas para realizar el cálculo de la conductividad térmica.

Corrida	Material	°C			Clave
		T1	T2	T3	
1	Hebel	54	47.84	33.66	1
2	Hebel	58.54	45.34	33.23	3
3	ladrillo bag	56.84	47.12	33.62	1
4	Ladrillo Irap.	60.96	41.29	37.65	1
5	ladrillo	55.54	45.43	34.54	2
6	ladrillo	55.65	46.82	33.39	5
7	ladrillo	57.23	46.66	33.29	6
8	ladrillo	55.73	46.58	34.09	1
9	ladrillo	57.76	45.35	34.21	3
10	ladrillo	56.38	46.13	33.87	4

Tabla 2. Temperaturas de cada corrida

Con estos valores y el modelo matemático descrito en la sección 2.1.1.5 1, se obtuvo los valores experimentales de la conductividad térmica de cada corrida.

		W/m*K	
Corrida	Material	K	Clave
1	Hebel	0.0509	1
2	Hebel	0.0786	3
3	Ladrillo bag	0.5102	1
4	Ladrillo Irap.	0.5842	1
5	Ladrillo	0.5247	2
6	Ladrillo	0.4246	5
7	Ladrillo	0.6647	6
8	Ladrillo	0.4560	1
9	Ladrillo	0.6453	3
10	Ladrillo	0.5447	4

Tabla 3. Conductividad térmica

Para conocer la fiabilidad del equipo utilizado y los valores encontrados de cada material, se consiguieron por medio de la literatura los valores teóricos de la conductividad térmica del Hebel y el Ladrillo rojo. Para el caso del Hebel se encontró un valor teórico de 0.094 W/m*K (Xella International, 2007) y para el caso del Ladrillo rojo un valor de 0.5 W/m*K. (Norma Chilena 853, 2007).

Con los valores obtenidos de la literatura, se realizó el cálculo del porcentaje de error de cada una de las corridas. Al no encontrar, en la literatura, un valor para el ladrillo rojo con bagazo se realizó la comparación con el valor de 0.5 W/m*K, a partir de la hipótesis de que el bagazo tendría un impacto en el tiempo de cocido de los ladrillos, pero no en las propiedades del mismo.

		W/m*K	W/m*K		
Corrida	Material	K	K teórico	% error	Clave
1	Hebel	0.0509	0.094	46%	1
2	Hebel	0.0786	0.094	16%	3
3	Ladrillo bag	0.5102	0.5	2%	1
4	Ladrillo Irap.	0.5842	0.5	17%	1

5	Ladrillo	0.5247	0.5	5%	2
6	Ladrillo	0.4246	0.5	15%	5
7	Ladrillo	0.6647	0.5	33%	6
8	Ladrillo	0.4560	0.5	9%	1
9	Ladrillo	0.6453	0.5	29%	3
10	Ladrillo	0.5447	0.5	9%	4

Tabla 4. Porcentaje de error

Para hablar de lo observado en la Tabla 4. separaremos los materiales. Primeramente, en el caso de los ladrillos (descartando el ladrillo con bagazo) tenemos que los porcentajes de error van de 5-33%, descartando los errores de 10% o menores, tenemos cuatro datos que están por encima de un valor de error despreciable debido a la experimentación. Sin embargo, el que tengamos estos cuatro valores no necesariamente significa que la experimentación en estos casos se haya realizado de manera incorrecta; al estar hablando de un material que se produce de manera artesanal y que las materias primas, y recetas de los mismos cambian día a día inclusive con un mismo productos, podemos predecir inclusive antes de realizar la experimentación que las propiedades del material no tendrán un valor único, sino que se moverán dentro de un rango y que otros inclusive saldrán de este rango. La mejor manera de definir este rango sería con una muestra mucho más grande, así como sus condiciones de producción, con esto se podrían observar comportamientos de las propiedades dependiendo de las condiciones de producción.

Para el caso del ladrillo con bagazo, se inició la comparación con la hipótesis de que su valor de conductividad térmica se asemejaría al valor encontrado en la literatura del ladrillo rojo. Se obtuvo un porcentaje de error del 2% por lo que se cumple la hipótesis inicial y nos hace crear una nueva. Esta nueva hipótesis sería que el valor obtenido de la literatura reflejaba la conductividad de ladrillos que tuvieran dentro de sus materias primas bagazo o algún material orgánico que se le asemejara.

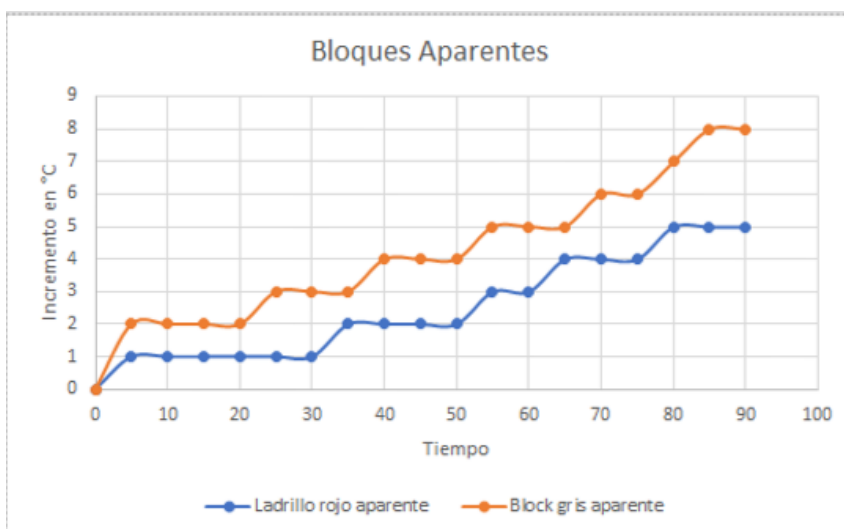
Para el caso del Hebel se obtuvieron porcentajes de error del 16% y 46%. Al tratarse de un material proveniente de un proceso industrial se esperaría que los porcentajes de error no rebasaran el 10%. Los casos más probables por lo que se obtuvieron errores tan

altos son tres, el primero sería que la experimentación no se realizó de manera correcta, la segunda que después de realizar el corte de material no se realizó el soplado para retirar el polvo, o no fue suficiente lo que se sopló. El último caso es que el experimento planteado no es funcional para materiales con una porosidad alta. Para poder descartar estos casos es necesario que se repitan las corridas para el Hebel, teniendo especial cuidado en el procedimiento y detallando el soplado. En caso de que repitiendo las corridas con los cuidados antes mencionados se obtuvieran nuevamente valores con altos porcentajes de error. Se tendría que determinar las características de los materiales para los cuales el experimento es funcional o plantear un nuevo experimento con el cual se pueda obtener la conductividad térmica de más materiales.

3.2.1.5 Pruebas a muretes

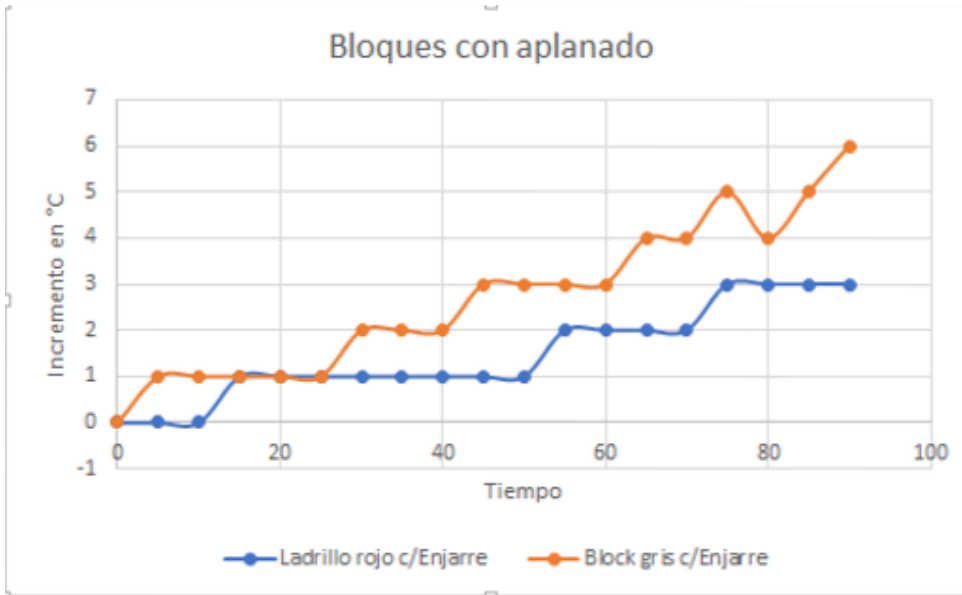
Se realizaron las pruebas planeadas a los muretes y estos fueron los resultados. Primeramente, se realizaron las pruebas a calor, en las cuales la variable a medir es el cambio de temperatura, para lo cual se tomó la temperatura con un termómetro de laser en la cara que se le aplicó el calor y en la cara que estaba en la sombra.

Se tomó temperatura a cada 5min durante 1 hora y media y estos fueron los resultados de cambio de temperatura:



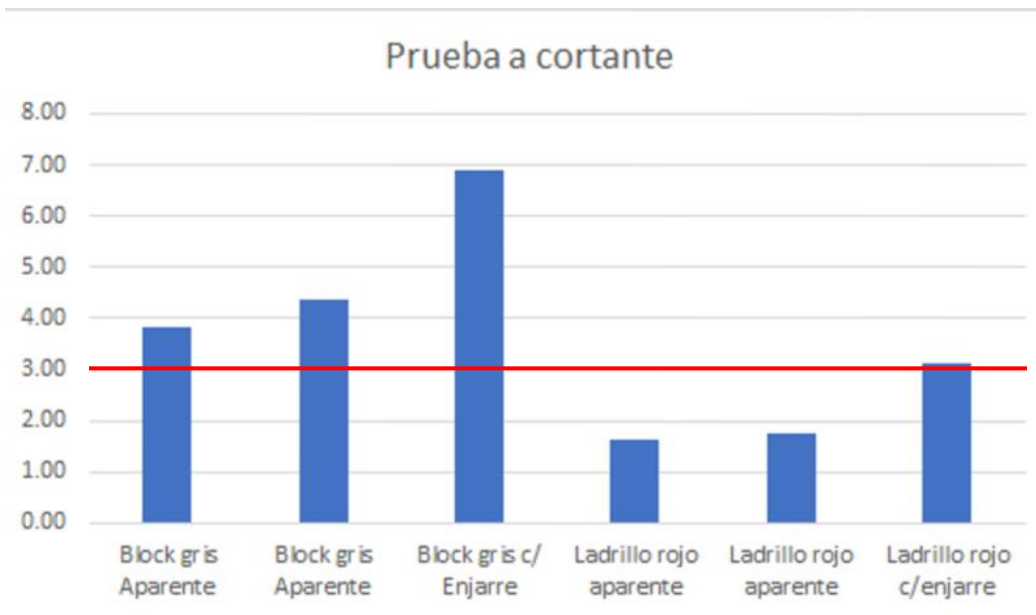
En esta gráfica se puede observar un incremento de hasta 8°C en los muretes de block gris en un periodo de 1:30 horas, esto contra los 5°C que subió el ladrillo rojo. Esto habla

muy bien del ladrillo rojo, dado que se puede interpretar estos resultados como que el ladrillo rojo es mejor para mantener el calor fuera de las viviendas.



En esta otra gráfica se puede observar como el aplanado impacta positivamente en el comportamiento de los muros, dado que bajo las mismas condiciones la temperatura al interior solo aumentó 3°C en los muros de ladrillo rojo y tan solo 6°C en los muros de block gris.

En cuanto a las pruebas a cortante se realizaron en la prensa universal como marca la norma NMX-C-464-ONCCE, para la cual los resultados fueron los siguientes:



La línea roja representa el valor de diseño que se utiliza comúnmente para el diseño sísmico, que es de 3kg/cm². En base a esto podemos observar que los muretes de ladrillo rojo no cumplen con la norma. Esto se debe a varios factores:

- La edad de los muros de ladrillo rojo no era la suficiente para este tipo de pruebas.
- La mano de obra (propia) no fue profesional.
- La falla común en muretes fue desprendimiento, lo cual no es deseable en este tipo de pruebas.
- En conclusión, no se puede dictar una evaluación del Ladrillo rojo en base a esta prueba en específico debido a los múltiples factores que la afectaron.

4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

Gustavo Ibáñez Sosa

Aprendizajes Profesionales

En el aprendizaje profesional me llevo el haber participado en el cierre del proyecto del parque ladrillero. Haber trabajado en la propuesta del horno ladrillero que se construirá en el parque. Además, en este periodo PAP tuve la oportunidad de desarrollar una metodología experimental, lo que me da herramientas para futuros trabajos.

Aprendizajes sociales

Una gran parte del sector ladrillero está compuesto por gente con muchas carencias, desde económicas, hasta educativas. Y creo que ante esta realidad como participes de este PAP tenemos un compromiso que va mucho más allá que simplemente cumplir con las horas de trabajo. Nuestro trabajo puede tener un impacto muy grande en estas personas y así como nosotros podemos aportar, no olvidarnos que ellos son la base del proyecto y por lo que deberían de ser el activo más importante. Creo que el PAP tiene un gran potencial para crecer no únicamente en la parte ingenieril del proceso, sino también sumergirse en otros ámbitos como la educación económica que puede reflejarse en mejores condiciones para crecer un sector un tanto abandonado.

Aprendizajes éticos

Al trabajar en un proyecto que busca generar propuestas de mejora en un proceso, es importante que identifiquemos los aspectos en los que hay que tener mayor impacto y uno de estos ha sido la parte ética. Al buscar tener un impacto en lo económico y lo social es importante mantener una congruencia y balance con lo que se propone, por ejemplo, se podría sugerir que para bajar costos se utilicen, durante la quema, materiales que no precisamente son los más amigables al medio ambiente o encontrar un equilibrio en un material que refleje una disminución de costos y que no tenga un gran impacto al ambiente.

Ante esto creo que el mayor aprendizaje que me llevo es la importancia de cuidar no únicamente los aspectos monetarios en un proyecto y reflejar una congruencia con lo que se plantea dentro del equipo y lo que sale del equipo.

Aprendizajes en lo personal

El PAP me dio la oportunidad de trabajar en equipo y en algunos casos de forma interdisciplinaria, encontrando diferentes ideas y formas de trabajar, con lo que soy capaz de identificar algunos aspectos personales en los que tengo que trabajar para que este tipo de trabajo se pueda llevar de mejor manera.

Adrián Cova Orozco

Aprendizajes Profesionales

El aprendizaje profesional obtenido a través del proyecto de parque ladrillero es sumamente beneficiario, ya que, pude tuve la libertad diseñar y desarrollar el proyecto con base a los conocimientos obtenidos durante la carrera y el PAP.

Me pareció de gran importancia el poder aportar mis conocimientos y habilidades a un proyecto, además de, enfrentarme a retos profesionales buscando las diferentes herramientas para el mejoramiento de este.

Aprendizajes sociales

Sin duda alguna, una de las partes esenciales del proyecto de parque ladrillero es el contacto con las personas que están involucradas en este, debido a que, los maestros ladrilleros y trabajadores serán los beneficiarios de este proyecto, por lo que, fue importante realizar el desarrollo del parque ladrillero pensando en que el área laboral de estas personas y que lo han desarrollado a través de muchos años, siendo ellos, los expertos en el tema y el pilar principal del conocimiento para el desarrollo de este.

Aprendizajes éticos

Es de suma importancia el conocimiento de las problemáticas generada por parte de los ladrilleros hacia el medio ambiente, sin embargo, tenemos que tener en cuenta que es importante sector económico para el estado de Jalisco. Este es uno de los motivos conductores del proyecto, ya que, la coexistencia entre ambos sectores no debe de estar peleados entre sí y generar un ambiente sano para los dos.

Como aprendizaje me quedó con la importancia de ser equitativos con todos los sectores, es decir, no dejar de lado el tema de la sustentabilidad por el sector económico, sino, generar una propuesta que beneficie a ambos equitativamente.

Aprendizajes en lo personal

El PAP me dio la oportunidad de trabajar en equipo con diferentes compañeros de otras carreras, generando nuevas ideas a través de los diferentes enfoques personales. Agradezco la oportunidad y la confianza generada por parte del PAP hacia mi trabajo, desarrollando el sentido de la responsabilidad en los proyectos que se trabajen y cayendo en cuenta en la capacidad desarrollar distintas tareas por mí mismo o con ayuda de diferentes personas.

Álvaro Estrada Hernández.

Aprendizajes Profesionales

Dentro de la formación como ingeniero civil, una de las principales competencias en la formación profesional, es aplicar los saberes adquiridos en la carrera a un proyecto presente PAP, dentro de esta me di cuenta de lo mucho que podemos aportar a este proyecto de ladrillera conformado de diferentes profesionistas. Gracias a esto se propuso nuevo proceso del ladrillo a base de 3 cámaras para que fuera más eficiente, rápido y sustentable.

También me llevo la idea de que el ladrillo es uno de los materiales básicos para la construcción, ya que es el material más utilizado debido a sus propiedades térmicas, propiedades acústicas y resistencia. Sobre los resultados obtenidos sobre la resistencia a compresión de los ladrillos llegamos a la conclusión que es de mucha importancia la temperatura y tiempo de cocción, y el tipo de arcilla que utilizan, ya que 3 de 4 ladrilleras no cumplieron con las normas de resistencia mínima del ladrillo (NMX-C-036-ONNCCE-2013), y esas 3 ladrilleras tenían sus tierras de mala calidad

Aprendizajes sociales

Lo más importante para tener un buen proyecto es tener la confianza de las demás personas, para que así fluya más fácil el proyecto, con estos nos dimos la tarea de ir con las ladrilleras y platicar con ellos, ya que tienen mucha experiencia en el proceso del ladrillo.

También nosotros los que desarrollamos el proyecto, tuvimos que generar confianza a los demás debido a que el proyecto que desarrollamos tuvimos que dejar huella entre en las mentes de las personas y así ellos se interesen sobre el proyecto.

Aprendizajes éticos

Dentro del PAP Materioteca, me gusto trabajar en campo y aula en cuestión ético, debido a que mi profesión de ingeniero civil, este es el tipo de sistema en que se trabaja,

ya que así se aprende mediante experiencias generadas con personas que están colaborando conmigo y esto hace que se enriquezca el proyecto.

El objetivo principal del PAP es contribuir al desarrollo de soluciones hacia la sustentabilidad y que beneficie a un sector de la población o a un grupo de personas que se encuentran en condiciones desfavorables. Mencionando que para un buen parque ladrillero sustentable se necesita una gran inversión para que este funcione adecuadamente.

Aprendizajes en lo personal

Finalmente, me quedo con mucho aprendizaje sobre este PAP, ya que nos hizo que nos involucráramos más en la sociedad sobre lo que sucede en la vida real y no como lo cuentan en las escuelas, también hizo que pusiéramos en práctica lo aprendido en la carrera a lo que sucede a fuera o ya en la realidad.

También me di cuenta que los jefes de las ladrilleras tienen un pensamiento muy cerrado, ya que si les proponemos nuevos procesos que agilizan el ladrillo, no lo implantan en su parque ladrillero, debido a que se puede decir que dependen del gobierno.

Matías Leñero Ríos

Aprendizajes profesionales

Para este proyecto PAP pude aplicar directamente saberes profesionales a un proyecto en particular que fue ladrillera; a pesar de que este tema se relacionaba directamente con mi carrera, también tuve nuevos aprendizajes y competencias. Esta segunda etapa del PAP me ayudo a reforzar los conocimientos y actividades realizadas en el periodo anterior. Como conocimientos que utilice fueron directamente en el área de suelos o geotecnia, las pruebas de laboratorio que aplicábamos a pesar de estar basadas en normas, se tiene un factor de criterio el cual consiste en la propia opinión del que hace la prueba, esto también cuenta como una variable al momento de obtener resultados. Se tuvo que realizar nuevas técnicas de implementación para el cabeceo de ladrillos, lo que implicó un manejo de nuevos materiales.

Por otra parte, se apoyó al proyecto de parque ladrillero, en la generación de datos y resultados en base a los conocimientos previos y las breves experiencias que se tenían sobre el PAP anterior, sobre las ladrilleras, sus procesos de producción y condiciones que presentan, fue una buena oportunidad para conocer el trabajo de otras carreras enfocado a un tema en común.

Aprendizajes Sociales

El tema de ladrilleras es una práctica que se ha realizado durante generaciones y a pesar de esto aún no se tiene un conocimiento amplio y objetivo sobre el proceso y resultados de estos materiales, esto deja una gran oportunidad de generar investigación y datos que nos ayude a generalizar y normalizar esta actividad.

El mejor de los escenarios es poder llegar a conocer este sector de trabajo a un grado de poder crear normas o estándares que ayuden a mejorar la calidad del material, así como las condiciones de trabajo de los ladrilleros. El proyecto ladrillera tiene demasiados focos de estudio para poder generar datos de lo antes mencionado y para esto es necesario tiempo, el realizar pruebas de caracterización de materiales es abarcar una parte de este gran proyecto, para mejorar las condiciones de esta actividad y trabajo.

Otro aprendizaje social fue el interactuar con los ladrilleros y aprender a escuchar sus ideas y opiniones sobre el proyecto de parque ladrillero presentado; reconociendo que nuestro trabajo es un apoyo o complemento para ellos y de manera contraria, ellos nos ayudan a generar información con su experiencia en la elaboración y manejo de ladrillos.

Aprendizajes éticos

El proyecto ladrillera me ayudo a comprender que se puede ayudar a un sector sociedad desde el ámbito profesional, desde nuestras posibilidades pudimos ayudar a ladrilleros con la garantía de su trabajo, esta actividad me pone a pensar en toda la ayuda que se le puede proporcionar a este grupo de personas, ayuda que va desde la valorización de su trabajo y que reciban una cantidad justa por ello, por otro lado que puedan realizar misma actividad en mejores condiciones y a proporcionarles capacitaciones que los ayuden a discernir sobre la calidad del material que utilizan.

Aprendizaje personal

El proyecto PAP desde el punto de vista de trabajo, me dio la oportunidad de conocer las actividades y programas que utilizan otras disciplinas, estas actividades aplicadas a un mismo tema, así como un constante trabajo y apoyo en equipo. Desde el punto de vista social me ayudo a conocer el sector de las ladrilleras y su forma de trabajo y ver las diferentes formas de ayuda que se les puede proporcionar con los conocimientos profesionales. Para mi proyecto de vida, este PAP me ayudo a reconocer una gran área de trabajo por explorar que abarca la investigación dentro de la profesión, la cual es un área que necesita mucho trabajo. Termine esta etapa de proyecto satisfecho con las actividades logradas y alcanzadas, por otra parte, me voy de este PAP con inquietudes e ideas, me gustó la experiencia de este proyecto profesional y pude convivir con diferentes personas que apartaron sus ideas, tiempo y dedicación a un fin en común, es gratificante ver los resultados alcanzados y también la manera de seguir mejorando lo que se realiza en este proyecto.

Norma Aurora Cornejo González

Aprendizajes profesionales

Las competencias que desarrollé fue la elaboración de un análisis de huella de carbono y cuantificación del consumo de agua y energía de un producto utilizando SimaPro y buscando en artículos científicos, utilizando la metodología de la ISO 14040 y 14044. La comprensión del proceso de fabricación de ladrillo desde la ingeniería y la obtención de información a partir de fuentes internacionales. Además, comprendí el contexto en el que se desenvuelven las ladrilleras y los problemas a los que se enfrentan los métodos de fabricación que utilizan.

Aprendizajes sociales

La información generada puede ser de utilidad para conocer específicamente el impacto ambiental que emite la producción del ladrillo, el cual ayuda a concientizar a los productores (ladrilleros) para buscar alternativas más ecológicas y eficientes en sus procesos. Me siento capaz de dirigir un proyecto y tomar decisiones donde siempre se encuentre en el centro a las personas. El mayor impacto fue el conocimiento de la

contaminación generada en la quema de madera. La información se podrá replicar para diversas mezclas y comparar sus datos, con el fin de encontrar la mezcla más eficiente que no contamine tanto.

Aprendizajes éticos

Las decisiones tomadas durante la búsqueda de información siempre se enfocaron en encontrar los estudios que más se asemejaban a las condiciones que hay en Jalisco, México para que el proyecto fuera lo más real posible. Esta experiencia despertó mi interés por ayudar a este tipo de productores cuyas prácticas artesanales podrían mejorar o modificarse para generar un menor impacto al ambiente y ser más atractivos para los consumidores, así se apoya el negocio local y se cuida el entorno.

Aprendizaje personal

El PAP me puso un reto para utilizar diversas herramientas y trabajar en equipo con personas de otras carreras para obtener un producto de gran importancia para un sector con diversas limitaciones, me siento muy bien de haber sido capaz de cumplirlo e ir más allá del objetivo inicial para mejorar la calidad de vida de estos productores. También, me ayudó a conocer sobre los retos que se tienen que enfrentar los ladrilleros para salir adelante y cómo con ayuda de universitarios podemos generar un cambio. Con el trabajo en equipo aprendí las habilidades que poseen las personas de otras carreras y cómo combinándolas con la mía podemos realizar grandes proyectos gracias al trabajo en equipo. Mi proyecto de vida ha cambiado de dirección pues ahora sé que realizando proyectos para pequeños productores como los ladrilleros puedo generar grandes cambios no sólo para disminuir la contaminación, sino también para mejorar la calidad de vida de los productores en las mismas circunstancias.

Andrés Ochoa Lomelín

Aprendizajes Profesionales

Uno de mis aprendizajes fue, que todas las materias que te dan a lo largo de tu carrera te sirven, a pesar que algunas te enseñan más que otras, siempre hay alguna que te dará ese detalle que necesitas para que todo funcione. También pude observar que no puedes dar nada por sentado, siempre debes de ir ensuciarte las manos para poder sacar o conocer algún dato, no puedes esperar a que todo esté en papel o que algunos otros datos sean reales, siempre cuestionate, siempre reafirma, siempre asegura.

Aprendizajes sociales

Uno siempre está buscando la mejor manera de hacer dinero, todos trabajan por dinero, se estudia para poder tener un trabajo con un mejor sueldo, siempre pensando en uno mismo. Sin embargo, después de haber estado en el PAP me di cuenta que realizar proyectos en los cuales puedes ayudar a la demás gente, proyectos los cuales tal vez no obtengas mucho dinero, pero al final la satisfacción que uno puede sentir al saber que sus acciones ayudaron a la gente con sus problemas o que se resolvió un problema gracias a ti, te hace sentir una satisfacción gigante. Pienso involucrarme en más proyectos sociales.

Aprendizajes éticos

Como ingeniero, siempre había tenido la idea en que otras carreras que no fueran ingenierías son solo un título desperdiciado, gracias al PAP pude reconocer que todas las carreras tienen lo suyo, una visión diferente con la cual se puede llegar a resultados diferentes pero tal vez mas óptimos, y de esta forma trabajando con diferentes carreras y diferentes formas de pensar se puede lograr un producto final pensado en todos los factores, haciéndolo un producto perfecto o casi perfecto.

Aprendizajes en lo personal

El PAP me ayudo a empezar en darme cuenta de cómo debo de hacer las cosas, no siempre (casi nunca) vas a tener un profesor o asesor que te diga que hacer, como lo vas a hacer, y

el resultado que debe de tener. En si me ayudo a empujarme a mí mismo a buscar y generar resultados a cualquier medio, siento que me hizo madurar en la toma de decisiones y crecer un poco en liderazgo conmigo mismo.

Sergio Camacho López

Aprendizajes profesionales

Siendo este mi segundo periodo del PAP puedo decir que mi aprendizaje siguió creciendo. La experiencia y práctica que obtenemos al trabajar con los ladrilleros al realizarle pruebas a los ladrillos es muy significativa en mi formación profesional ya que retomo conceptos que aprendidos hace varios semestres y los afianzo con la práctica.

Mi aprendizaje de procesos en el área de la mecánica de suelos es muy grande aunque no sea mi área de especialización. Realizando los límites de consistencia a las arcillas siguiendo normas oficiales como las normas de la ONNCCE, la ASTM y de la SCT me ayudaron a mejorar mis habilidades en el laboratorio para generar resultados más fiables.

Aprendizajes Sociales

Uno de los valores que transmite ITESO es la ayuda a aquellos que carecen de ciertas necesidades elementales y/o que viven en cierto nivel de marginación. Con este PAP pude formar parte de un grupo de trabajo dedicado a incluir a un grupo social que quiere mejorar y que desea tener una vida de mejor calidad. Con nuestro aporte teórico pudimos ayudar un poco a los ladrilleros a saber en qué pudiesen mejorar y a utilizar un lenguaje estándar. Sin embargo, ellos nos enseñaron aún más y en eso estoy muy agradecido.

Aprendizajes éticos

Como comenté en el reporte PAP de verano 2017, me gustaría seguir participando en grupos que ayuden a comunidades que necesiten algún apoyo teórico para prosperar ya que todo ser humano tiene el derecho natural a ser parte de una sociedad y a tener oportunidades para desarrollarse.

Quisiera que este deseo de ayudar se convierta en realidad en un futuro muy cercano y que muchos profesionistas más ayuden para mejorar la vida de todas las comunidades marginadas.

Aprendizaje personal

Me gustó trabajar con personas de otras carreras ya que tienen puntos de vista muy diferentes a los míos y sus conocimientos en otras áreas son interesantes. Aunque no estuve trabajando 100% con los químicos o con los industriales, cuando conversamos en común de nuestros proyectos aprendí mucho de sus áreas.

Diego Armando Camacho Zepeda

Aprendizajes profesionales

En este PAP he aprendido bastantes acerca del ladrillo y de la mampostería en general, los diferentes procesos de elaboración, las diferentes materias primas, los diferentes usos y sobre todo los procesos de control y normas que debe de seguir este tipo de elementos para ser considerados como válidos.

Aprendizajes Sociales

Al trabajar en conjunto con las personas que elaboran los ladrillos te das cuenta que la calidad de vida es precaria. Es una obligación como profesionales tratar de cambiar este panorama, no mediante ayudas gubernamentales que solo crean parásitos, si no creando oportunidades mediante el mercado.

El control de calidad de los procesos, las materias primas y el producto final pueden derivar en un producto sólido, demandado en el mercado. Lo que eventualmente eleva la calidad de vida de las personas que trabajan el ladrillo.

Aprendizajes éticos

De igual manera el trabajo de las ladrilleras deja bastante aprendizaje, es gente que día se esfuerza y se desgasta bastante. Son verdaderamente un ejemplo de trabajo que lamentablemente es un sector muy castigado injustamente.

Aprendizaje personal

Como se mencionó en la presentación, en el PAP han participado cerca de 15 carreras diferentes, esta riqueza multidisciplinaria nos permite como alumnos escuchar y compartir diferentes puntos de vista y en fin de cuentas pues esto es el mundo laboral y real, colaborar con bastantes personas es indispensable.

5. Conclusiones

5.1 Análisis de Huella de Carbono, Consumo Hídrico y Energético

El objetivo de realizar el ICV del ladrillo se cumplió y se profundizó en el tema al buscar más factores de emisión producidos por la quema de madera. Además, se sugirió agregar un área de pre-secado para la madera con el fin de disminuir el volumen de combustible y emisiones generadas en la producción.

Todos los aspectos establecidos en los objetivos se cumplieron, pero se sugiere seguir con un análisis la calidad de aire en la ladrillera tomando muestras con los instrumentos que cuenta el ITESO, y posteriormente realizar un análisis de riesgos por exposición a sustancias tóxicas. El fin del análisis sería resaltar la importancia de tener un horno mejor equipado capaz de reducir las emisiones por su eficiencia, y al mismo tiempo reducir el riesgo de los ladrilleros a desarrollar alguna enfermedad por su exposición con las emisiones.

5.2 Propuesta Parque Ladrillero

El objetivo principal de la propuesta del parque ladrillero fue ejecutado correctamente teniendo en cuenta las necesidades principales de los maestros ladrilleros, además de, enfocarnos en apostar por la sustentabilidad, ya sea por medio de, los espacios verdes propuestos o las diferentes técnicas de colaboración por parte de los ladrilleros el

aprovechamiento de distintas actividades regularizadas dando como resultado el beneficio del proceso de producción.

Sin duda alguna el siguiente paso tiene mayor complejidad, ya que, el seguimiento del proyecto no depende totalmente del ITESO, debido a que, se colabora con terceros, los cuales, llevan la rienda del proyecto, sin embargo, existe la manera de que con base a lo generado y los conocimientos por parte del PAP: Materioteca y Sustentabilidad sea un proyecto fructífero para la sociedad y el medio ambiente.

5.3 Caracterización de materias primas

Dentro del proyecto ladrillera, la caracterización de materiales es una parte con ciertas limitantes. La línea de trabajo de la caracterización de arcillas es muy extensa ya que los bancos de material no son los mismos de una temporada a otra. Necesitamos realizar un número muy grande de pruebas tanto de suelos como de resistencia de ladrillos para poder llegar conclusiones bien fundamentadas acerca de la relación materia prima-resistencia.

El tipo de resultados que esperamos es encontrar un amplio tipo de arcillas que puedan dar una resistencia mínima para cumplir las normas mexicanas, así investigar la interacción de los demás factores involucrados en la fabricación del ladrillo. Manteniendo constantes la mayor cantidad de variables del proceso podremos analizar más detalladamente como varía la resistencia de los ladrillos con cada variable y así conseguir mezclas más eficientes.

Nos volvemos a encontrar con la dificultad y falta de información por parte de los ladrilleros para poder clasificar los suelos con los cuales se está trabajando.

5.4 Sobre pruebas de resistencia de materiales

Los resultados obtenidos no fueron del todo satisfactorios en sentido de cumplimiento de normas, pero es un error decir que los ladrillos son de mala calidad o que la mano y proceso de fabricación no es el adecuado. Se puede adjudicar estos resultados al gran número de variables que intervienen para la realización de la prueba, es un hecho que la caracterización de arcillas es el primer paso para poder definir si un ladrillo tiene una composición de materiales adecuadas, por lo que en este caso solo se pudo obtener la caracterización de una muestra, ya que las demás se encontraban en estado de mezcla con

otros materiales o tenían presencia de arena (arcilla arenosa) por lo que las pruebas de límites no son aplicables.

Por otro lado, también se percibieron factores de cambios de clima al momento de realizar la prueba y como observaciones se encuentran la comparación del aspecto del ladrillo de cada ladrillera, poniendo la aprobatoria como adecuada y a partir de ahí se encontró que las demás presentan diferencias en color principalmente. Realizar este tipo de pruebas es un intento por estandarizar un proceso complejo, poder ayudar a los ladrilleros con la valoración de calidad de su trabajo artesanal es un paso inicial para lograr este objetivo, pero se necesita más información para poder tener un mayor control de variables y tener resultados más fidedignos.

5.5 Constantes de conductividad térmica

Si bien los valores obtenidos para el Hebel no podemos tomarlos como valores exactos, si podemos tomarlos para una comparativa, aun agregando los porcentajes de error a los valores obtenidos las conductividades térmicas son mucho menores a los valores obtenidos del ladrillo rojo, ante esto podemos concluir que el Hebel es mejor aislante que el ladrillo rojo. Sin embargo, antes de poder concluir si el Hebel es mejor opción que el ladrillo rojo para una vivienda es necesario determinar la temperatura para tener un bienestar dentro de la vivienda, al determinar esta temperatura será posible determinar la conductividad térmica que se necesita dependiendo de las temperaturas ambientales en distintas zonas geográficas. Esto nos quiere decir que no existirá un material de mampostería único, si no que dependiendo de las temperaturas se podrá saber cuál emplear.

La conductividad térmica es una propiedad muy importante, pero no es la única, para definir los mejores materiales de mampostería para la construcción de viviendas es necesario conocer más características de los materiales y más características de las construcciones. Por ejemplo, es necesario saber si los materiales como el ladrillo, el Hebel, el block gris y otros muchos, realmente aportan a la fuerza estructural de una vivienda y no únicamente son materiales que sirven como divisores. Si este es el caso debemos de redefinir las exigencias que se les tiene a estos materiales y con esto realizar un análisis de

costo-beneficio y así poder tener una mejor perspectiva de los materiales empleados en la construcción.

Con este trabajo podemos concluir que los ladrillos que se están produciendo en la zona tienen valores de conductividad térmica buenos, definiendo buenos como valores cercanos al valor obtenido de la literatura. Además, con este trabajo podemos concluir que el agregar bagazo a la mezcla con la cual se producen los ladrillos no tiene una afectación en los valores de la conductividad térmica, esto se puede tomar positivamente desde dos puntos de vista. El primero, que se puede emplear el bagazo, un desecho industrial, sin afectar al ladrillo como se le conoce; y el segundo, como la posibilidad de iniciar un nuevo estudio donde se observen no únicamente las propiedades del ladrillo sino estudiar la afectación que tiene el bagazo en el proceso de producción. Y así justificar de manera más amplia el uso del bagazo.

5.6 Pruebas a muretes

En cuanto a los resultados presentados se puede concluir que el ladrillo rojo presenta un mejor comportamiento al calor, dado que funciona mejor que el block gris para mantener el calor fuera de las viviendas. Esto podría representar una gran ventaja competitiva frente al resto de los materiales para mampostería.

En un futuro sería recomendable tratar de ampliar este experimento y darle mayor trasfondo teórico, dado que es una característica que vale la pena resaltar. Se podría pensar más investigar la temperatura ideal al interior de una vivienda y que en base a este tipo de resultados se pueda hacer un diseño energético acertado.

En cuanto a la resistencia a la compresión diagonal vale la pena investigar más y conseguir mano de obra especializada para hacer este tipo de pruebas, dado que esa fue una gran desventaja para el ladrillo.

Sería interesante armar un paquete de pruebas con el objetivo de certificar ladrilleras, de tal manera que el consumidor tenga más confianza en este producto artesanal.

6. Bibliografía

1. Servicios Profesionales para el Desarrollo Económico, S.C. (2012). *Diagnostico Nacional del Sector Ladrillero Artesanal de México* (pp. 10-17). Luis Ángel Ortiz Herrera. Recuperado de: <http://www.redladrilleras.net/assets/files/692ecaa0a857372af35a529441387778.pdf>
2. *La Industria Ladrillera*. (2012). *Asociación de Ladrilleros del Sur Occidente Colombiano*. Retrieved 6 June 2017, from <http://occiarcillas.com/la-industria-ladrillera/>
3. Arenas Inda, E. M. (2017, octubre 17). Se regulará, apoyará y financiarán ladrilleras de Jalisco. *El Occidental*. Recuperado de <https://www.eloccidental.com.mx/local/se-regulara-apoyara-y-financiaran-ladrilleras-de-jalisco>
4. Xella International GmbH (2007). Resumen Técnico. [online] Hebel.mx. http://www.hebel.mx/es/content/resumen_tcnico_1454.php.
5. Norma Chilena 853, NCh853 (2007). Consejo del Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 28 de mayo de 2007.
6. Norma mexicana "NMX-C-464-ONNCCE-2010 determinación de la resistencia a compresión diagonal y módulo de cortante de muretes".
7. Norma Mexicana "NMX-C-036-ONNCCE-2013". Resistencia a la compresión de bloque de tabique o ladrillos y tabicones y adoquines-método de ensayo.
8. Norma Mexicana "NMX-C-404-ONNCCE-2012". Bloques, tabiques o ladrillo tabicones para uso estructural – especificaciones y métodos de ensayo.
9. ArhenaSMI. (2017). *Life cycle assessment (LCA) is a scientific method for measuring the environmental footprint of materials, products and services over their entire lifetime*. Retrieved from Athena Sustainable Materials Institute: <http://www.athenasmi.org/resources/about-lca/whats-the-difference/>
10. Espíndola, C., & Valderrama, J. (2011). *Huella de Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas*. Información Tecnológica.
11. INEGI. (2017, septiembre 19). *Censos Económicos 2009*. Retrieved from Instituto Nacional de Estadística y Geografía: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/p_rivadoparaestatal.asp
12. Ortiz, L. (2012). *Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero de México*. SERpro.
13. SimaPro. (2017). *About SimaPro*. Retrieved from SimaPro: <https://simapro.com/about/>

14. Strauss, W., & Schmidt, L. (2012). *A Look at the Details of CO2 Emissions from burning Wood vs. Coal*. Oxford: FutureMetrics.
15. Universidad de Alcalá. (1994). *Equilibrios entre sólido, líquido y gas*. Facultad de farmacia.
- 16.