



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Arquitectura

**Estructura de bambú caso estudio:
Escenario Sustentable**



**Tesis que para obtener el título de Arquitecto presenta: Sánchez
Velázquez Carlos Enrique**

Tutores:

Arq. Gabilondo Rojas Ricardo

Arq. Carmona Viñas Mario de Jesús

Arq. González Jacome Jesús Raúl

Enero 2013



Agradecimientos:

Principalmente a mi familia no solo por su apoyo, sino por soportar todos mis desplantes, mis relajos, mis estados de ánimo, mis desveladas, mis enfermedades; también por estar ahí cada que he tropezado y también en cada logro.

Le agradezco cada platica de pues de comer, en que la historia da vida no solo a grandes personajes como Platón, Marx, El che, Quevedo, Octavio Paz, Tesla, etc., etc., etc., sino a personas tan fantásticas como lo fueron mis abuelos que si no los conocí en vida con sus historias los he podido conocer, y sobre todo he podido constatar que yo provengo de una familia llena de bohemios, poetas y locos lo cual me siempre me ha encantado.

A mi madre que siempre alimento mi imaginación con historias tan fantásticas, como mowgli columpiándose en las leanas para llegar a las computadoras, y de vez en cuando crueles como fue que perdió la mano mi peluche de cri – cri.

Que desde chico se sentaba junto a mí para ayudarme con mis tareas, que en un principio era hacer planas de los verbs y al final eran los planos, que había noches que no dormía para ver que le pusiera arbolitos a mis maquetas.

A mi padre, por todas esas peleas que hemos tenido, porque lo único que siempre ha buscado es mi bienestar y que salga adelante, por siempre tratar de inculcarme esos libros que no tenían dibujitos para que explotara mi imaginación, y poder siempre ver más allá de lo que está escrito.

Por no jugar futbol soccer conmigo, pero siempre armar las autopistas, las casa de los playmobil, de jugar carreritas con los carritos, por decirme “no te echas para atrás” en el karate, por despertarme cada mañana, por nunca perder la fe en mi por más motivos que le haya dado.

A mi hermano por siempre ser el malo en los juegos y destruir mis fuertes, por inventar historias que han hecho que este mucho pueda ser más grande y hacerme recordar cosas que realmente jamás pasaron. Por enseñarme que una imagen puede estar representada por letras o palabras y demostrarme que un cuento es tan real como yo quiera vivirlo.

Por no levantarte hasta que se acabara la botella, por aceptar el reto por más tonto que este fuera, por protegerme sin que me diera cuenta y mandarme a estudiar lejos para que no viera parte obscura de este mundo y sobre todo por traer al MAXIMO de los cariños que pueda tener.

A toda mis demás familia mis tíos, padrinos, primos y ahora sobrinos natos y no natos ya sean de sangre o no todos me han enseñado que la unión puede llevar a grandes cosas, que el apoyo incondicional existe.

Mis tíos y padrinos que me han enseñado cuidado y preocupado por mí que no importando nada siempre han estado a mi lado cuando lo he necesitado.

A mis primos con los que he pasado tantas aventuras entre campamentos, fiestas familiares y borracheras, que me han enseñado que la locura es sana y divertida que crecer no es necesariamente difícil, por jugar hasta las tres de la mañana en las casas de los sustos, en los tochitos, el bote pateado, etc.,

A mis amigos que son la familia que yo he elegido, que me han apoyado en todas mis locuras

A mis niños que desde pequeños me han acompañado en este camino, que han hecho ver que la sangre no es necesaria para amar como familia, que “Nos vamos juntos haciendo viejos algunos sueños toda la piel mordiendo el tiempo.”

A mis niñas que son mi apoyo, mis confidentes, que sé que puedo contar incondicionalmente con ellas, que me han enseñado a siempre caminar hacia delante pase lo que pase, si se puede celar a una amiga como un hermano mayor, que sentir sus abrazos en momentos difíciles sirven para desarmar el nudo más grande que se pueda tener en el alma.

A toodos y cada uno de mis tripleros que me han apoyado incondicionalmente en cada tontería y acierto, que hemos compartido viajes tan fantásticos, que el barco vikingo ha navegado por las aguas más salvajes, que los dragones pueden ser vencido o mejor aun amigos, cada canción y copa que hemos disfrutado ya que “Compartimos el mismo anhelo compartimos el mismo cielo compartimos el mismo tiempo y el mismo lugar.”

A mis architect@s y diseñador@s a pesar de mis dibujos me han aceptado y dicho “si la armas”, y aunque algún@s de principio o le di miedo o no me quería hemos demostrado que podemos ser una buena familia, con sus problemas, pero siempre estando ahí en los momentos difíciles; y porque no??? a mi ingeniera que aunque es poco el tiempo de conocerla y a pesar de su hipismo le he tomado mucho cariño y sé que siempre buscaremos la forma de cambiar este mundo.

A la Doctora Julieta Salgado por apoyar a sus alumnos todo cuanto puede e impulsarlos a seguir sus ideales y lograr todas sus metas por más grandes que estas sean

“Cambiar el mundo, amigo Sancho, no es locura ni utopía. Si no justicia”

“El ingenioso hidalgo Don Quijote de la Mancha”, Miguel de Cervantes

“No queda otra sino batirnos”

Francisco de Quevedo

“Al infinito y mas allá”

Buzz Light Year

1. Introducción	1
2. Sustentación	12
2.1. ¿Por qué generación de energía a por medio de piezoeléctricos?	12
2.2. ¿Por qué bambú?	14
3. Generadores piezoeléctricos	17
3.1. Energía alternativa	17
3.2. Efecto piezoeléctrico	18
3.3. Materiales piezoeléctricos	19
3.4. Generadores piezoeléctricos	21
3.5. Generadores existentes	26
4. El bambú	30
4.1. Materiales alternativos	30
4.2. Bambú	31
4.3. El bambú en Asia	32
4.4. El bambú en América Latina	32
4.5. El bambú en México	33
4.6. Tipos de bambús en México	34
4.7. Ventajas y desventajas como material constructivo	37
4.8. Propiedades mecánicas del bambú	39
4.9. Estructura con bambú	45
5. Nodos para estructuras de bambú	46
5.1. Estructura con uniones convencionales	46
5.2. Nodos de estructuras existentes	47
5.3. Nodos propuestos	49
6. Caso estudio	53
6.1. Catálogo de Planos	58
7. Conclusiones	96
8. Bibliografía	98

1.- Introducción

El principal objetivo al que se quiere llegar dentro de la industria de la construcción es el de hacer conciencia en el sentido que se debe buscar soluciones al excesivo uso de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables, para lograr un empleo correcto de los mismos. Es por lo mismo que como parte de todo se propone no explotar un solo recurso sino diversificar para dar tiempo a la regeneración y amortiguar el decaimiento de los recursos.

Es por eso que este trabajo busca al final conjuntar una serie de puntos que puedan llevar a la realización de un ejercicio que pueda ser un ejemplo sencillo de la diversificación tanto de procesos y de materiales, como de tecnologías y actividades.

Hoy en día nuestro planeta se encuentra en una situación que cada vez se está volviendo más problemática, el calentamiento global ha dejado de ser teoría y supuestos para convertirse en nuestra realidad.

Los cambios climáticos, el derretimiento de los polos, el incremento de nivel de los océanos, las largas sequías o las fuertes tormentas que inundan ciudades enteras son solo algunas de las consecuencias del calentamiento global.

Hoy en día la crisis que vivimos no solamente es climática si no también energética ya que las reservas petroleras aparentemente están disminuyendo a nivel mundial.

“La teoría del pico de Hubbert” predice que la producción mundial de petróleo llegará a su cenit y después declinará tan rápido como creció, resaltando el hecho de que el factor limitador de la extracción de petróleo es la energía requerida. Las discusiones sobre ésta ya no es si existe tal pico o no sino en cuándo ocurrirá este.

El año exacto del pico todavía no ha sido establecido con precisión pero basándose en los datos actuales de producción, la Asociación para el Estudio del Pico del Petróleo y el Gas (ASPO), considera que el pico del petróleo ocurrió en el 2010.

En México PEMEX tiene registros donde se puede observar que para nuestro país el año pico de producción fue en el 2004 con un promedio de 3 millones 383 mil barriles diarios. Se ha registrado una declinación anual en la producción del 4.69% esto a partir del año del pico al 2009 que su producción fue de 2 millones 660 mil barriles diarios (Imagen 1.1).

Tomando este tipo de consideraciones se puede llegar a pensar que para el 2023 el país va requerir empezar a competir por la importación del petróleo¹.

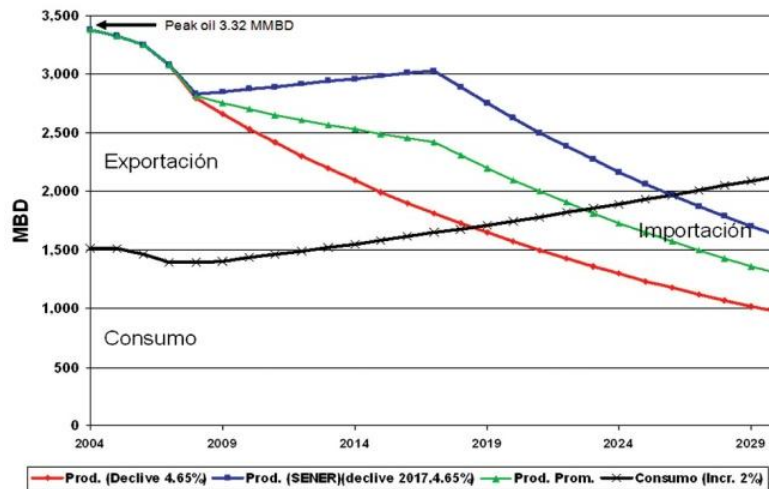


Imagen 1.1, Producción y Consumo de petróleo crudo, Fuente: El cénit del petróleo está aquí

Los datos anteriores son de la producción pero si se analiza con los datos que tiene PEMEX sobre las reservas de México se puede observar que de 1997 al 2009 estas bajaron alrededor del 30% (Imagen 1.2) de las que se tenían.

Aun estimando el potencial de posibles descubrimientos y desarrollos, por más significativos que pudiesen ser y tomando en cuenta que el tiempo requerido para desarrollar su explotación es de entre 4 y 8 años, no modificarían nada simplemente pudiesen atenuar o mantener la tasa de declinación.

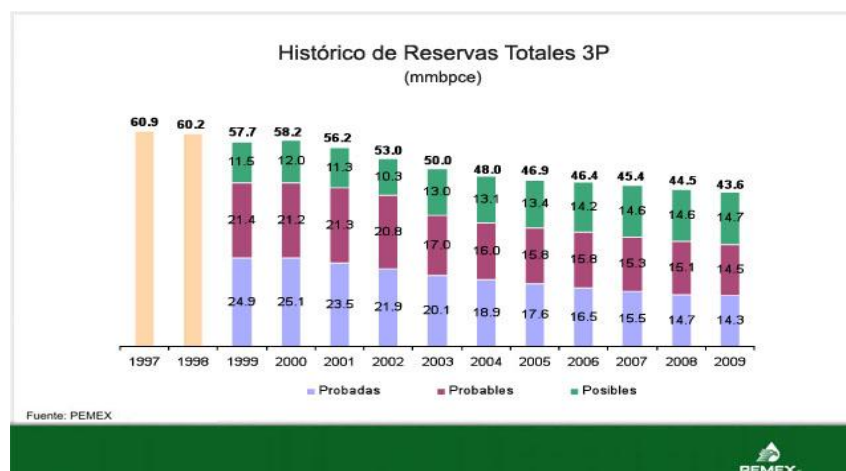


Imagen 1.2

¹ M.I. Chavarría Fernández Fernando, “El cénit del petróleo está aquí”, México, Energía a debate, 2009

Todo esto nos demuestra que la búsqueda de diferentes fuentes de energía se ha vuelto imperante y no solo para nuestro país sino para el mundo entero.

Se considera que lo que se requiere es la diversificación energética porque el ser humano tiende a encontrar una fuente y explotar esta a su máximo sin medir las consecuencias que esto puede traer, tal fue el ejemplo del petróleo.

Es por ello mismo que se deben experimentar diversas fuentes ya sea solar, hidráulica, geotérmica, nuclear, química o como la que se propone para este trabajo, mecánica.

Hoy en día se habla principalmente de la energía solar pero todavía no nos hemos puesto a medir las consecuencias que puede llevar esta, por que el componente principal de las foto-celdas solares es el silicio y para poder obtener este se produce muchos contaminantes altamente tóxicos².

Lo mismo sucede con los materiales de construcción tal es el ejemplo de los metales los cuales son obtenidos en su mayoría por medio de minas.

En la mayoría de las ocasiones la industria metalúrgica se encuentra cerca de los recursos que necesita. Esta requiere de grandes espacios para tener todas las instalaciones necesarias para sus producciones como son: altos hornos, trenes de laminación, lugares de almacenamiento, transporte interno, etcétera. Son plantas que requieren de grandes inversiones. Dentro de estas se crean elementos como lo son: lingotes, forjados, tubos, planchas de acero, hierro, aluminio u otros metales.

“La industria mundial minera metalúrgica (del hierro y el acero) es responsable de, al menos del 3.8% de la contaminación atmosférica con bióxido de carbono, y el aluminio del 1.2% de las emisiones mundiales. Esto es cerca de 1,450 millones de toneladas de gases del calentamiento”.³

La secretaría de economía declara que “México es el segundo productor de acero en América Latina y el treceavo a nivel mundial”. Con estos datos hay que tomar en cuenta que dentro de nuestro país se producen 70 millones de toneladas de gases

² Ecologistas en acción, “Impacto Ambiental”, España, El Ecologista, 2007, <http://www.ecologistasenaccion.org/article10057.html>

³ Dr. Villamar Alejandro, “Crisis Climática, Justicia Climática y responsabilidad del sector minerometalúrgico y cementero en México.”, México, Revista electrónica RMALC, 2010,pg 3

contaminantes de la industria metalúrgica, lo cual es un poco menos el doble de lo que producen los siete países centroamericanos juntos y es el quinto lugar de contaminación de todos los países de América Latina y el Caribe.

La cantidad de emisiones va en aumento, esto es debido a la gran demanda de acero que existe, tomando en cuenta los últimos registros que tiene EPA –México (Agencia de protección ambiental).

Estimación de la emisión de PCDD/F en México por producción de acero (proceso secundario)

Año	EPA-México Emisión (g TEQ/año)	PNUMA-Aire Emisión (g TEQ/año)	PNUMA-Resid. Emisión (g TEQ/año)	PNUMA Total Emisión (g TEQ/año)
1995	0.697	26.11	130.58	156.59
2000	0.805	30.16	150.81	180.97

Imagen 1.3, Fuente: Fuentes Potenciales de Contaminantes Orgánicos Persistentes de la Industria Metalúrgica, por Cristina Cortinas de Nava, Coordinadora Nacional del Proyecto para habilitar a México a formula el Plan Nacional de Implementación

En esta tabla se puede apreciar cómo es que las emisiones altamente contaminantes aumentaron drásticamente en 5 años, en 1995 estas eran 156.59 gTEQ/año y en el 2000 aumentaron a 180.97 gTEQ/año (Imagen 1.3) y estas emisiones han ido creciendo conforme la industria lo ha promoviendo.

En México, según los datos obtenidos del Instituto Nacional de Ecología (INE) en 2006, las emisiones provocadas por la industria del hierro y acero contribuían con un poco menos el 4.5 % y los metales no ferrosos con el 0.17%.

Hoy en día la mayor parte de las construcciones dependen directamente de esta industria ya que casi todas las estructuras requieren de elementos de acero, aluminio y demás elementos metálicos.

En muchas ocasiones se plantea el acero y el aluminio como materiales sustentables debido a que pueden ser reusado o en todo caso reciclado al volverse a fundir, aunque como se marca en los resultados de EPA - México este último proceso es altamente contaminante y dañino para la atmosfera como se observo en la (imagen 1.3).

Es por eso que se empieza a voltear las miradas a elementos estructurales, que tengan buenas características aunque tengan una menor resistencia a la flexión, pero tengan un ciclo de vida con un impacto mucho menor que el acero; la madera es el ejemplo primordial de esto.

Analizando materiales alternativos y observando construcciones antiguas se ha concluido que hay materiales vegetales que pueden llegar a ser mucho mejores incluso que la madera y con un impacto menor como es el caso de las bambuseas.

El problema con el uso de la madera, como elemento estructural, aparte de tener una resistencia mucho menor al acero y requerir un mayor mantenimiento, es la sobre explotación que se ha dado en los bosques provocando una deforestación masiva, principalmente en décadas recientes ya que ha desaparecido alrededor del 40% de las zonas boscosas del planeta.

La “Organización de las Naciones para la Agricultura y Alimentación” (FAO) define como deforestación como la conversión de bosques a otro uso de la tierra o la reducción a largo plazo por debajo del 10% de la cubierta forestal.

La FAO ha publicado en sus “Evaluaciones de los Recursos Forestales Mundiales” que México perdió en el periodo de 1990 a 2000 en promedio 347, 600 hectáreas arboladas anuales y entre el 2000 y 2005 se perdieron 260, 400 hectáreas anuales, con estos datos se observa que la deforestación ha ido bajando pero sigue siendo alta la cantidad de zonas arboladas perdidas.

Claro está que no todo es a causa de la construcción pero si en buena parte como se observo en la Tabla 1.1 es el 25% en la utilización de maderas, ya que esta siempre se utiliza de varias maneras durante todas las etapas del proceso constructivo.

Sobre todo cuando se explota la madera de los bosques con fines industriales, esto quiere decir a grandes escalas, y según datos obtenido de la FAO la producción a aumentado, por ejemplo el de madera acerrada, en América latina y el Caribe, hasta el 2003 tiene una tasa de incremento del 1.8% por año (Imagen 1.4). Pero también se da debido a que la producción también ha tenido una tasa de incremento de 1.6% por año (Imagen 1.5) muy parecida al de la producción. Por estás se convierte en una de la principales causas de la deforestación a nivel mundial.

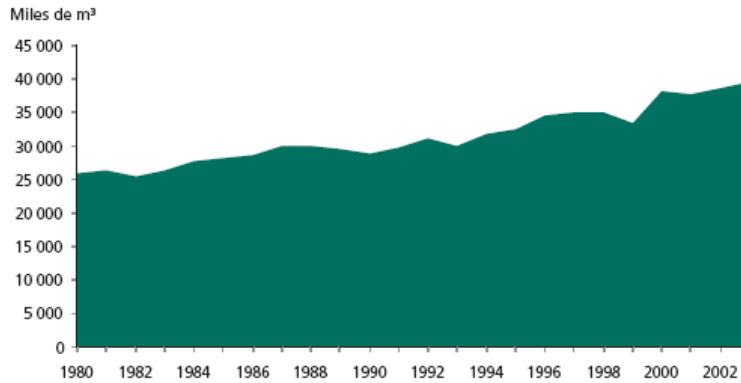


Imagen 1.4, Evolución de la producción de madera aserrada en América Latina y el Caribe, Fuente: FAO

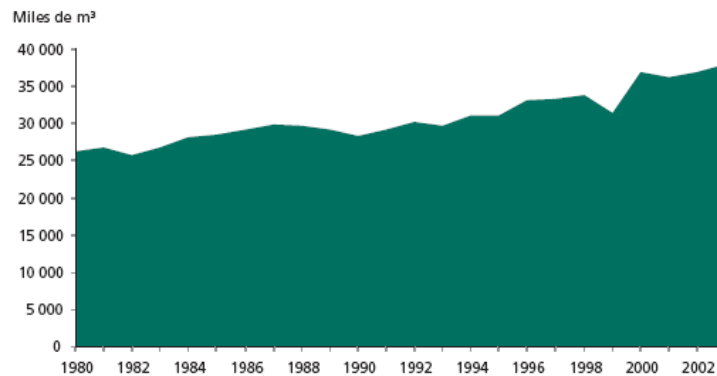


Imagen 1.5, Evolución del consumo de madera aserrada en América Latina y el Caribe, Fuente: FAO

Es por ello que se han estado buscando materiales alternativos a esta; un buen ejemplo de un material de sustitución, el cual es el que se está proponiendo para este proyecto, es el bambú.

Esta es una planta que tiene un papel primordial como material de construcción en muchos países de Asia, América y África, donde es aplicado en viviendas, puentes, cubiertas y diversos tipos de edificaciones tanto formales como informales. Esta es la planta más intensa y extensamente haya sido utilizada en la naturaleza, para fabricar cientos de productos derivados, pasando a constituir un recurso fundamental para la subsistencia de millones de personas.

Además que el bambú abunda en grandes cantidades en nuestro país, y si se tiene en cuenta que un pino demora 40 años en producir un metro cúbico de madera y el bambú tarda alrededor de 6 años, es lógico que esté último es una opción mucho mas sustentable.

El tener conocimiento de las consecuencias que tiene realizar una construcción permite contar con un mayor número de posibilidades de aplicar soluciones en beneficio del medioambiente, sin afectar el objetivo principal por el cual se está realizando la construcción, esto se puede lograr aprovechando al máximo los recursos naturales y un mínimo de consumo de energía.

Es por ello que se ha buscado soluciones para poder contrarrestar o disminuir estos problemas y una de las respuestas más atractivas de las teorías del desarrollo actual es la que se ha denominado como "desarrollo sustentable". Nace como una propuesta que se opone al actual modelo de desarrollo que ha mostrado síntomas de agotamiento.⁴

Este debe tener una visión integral, en el que intervienen tres elementos de igual importancia entre sí, estos son ambiente, economía y sociedad (Imagen 1.6)

La relación que tienen los tres elementos es de carácter dinámico. Se debe recordar que la sociedad depende de la economía y esta depende del ambiente. Por lo tanto, si contamos con un ambiente sano y pleno de recursos naturales puede existir una economía viable y con ella, una sociedad justa.

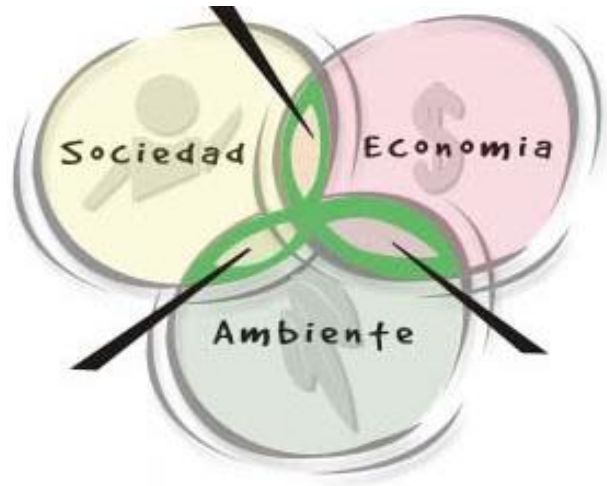


Imagen 1.6, "Sustentabilidad" fuente: Planeta sustentable

Una estrategia importante del desarrollo sustentable es dar a notar los límites del actual modelo de desarrollo que se ha manejado hasta el momento. Este está totalmente basado en la racionalidad económica y en el uso de los recursos naturales como si estos fueran inagotables. Esta teoría propone cambios principalmente en los sistemas de producción y consumo de las tecnologías dominantes, en la regulación, normatividad, organización institucional del sector público y en la percepción cultural de la sociedad. Para que el desarrollo sustentable funcione se requiere que exista una construcción progresiva, que demanda un aprendizaje social.

⁴ Rojas Orozco Cornelio, "El desarrollo sustentable: nuevo paradigma para la administración pública", México, D.R. Instituto Nacional de Administración Pública, A.C., 2003, pg. 1

La primera aparición del concepto de desarrollo sustentable surge en el Informe Brundtland en 1987, redactado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, y lo definieron de la siguiente manera: "Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades."

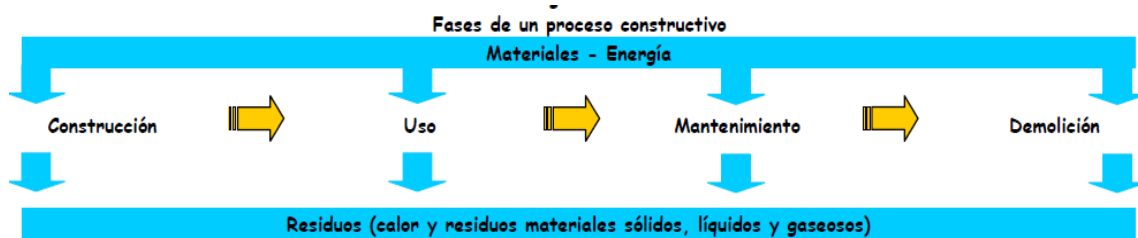
Otro punto de vista marca que lo que busca el desarrollo sustentable es mejorar el nivel y la calidad de vida de la población, en la actualidad y en las generaciones futuras. Los aspectos ambientales son una parte importante del "rompecabezas" del desarrollo.

Básicamente un desarrollo sustentable debe llevar ciertos lineamientos básicos como son:

- La cantidad con que se emplean los recursos renovables, no deben ser mayor a las de regeneración natural.
- La emisión de residuos no debe exceder la capacidad de asimilación de los ecosistemas.
- Los recursos no renovables deben explotarse de tal manera que, la tasa de agotamiento sea inferior a la de creación de sustitutos renovables.

Para lograr un desarrollo sustentable es necesario que exista una interacción interdisciplinaria, esto es debido a la incomparable complejidad de la relación entre naturaleza y sociedad.

Con respecto a los diseños arquitectónicos la sustentabilidad se refiere a que en estos se deben aplicar métodos constructivos que sean más respetuosos con los procesos naturales y biológicos de los ecosistemas. Esto debe ser durante todas las etapas: la construcción, el uso, el mantenimiento y la demolición. También deben ser considerados los factores de la cantidad de energía que se consume durante cada una de sus etapas y el de los desechos que se producen (Imagen 1.7).



Fuente: (Pilar de Zalazar, 2003)

Imagen 1.7

Uno de los criterios más importantes que se debe tener en cuenta es el uso de materiales renovables, sin tratamiento con sustancias tóxicas o que afecten a la salud. Recordemos que el objetivo principal es evitar los impactos negativos que las construcciones pueden llegar a causar.

Debido a esto es que dentro de este trabajo se plantea la utilización de tecnologías alternas tanto con lo respecta al material constructivo como a la generación de energía eléctrica para alimentar el proyecto.

El hecho de proponer métodos o desarrollos diferentes que generen un cambio dentro de la cultura que se tienen con respecto a los materiales y a las tecnologías y a su forma de utilización dentro de la arquitectura, es posible que como cualquiera de estas acciones tome mucho tiempo en concretarse.

Se considera que es correcto marcar que el valor del desarrollo tecnológico es siempre mayor al del producto final que puede ser comercializado, el cual depende factores como la disponibilidad de los recursos y de la demanda de estos mismo, y aunque el bambú ya ha sido muy utilizado dentro de la arquitectura de México, como ya se menciona con anterioridad, ha sido desprestigiado⁵ y volverlo a retomar será un proceso lento y mucho más si se ha desarrollado nuevos métodos de utilización.

Dentro de este trabajo también se busca dar a conocer el funcionamiento básico, la importancia y los beneficios de utilizar fuentes de energías renovables, ya que con esta se pueden crear nuevas alternativas para la generación de energía eléctrica, como es el caso de los generadores piezoeléctrico.

Parte de los beneficios de utilizar este tipo de tecnología es que es mucho más limpia que la convencional de combustión para producir energía, otro beneficio es que esta fuente es inagotable al ser renovable.

Aunque los generadores piezoeléctricos es una tecnología todavía en experimentación ya se ha comprobado en varios lados su eficacia.

⁵ Dr. H. Arcila Jorge, "El bambú como materia de construcción", España, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la U.P. de Catalunya, 1993, pg 31

Proponer este tipo de tecnologías no es tan fuera de lugar ya que de igual manera empezó la tecnología solar, y la energía producida por los generadores piezoeléctricos actualmente tiene un costo similar a la fotovoltaica.

Esta tecnología continúa en investigación y experimentación ya que se busca desarrollar generadores que sean mucho más eficientes, económicos y que a su vez tengan un impacto mucho menor al medioambiente.

“De cualquier manera se considera que una solución real al problema ambiental solo podrá ser concretada si se logra generar una sinergia entre todas las disciplinas y en diferentes escalas de acción, en las cuales se encaucen las distintas investigaciones y trabajos hacia solucionar los problemas ambientales que, como se ha visto, pueden tener consecuencias graves para la vida en la tierra. En lo que compete a la arquitectura la responsabilidad es enorme debido a las múltiples escalas en las que trabaja y las incidencias que la industria de la construcción tiene en el medio ambiente.”⁶

Por todo lo expuesto con anterioridad es que se ha generado este proyecto el cual tiene ciertos objetivos por cumplir para poder demostrar que existen soluciones posibles a la problemática que afecta hoy en día.

Lo que se busca de manera general es verificar cómo es que los conceptos básicos de la sustentabilidad pueden realizarse, como es que un proyecto puede dejar una menor huella en el ecosistema devolviendo a el gran parte de lo que sustrajo de este, esto significa que lo que se busca es crear un ciclo productivo.

Parte primordial de este trabajo es crear una estructura que sea diferente y se adecue a las necesidades anteriormente expuestas.

El caso de estudio será un “escenario sustentable”, el cual será móvil, para poder ser colocado en diferentes espacios para diferentes eventos culturales.

Es por ello que se plantea que la estructura de este sea de bambú ya que es un material natural que puede cumplir con el ciclo que se busca.

Se a buscará desarrollar uniones que sean factibles para poder estar llevando a cabo la acción de montar y desmontar la estructura según sea el caso necesario.

⁶ Mtro. Daniel Buzeta Busquets, Tesis: “ARQUITECTURA EN BAMBÚ, El Colihue como Elemento Resistente en Tenso-Estructuras”, Chile, Pontificia Universidad de Chile, 2005, pg. 18

De igual manera se pretende es demostrar la posibilidad alimentar el escenario de la energía eléctrica que este requiere, como mínimo para sus luminarias; se propone que esto sea de una manera autosuficiente, esto quiere decir que no requiera estar conectado de la línea general proporcionada por CFE o alguna otra empresa en caso de salir del país.

Tomando en cuenta los dos puntos anteriores demostrar cómo es que la verdadera sustentabilidad requiere de la unión de varias disciplinas, y mediante esta unión se puede llegar a mejores soluciones que tengan un efecto mucho menos perjudicial al ambiente.

Los principales punto que se buscan son:

- Demostrar la factibilidad de los generadores piezoeléctricos
- Verificar la eficiencia energética que se pueda lograr con los equipos
- Obtener el área requerida de generadores para alimentar estos equipos
- Hacer partícipe a los usuarios para que generen su propia energía
- Demostrar la factibilidad del bambú
- Utilizar un sistema de unión para la facilidad del montaje
- Demostrar que la utilización de materiales y tecnología diferente puede ser viable aparte de dar un apoyo mayo a la regeneración del medio ambiente.
- Diseñar un espacio que ayude a la disminución de equipos, y que a la vez sea agradable, confortable y útil.

2.- Sustentación

2.1.- ¿Por qué generación de energía a por medio de piezoeléctricos?

El “Consejo Mundial de Energía” (WEC), en su “Monitoreo Mundial de los Problemas Energético del 2012”, señala que en el 2010 se volvió muy común declarar que el mundo había sufrido cambios fundamentales en la última década, pero los sucesos del 2011, como el accidente de Fukushima Japón y los acontecimientos en Medio Oriente y el norte de África, pasaran a la historia y tendrán profundo efectos sobre la industria energética a nivel mundial lo cual ha provocado que se ejerza presión para poder resolver los retos que ésta tiene cómo son: La expectativa que la demanda de energética se duplique o incluso que se triplique para el 2050, la reducción de los gases invernadero en un 50% en el mismo periodo, las 1.4 billones de personas que aun se encuentran sin energía, y la mejora en la gestión de prevención de accidentes de gran escala.

Dentro del campo de las soluciones a muchas necesidades, las energías renovables y la eficiencia energética siguen siendo de gran prioridad, teniendo en cuenta que se busca que estas tengan un mayor impacto. Sin embargo se nota que se ha incrementado el interés sobre estos temas a comparación del 2010.

La WEC Marca que los problemas de Latino América son varios. Que los bienes de la energía se deben usar en desarrollos sociales y en reducir la pobreza energética. Los subsidios a ésta son importantes en los países en desarrollo principalmente para dotar de ésta a personas de escasos recursos, pero se necesita una buena política sobre estos subsidios para que no se distorsionen los precios de la energía.

También se necesita garantizar la seguridad del suministro de energía ya que los recursos no están repartidos de la misma manera en los países. Se necesitan crear, mejorar e implementar regulaciones o normas para promover el uso de sistemas energéticos sustentables.

Es decir se necesita implementar nuevas leyes o normas por la cuales se pueda lograra garantizar que todas las persona a todos los niveles económicos tengan acceso a las diferentes fuentes de energía.

En cuanto al cambio climático el reto se encuentra en lograr que las regiones traten de evitar sus sistemas de producción y su infraestructura al calentamiento global y sus grandes impactos.

En lo que concierne a México la “Secretaría Nacional de Energía” (SENER), en su “Balance nacional de energía” marca que en el 2010 la producción de energía primaria continuó una trayectoria a la baja. Ésta fue 1.8% menor que en 2009. Este comportamiento, observado en años recientes, se debe principalmente a la declinación de la producción petrolera en el país. Aun así, los hidrocarburos continúan siendo la principal fuente de energía primaria producida en el país, con una aportación de 90.2%. La energía producida a partir de fuentes renovables representó 6.9%, la energía nuclear 0.7% y el carbón mineral 2.2%.

Pero aunque la producción esté hacia la baja, el consumo de energía anual per cápita aumentó el 0.1%, esto quiere decir que en un año cada habitante en el territorio nacional consumió en promedio lo que es equivalente a 9.86 barriles de petróleo.

Las emisiones de CO₂ del sector energético aumentaron 0.5% al situarse en 407.3 millones de toneladas y la generación de electricidad tiene la responsabilidad del 28.2% del total.

Todo lo anterior simplemente confirma la necesidad de desarrollar nuevos métodos que sean más eficientes, menos contaminantes y económicamente viables para la producción de energía eléctrica.

Aunque la utilización de fuentes alternas ha ido en aumento sigue representando un porcentaje muy bajo (6.9%) y en la búsqueda de éstas, fuera de las fuentes comunes (solar, eólica, geotérmica, etc.) se han encontrado los cristales piezoeléctricos, los cuales tienen características adecuadas para la generación de energía con bajo impacto sobre el medio ambiente.¹

Es por eso que parte de este trabajo trata de generadores piezoeléctricos, fabricados con estos cristales para analizar sus características y ver la posibilidad de utilización de estos mismos. Revisar cuál sería su factibilidad técnica, económica y la capacidad de ahorro energético que pueda llegarse a lograr mediante su implementación.

¹World Energy Council, “World Energy Issues Monitor”, Reino Unido Inglaterra, World Energy Council 2012

2.2.- ¿Por qué bambú?

La industria de la construcción siempre ha sido de vital importancia para la humanidad ya que de ésta depende en gran parte su economía y desarrollo social debido a que provee las instalaciones necesarias para sus actividades.

Desde la revolución industrial el impacto de esta industria ha ido en aumento debido al gran cambio en las técnicas empleadas en la producción de los materiales de construcción. Se dio la sobre explotación de los recursos cercanos, y aumentó drásticamente las emisiones contaminantes producidas por la misma industria.

Hay estudios realizados en los cuales se puede ver que la construcción absorbe una sexta parte del consumo de agua dulce del mundo, una cuarta parte de su madera y dos quintas partes de sus materiales y energía (Tabla 2.1). Toda esta sobre explotación ha provocado fuertes efectos como son: la deforestación, contaminación del agua, del aire y del suelo, reducción del ozono estratosférico y el calentamiento global².

Tabla 2.1

Impactos de las construcciones modernas en el medio ambiente y en las personas.		
Problema.	Contribución de las construcciones al problema.	Consecuencias.
Utilización de minerales vírgenes.	40% de la arena, grava y piedra; proporción similar de otras materias procesadas, como es el caso del acero.	Destrucción del paisaje, vertidos tóxicos procedentes de minas, deforestación, contaminación del agua y del aire debido a la transformación.
Utilización de madera virgen.	25% para la industria de la construcción.	Deforestación, inundaciones, obstrucción por sedimentos, pérdidas por diversidad cultural y biológica.
Utilización de recursos energéticos.	40% del consumo total de energía.	Contaminación atmosférica local, lluvia ácida, construcción de diques en los ríos, residuos nucleares, riesgo de calentamiento global.
Consumo de agua.	16% del agua extraída.	Contaminación del agua, la agricultura y los ecosistemas compiten por el agua.
Producción de residuos.	Comparable en los países industrializados a la producción de desechos sólidos municipales.	Problemas de vertederos, tales como la lixiviación de metales pesados y la contaminación del agua.
Aire interior insalubre.	Aire de escasa calidad en el 30% de los edificios nuevos y renovados.	Mayor incidencia de enfermedades. Las pérdidas en productividad alcanzan miles de millones de dólares anuales.

Fuente: (Roodman, 1995)

El “Instituto Nacional de Ecología” marca, en el “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero”, que la industria de la construcción emite el 13% del total de CO₂ en el país, dentro del cual la contribución fue: hierro y acero 26.9%, cemento

² Mtro. Uribe Alcalá José Miguel Angel, Tesis “Incorporación de las variables ambientales sustentables a la construcción de vialidades primarias. Estudio de un caso metropolitano: Distribuidor vial Zaragoza- Texcoco.”, México, IPN Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, 2007, pg. XIII

18.8%, productos químicos 10.9%, metales no ferrosos 0.1% y otras ramas de la industria menos intensivas en consumo de energía con el 35.3%.

Para poder analizar los impactos de la industria de la construcción se divide en cinco etapas su ciclo de vida

- **Producción.-** este es desde que se empieza a crear el material, como quien dice la extracción de la materia prima, transporte a fábricas o depósitos, transformación, comercialización y transporte a sitio de obra.
- **Construcción.-** Limpieza del terreno, incorporación de materiales, empleo de energía para su colocación y producción de residuos
- **Uso.-** Empleo de energía para el funcionamiento del inmueble
- **Mantenimiento.-** De acuerdo al material será la cantidad de energía que se requiere para este.
- **Demolición.-** Cuando termina la vida útil de la construcción debe demolerse o desmantelarse, ello producirá consumo de energía y residuos los cuales pueden ser o no biodegradables, reutilizados, reducidos o reciclados.

Todo lo anterior demuestra que la industria de la construcción y las industrias que están relacionadas con esta, en gran parte son responsables de los efectos adversos que tiene hoy en día el medio ambiente, lo cual nos indica que los procesos de esta necesitan ser reevaluados y en caso de ser necesario y, dentro de lo posible, modificados o cambiados para tener un impacto mucho menor a medio.

Debido a la problemática que enfrenta el mundo de hoy en día es necesario empezar a usar materiales fuera de los que actualmente llamamos “comunes”. Materiales que su ciclo de vida tenga un impacto mucho menor, que pueda satisfacer la necesidades tanto de las grandes industrias como de la gente de escasos recursos. Como se plantearía en nuestros días que sea un recurso sustentable, en otras palabras un recurso que atienda tres caracteres importantes; económico, social y ecológico.

Es por ello que se deben empezar a promocionar el empleo de materiales con menor impacto ambiental para su uso en edificaciones, estos deben tener características como la durabilidad, recuperabilidad y recursos renovables.

Es por ello que para este proyecto se propuso el uso del bambú; que aunque dentro de la industria de la construcción y en el ámbito formal de la arquitectura ha sido sub-valorado

considerándose como material de segunda categoría, esta situación ha ido cambiando en los últimos años, en los cuales este recurso ha logrado abrir nuevos nichos.

El avance tecnológico ha permitido generar diferentes productos industrializados como vigas laminadas, pisos y revestimientos, con resultados de calidad excepcional gracias a su alta resistencia, homogeneidad y durabilidad, transformándolo en un material competitivo en el mercado.

Este material al ser un producto orgánico, de rápido crecimiento, baja energía incorporada y de gran eficiencia estructural, posee un impacto ambiental extremadamente bajo, lo cual ha permitido que se transforme en un material atractivo para quienes se inscriben en las teorías de sustentabilidad ambiental que como se menciono con anterioridad es algo que en la actualidad se debe buscar no solo por seguir una corriente si no por necesidad.

3.- Generadores Piezoeléctricos

3.1.- Energía Alternativa

La energía tiene la capacidad de adoptar distintas formas para poder ser transmitida y transformada. Se debe recordar siempre la *Ley de la Conservación de la Energía* la cual marca que "La energía ni se crea ni se destruye solo se transforma"

Las energías alternativas son las llamadas renovables, las cuales pueden ser definidas como "Energías presentes de forma potencial en la naturaleza, y con posibilidades de utilización prácticamente ilimitadas". Esto quiere decir que estas energías son aquellas cuya fuente de obtención se renueva continuamente.

La energía renovable, también llamada energía blanda, engloba una serie de fuentes energéticas que en teoría no se agotarán con el paso del tiempo. Estas son una buena alternativa para sustituir a las tradicionales ya que estas producen un impacto ambiental mínimo.

El aumento de la utilización de las energías renovables, aseguraría una generación de electricidad más sustentable en un tiempo mucho mayor, reduciendo la emisión de CO₂. Aplicadas de manera socialmente responsable, pueden ofrecer oportunidades de empleo en zonas rurales y urbanas y promover el desarrollo de tecnologías locales.

La producción de energía eléctrica es de vital importancia para nuestros días, dentro de este trabajo se enmarca la producción de esta por medios alternativos y hay en existencia varias acciones de lograr esta, como son: la química, mecánica, térmicos o por luminiscencia, presión, etc.

Nos enfocaremos a la producción de energía eléctrica por medio de presión ya que cuando esta se aplica a algunos materiales, la fuerza de la misma pasa a través del material a sus átomos, desalojando los electrones de sus orbitas y empujándolos en la misma dirección que tiene la fuerza. Estos huyen de un lado del material y se acumulan en el lado opuesto. Así cesa la presión, los electrones regresan a sus órbitas. Los materiales se cortan en determinadas formas para facilitar el control de las superficies que habrán de cargarse; algunos materiales reaccionaran a una presión de flexión en tanto que otros responderán a una presión de torsión.

Piezoelectricidad es el nombre que se da a las cargas eléctricas producidas por el efecto de la presión¹.

Es muy interesante lograr usar las cerámicas piezoeléctricas para convertir el movimiento de los peatones, vehículos y máquinas en energía verde, debido a que este tipo de tecnología termina siendo una fuente de energía alternativa con alto potencial de aplicación, y aunque todavía está en pruebas cada vez despierta más interés dentro de la comunidad de investigadores y desarrolladores.

3.2.- Efecto Piezoeléctrico

La palabra “piezo” deriva del griego que significa estrechar, apretar u oprimir. En 1880, Jacques y Pierre Curie, descubrieron una inusual característica en los cristales de cuarzo esta es que al someter el cristal a la acción mecánica de la compresión, las cargas de la materia se separan y esto da lugar a una polarización de la carga. Esta polarización es la causante de que se generen corrientes eléctricas a este fenómeno le llamaron “el efecto piezoeléctrico”.

En otras palabras este es un efecto en el cual la energía es convertida de forma mecánica a eléctrica. En específico cuando una presión se aplica sobre un cristal polarizado, la deformación mecánica resulta en una carga eléctrica (Imagen 3.1).



Imagen 3.1, Fuente: Actuadores piezoeléctricos. Por: Miguel Cúpich y Fernando Elizondo

Se necesita, para que algún material presente la propiedad de la piezoelectricidad, que este se cristalice en sistemas que no tengan centro de simetría y por lo tanto que tengan un solo eje polar. Dentro del medio cristalino existen 32 modelos o clases regulares de los cuales 21 no tienen centro de simetría. Todas estas clases menos una tienen la propiedad piezoeléctrica en mayor o menor medida.

El voltaje obtenido, el cual es necesario para exista corriente, será mayor si se utilizan láminas de cristal estrechas y de gran superficie. Estas se cortan de manera que el eje

¹ “Generación de energía eléctrica por medio del efecto piezoeléctrico”, Publicado por: Santi F, Referencia: <http://es.scribd.com/doc/34741334/Generacion-de-energia-electrica-por-medio-del-efecto-piezoelectrico>

polar cruce perpendicularmente a dichas caras. La corriente generada es proporcional al área de la placa y a la rapidez de la variación de la presión aplicada perpendicularmente a la superficie de la placa.

3.3.- Materiales Piezoeléctricos

Como es evidente y pasa en muchas de las tecnologías pasaron varias décadas antes de que se empezara a aprovechar este fenómeno y su primera aplicación comercial fue con fines de desarrollo militar en la fabricación de sonares por Paul Langevin durante la primera guerra mundial.

Después de la primera guerra mundial, debido a la dificultad de activar los transductores contruidos con cristales de cuarzo ya que estos demandaban generadores de alta tensión, se inicio la búsqueda de materiales piezoeléctricos sintéticos.

En la década de los cuarentas varios científicos se dieron a la tarea de sintetizar este material para que la obtención de este fuera más sencilla y barata. En la entonces URSS y Japón se dieron cuenta que el titanato de bario (material cerámico) en presencia de algún campo eléctrico puede comportarse como un piezoeléctrico

La evolución tecnológica de los materiales cerámicos suplantó a los materiales piezoeléctricos naturales, y expandieron en variedad la siguiente generación de materiales piezoeléctricos, usados en aplicaciones para la acústica, óptica, medicina y comunicación inalámbrica.

Los elementos piezoeléctricos son fabricados de simples cristales de niobato de litio, cuarzo sintético, y otros materiales que pueden exhibir propiedades piezoeléctricas significativamente superiores, relativo a los elementos poli cristalinos. Relativa insensibilidad a la temperatura, factores elevados de conversión de energía eléctrica y energía mecánica, entre otros atributos, hacen que ha estos materiales se les pueda dar un gran uso.

Los materiales piezoeléctricos más útiles tienen una gama crítica de composiciones en las cuales la estructura del cristal cambia y las propiedades piezoeléctricas son máximas. Estos materiales normalmente son de complejos diseños. Pero los investigadores han demostrado que un compuesto puro puede lograr ese estado bajo presión.

Un cristal piezoeléctrico se puede representar mediante un circuito eléctrico, llamado circuito eléctrico equivalente, la imagen 3.2 es un esquema de un cristal de cuarzo trabajando a una determinada frecuencia de resonancia. El capacitor C' o capacidad en paralelo, representa en total la capacidad entre los electrodos del cristal más la capacidad de la carcasa y sus terminales. R , C y L conforman la rama principal del cristal y se conocen como componentes o parámetros motional donde:

L = masa vibrante del cristal

C = elasticidad del cuarzo

R = pérdidas que ocurren dentro del cristal.

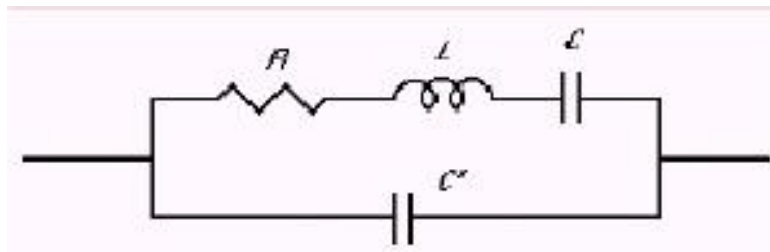


Imagen 3.2, Representación eléctrica - Efecto Piezoeléctrico (Feito García, A 2006)

El factor de calidad (Q) es una medida de la eficiencia de la oscilación. La máxima estabilidad obtenible de un cristal depende del valor de " Q ". En la figura de la impedancia del cristal, la separación entre las frecuencias serie y paralelo se llama ancho de banda. Cuanto más pequeño el ancho de banda mayor es el " Q ". Esto quiere decir que dependiendo de la cantidad de veces que el cristal sea sometido a pequeñas presiones será su eficiencia, si la frecuencia es alta y constate este será mucho más eficiente.

El uso de los materiales piezoeléctricos ha experimentado un notable auge en los años recientes, y está en rápida expansión. La capacidad que tienen de convertir la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa, ha logrado que estos se vuelvan inestimables para los transductores acústicos, como los usados en sistemas de sonar y en dispositivos clínicos de ultrasonidos, así como para diminutas bombas y motores de alta precisión destinados a aplicaciones médicas y de otros tipos.

Los micrófonos piezoeléctricos son un buen ejemplo de este fenómeno. De forma alternativa, una carga eléctrica es aplicada a un cristal polarizado, el cristal atraviesa por una deformación mecánica que puede crear una presión acústica. Un ejemplo de esto son

las bocinas piezoeléctricas, las cuales son la causa de los molestos zumbidos de las computadoras.

La energía piezoeléctrica es una forma de energías renovables cada vez más utilizada en nuestros tiempos.



<---- Chispa
(piezo-eléctrico)

Otro ejemplo son los encendedores piezoeléctricos. En su interior llevan un cristal piezoeléctrico que es golpeado de forma brusca por el mecanismo de encendido. Este golpe seco provoca una elevada concentración de carga eléctrica capaz de crear una chispa que prenderá al encendedor (Imagen 3.3).

Imagen 3.3, Encendedor Eléctrico

Los materiales piezoeléctricos de alto rendimiento también han abierto nuevas posibilidades para obtener energía, utilizando el movimiento y las vibraciones ambientales para generar electricidad donde las baterías u otras fuentes de energía son poco prácticas o no se encuentran disponibles.

3.4.- Generadores Piezoeléctricos

El tamaño de los materiales es de suma importancia, se descubrió que cierto tipo de piezoeléctricos puede convertir la vibración en energía aumentada al 100% cuando se fabrica en un diminuto tamaño, como referencia se puede decir casi 5,000 veces más delgado que un cabello humano, o 21 nanómetros de espesor. Incluso las alteraciones en la forma de las ondas de sonido podrían en el futuro ser "recolectadas" para producir energía.

Esto nos da la idea de que podemos generar grandes cantidades de energía eléctrica por ejemplo al solo caminar o al hablar.

Se han desarrollado mini-generadores energéticos que trabajan a partir de energía piezoeléctrica y que pueden generar energía a través del movimiento.

Estos están formados de pequeños cerámicos que almacenan la energía mecánica producida por un movimiento y la transforman en energía eléctrica. Protegidos con un silicones estos pequeños generadores pueden ser usados en diferentes y muy variadas situaciones o en diferentes equipos (Imagen 3.4).

Parte de estos múltiples usos ha sido consignado para crear los suelos generadores de energía, y dándoles un buen uso y colocándolos en zonas donde va haber un alto tráfico de persona o simplemente van a estar en un movimiento constante podrían servir para generar una gran cantidad de energía eléctrica.



Imagen 3.4, Alfombra Piezoeléctrica

Algunos de los coeficientes de los materiales piezoeléctricos que se deben tomar en cuenta para poder trabajar con ellos y poder armar correctamente son:

a).- *Coefficiente piezoeléctrico de carga (d)*.- La constante d piezoeléctrica es una relación de la carga eléctrica generada por unidad de área a una fuerza aplicada.

$$d_{ik} = \frac{\text{Coulombs/metros}^2}{\text{Newtons/metros}^2} = \frac{\text{Coulombs}}{\text{Newtons}}$$

$$d_{ik} = \frac{\text{metros/metros}}{\text{volt/metros}} = \frac{\text{metros}}{\text{volt}}$$

Cada una depende de donde se aplique la fuerza por ejemplo la primera formula se aplica si la fuerza es aplicada en la misma dirección en que se colecta la carga y es paralelo al sentido de polarización (Imagen 3.5), en cambio la segunda se utilizará cuando cuando la fuerza es aplicada perpendicularmente a la dirección de donde se colecta la carga y al sentido de polarización (Imagen 3.6).

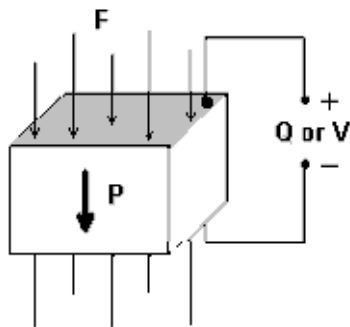


Imagen 3.5

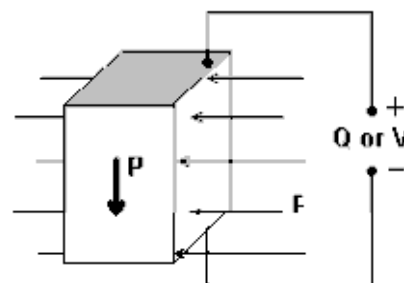


Imagen 3.6

b).- *Coeficiente piezoeléctrico de voltaje (g)*.- El coeficiente g es la relación del campo eléctrico producido a la tensión mecánica aplicada. Las formulas tienen el mismo razonamiento de uso que el ejemplo anterior.

$$g_{ik} = \frac{\text{Volt/metro}}{\text{Newton/metro}^2} = \frac{\text{Volt} - \text{metro}}{\text{Newton}}$$

$$g_{ik} = \frac{\text{metro/metro}}{\text{Coulomb/metro}^2} = \frac{\text{metro}^2}{\text{Coulomb}}$$

c).- *Factor de calidad mecánica (Q)*.- El factor Q es un número que no tiene dimensiones y que da la calidad de una cerámica como un oscilador armónico.

d).- *Coeficiente de acoplamiento piezoeléctrico*.- Este coeficiente es definido como la proporción de la energía mecánica acumulada en respuesta a una entrada eléctrica o viceversa. Es decir, es un índice de la efectividad de un material piezoeléctrico para convertir energía mecánica en energía eléctrica, y viceversa.

$$k = \sqrt{\frac{\text{energía mecánica acumulada}}{\text{energía eléctrica aplicada}}}$$

$$k = \sqrt{\frac{\text{energía eléctrica acacumulada}}{\text{energía mecánica aplicada}}}$$

Para llevar a cabo la realización de un generador piezoeléctrico en forma de un tapete (Imagen 3.4), basándose en investigaciones previas, se plantea un sistema el cual contenga condensadores e ignitores piezoeléctricos y estos estén conectados en paralelos se puede producir un voltaje, y si después el sistema es sometido a esfuerzos mecánicos, provocados por una presión sobre este², le permitirá generar una corriente eléctrica y esta a su vez será almacenada en un conjunto de capacitores para ser utilizada después.

² Estos esfuerzos mecánico, según las investigaciones anteriores, pueden ser como por ejemplo: el caminar, el paso de carros, de trenes, brincos, etc. hay varias aplicaciones.

Tomando en cuenta sistemas previamente realizado y comprobados se propone colocar sobre una superficie cuadrada una serie de discos piezoeléctricos así como una serie de ignitores piezoeléctricos los cuales como se planteo con anterioridad estarán conectados en paralelo, de igual manera estos materiales piezoeléctricos estarán conectados con un circuito de varios capacitores los cuales almacenaran la energía que se produzca. Para poder proteger el sistema se propone colocar sobre los discos e ignitores una lamina de acrílico flexible o una capa delgada de caucho que permita la libre contacto con los materiales piezoeléctricos y estos puedan ser sometidos al esfuerzo de presión provocado, en este caso, por el peso de una persona.



Imagen 3.7, Fuente: Pisando y Generando.

Se sugiere el sistema tenga un tamaño determinado para poder realizar un módulo base y estos se puedan ir aumentando o disminuyendo de acuerdo a la cantidad de generación de energía que se requiera dentro del escenario.

El voltaje real que puede producir un generador lo podemos ver en la siguiente fórmula:

$$V = -(g33hT)$$

Donde:

- V= voltaje
- g33 = constante de voltaje del piezoeléctrico
- h = altura (grosor) del elemento cerámico
- T = presión sobre el elemento

La presión sobre el elemento será la de una persona promedio al caminar y esta se obtiene de la siguiente manera:

$$P = F \div A$$

Donde:

- A = area total
- F = la fuerza ejercida.

Aunque lo que se necesita obtener son los watts generados ya que es la potencia a la que funcionaran contantemente los equipos

Partiendo de que las luminarias más eficientes para escenarios que se han encontrado tienen diferentes consumos, las de menor han sido alrededor de 150 watts y las de mayor han sido de 750 watts de potencia, se verá la cantidad que se requieren de estas y se obtendrá el total de watts requeridos dentro del escenario y eso nos dará el número de módulos necesarios por lo tanto el área requerida para la generación de esta.

Una vez obtenido el número de módulos a utilizar estos formaran un sistema el cual estará conectado directamente a un número de baterías, la cantidad de estas dependerá de la cantidad energía requerida. Dentro de estas se irá acumulando la energía generada.

La energía generada no va estar mucho tiempo almacenada dentro de las baterías ya que esta va a estar en un uso constante y directo con los equipos que la requieran, lógicamente en el momento en que deje de haber movimiento de personas parará la generación eléctrica, y es por esto último que se encuentra razonable la factibilidad de usar baterías como respaldo y tener un flujo más constante de energía como quien dice estas simplemente estarán de respaldo.

Para el cálculo de la cantidad de baterías se requiere tener presente diferentes factores dados tanto por los fabricantes de estas mismas como por los equipos que se van a utilizar dentro del caso estudio:

- La cantidad de watts demandados por lo equipos (W)
- El tiempo que los equipos tienen que funcionar sin la generación (el movimiento de la gente)(t)
- La capacidad nominal del banco de baterías (C)

$$C = W \times t$$

- Factor de profundidad de descarga (generalmente 80%, se deja un 20% de reserva en las baterías)

- Capacidad corregida del banco de baterías (C_c)

$$C_c = C \div 80\%$$

- Capacidad nominal de batería (según especificaciones del fabricante)(Ah)
- Número de baterías

$$N = C_c \div Ah$$

La construcción de los dispositivos convenientes para lograr la generación de energía por medio del Efecto Piezoeléctrico, no resulta ser de un procedimiento que requiera demasiado tiempo para ello, ni tampoco requiere de una gran aplicación de técnicas de construcción.

3.5.- Generadores Existentes

A pesar de que la construcción de estos generadores piezoeléctricos no es un procedimiento que requiera de demasiado tiempo ni gran aplicación de técnicas constructivas se propondrá el uso de generadores ya existentes debido a que su gran eficiencia ya ha sido probada en campo, estos tendrán las características anteriormente propuestas de su fabricación.

La compañía israelí “Innowattech” has estado diseñando nuevos generadores piezoeléctricos los cuales ya han sido probados en campo. Estos poseen habilidades únicas para captar energía a partir del peso, movimiento, vibraciones y cambios de temperatura. Hay generadores específicos para carreteras, vías férreas, pistas de aterrizaje y circulación de peatones.

Aunque sus mayores pruebas han sido en aplicaciones destinadas a carreteras también tienen generadores para zonas peatonales, la compañía está produciendo generadores piezoeléctricos que se instalan en andadores ampliamente transitados produciendo electricidad cuando los transeúntes sobre de ellos.

Dentro de las pruebas en campo que se han realizado, con estos equipos, los resultados obtenidos son de eficiencias muy altas, esto es debido a que en promedio se ha logrado generar alrededor de 1Kwh en una hora a lo largo de 100m de generadores instalados en un corredor muy transitado.

Con estos datos y las potencias de las luminarias sugeridas se puede obtener un área de uso en la cual se pueden repartir los metros de generadores requeridos, aunque faltará realizar un último ajuste ya que las características del equipo no proporciona la potencia que genera³.

Si las características de las luminarias son:

Luminarias	potencia (W)	cantidad	W totales
Source Four Par	750.00	5	3,750.00
Cabezal Programable	150.00	6	900.00
Fresnel	250.00	6	1,500.00
Elipsoidal Source Four	750.00	6	4,500.00
	total	23	10,650.00

Como se observa se tiene un total de 10,650.00 W si consideramos que el evento dura 5 horas y tenemos un factor de uso del 70% debido a que no todas las lámparas estarán encendidas todo el tiempo se tendría que:

$$\text{factor de uso del 70\%} = 7.455 \text{ Kwh}$$

$$7.455 \text{ Kwh} \times 5h = 37.275 \text{ Kwh}$$

$$37.275 \text{ Kwh} \times 100 \text{ m} = 3,727.5 \text{ m}$$

Teniendo esto nos resulta que se requiere 3,727.5 m de generadores los cuales pueden ser repartidos en un área uso de alrededor de 1,118.52m² esto puede variar de acuerdo al acomodo que se le dé pero es una aproximación solo faltaría hacer los ajustes de acuerdo a la potencia.

La cantidad de baterías o acumuladores, como se menciono anteriormente, se puede obtener por la cantidad de watts a utilizar, la diferencia con el cálculo para energía solar es el tiempo ya que estas realmente duran días por lo que se considerará mejor la capacidad de corriente (cc) dividiendo la potencia entre el voltaje de la batería y se le agregará un factor de seguridad de 1.2 que es el que normalmente se ocupa que el 20% del respaldo.

³ <http://www.wejew.com/files/24d5e1cf80255b42.swf> de esta página es la referencia de de donde se obtienen las características de los generadores piezoeléctricos

La batería recomendada es “*i-POWER*” debido a que, según datos dados por el productor, han sido fabricadas bajo altos criterios de calidad, dando las máximas prestaciones.

Las principales características eléctricas, que es por lo que se están recomendando estas baterías, son la baja autodescarga, el elevado rendimiento eléctrico, el mínimo mantenimiento, el reducido consumo de agua, la facilidad de carga, las placas de rejilla especialmente diseñadas, el recipiente de material plástico de elevada calidad y su fácil instalación⁴.

La batería que se recomienda específicamente es el modelo “*PS – 250*” y sus datos de catalogo que se utilizaran son:

CAPACIDAD NOMINAL		
C ₁₀ 1,85Vpe	C ₂₀ 1,85Vpe	C ₁₀₀ 1,85Vpe
196Ah	225Ah	249Ah

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tensión nominal	12V
Largo	518mm
Ancho	291mm
Alto	242mm
Peso	62,8Kg
Peso ácido (aprox)	16,0Kg
D.O.D recomendada	15%
D.O.D máxima	35%



Se utilizará para efectos de cálculo y de disminución de número de baterías la que tiene la capacidad nominal de 249 Ah; teniendo esta información nos queda que:

$$10,650 \text{ W} \div 12 \text{ V} = 887.5 \text{ A}$$

$$887.5 \text{ A} \times 1.2 = 1065$$

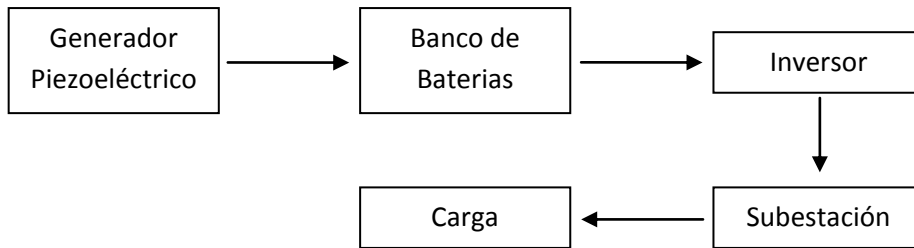
$$1065 \div 0.8 = 1331.25 \text{ C}_c$$

$$1331.25 \text{ C}_c \div 249 \text{ Ah} = 5.34 \therefore 6 \text{ baterías}$$

Con esto se deduce que serán 6 baterías con dimensiones de 51.8 x 29.1x24.2 cm.

⁴ Esta información viene dentro del “Catalogo I-Power” de “Gama PS” junto con las características de las baterías que se recomiendan

El circuito que se propone es el siguiente:



Todo lo anterior es la propuesta para poder alimentar únicamente las luminarias del escenario propuesto, si lo que se busca es alimentarlo completamente se tendría que obtener los datos de consumo de todo los equipos eléctricos que se usaran en el escenario para poder considerar la cantidad de generadores piezoeléctricos y las baterías lo cual, por espacio, es factible ya que estos se pueden colocar desde las calles y banquetas aledañas o por donde halla movimiento constante.

Suponiendo que, de acuerdo a datos de la empresa israelí “Innowattech”, la energía producida por los generadores piezoeléctricos cuesta alrededor de 10 ¢ de dólar por Kwh esto quiere decir que por el total del evento costaría alrededor de 3.73 dólares, claro esto se habla únicamente del precio del Kwh habría que aumentar el costo de los generadores, baterías, circuitos y demás elementos pero la empresa calcula que el retorno de la inversión normalmente va de 6 a 12 años, dependiendo de la circulación de la gente, en contra de los generadores de petróleo que marca tenían un retorno de 10 a 13 años aclarando que este estudio ya debió haber cambiado porque esto es cuando el barril de petróleo costaba 60 dólares hoy en día debe ser el doble del costo por lo tanto de la inversión y tiempo. ⁵

En conclusión se sabe que al proponer el uso de una fuente alternativa de energía no es del todo económico por el contrario representa una inversión considerable, pero que a largo plazo resulta ser mucho más factible reduciendo costos, y si no eliminando, si minimizando el uso de energía no renovable que es uno de los objetivos principales de este estudio. El uso del Efecto Piezoeléctrico no es la excepción, pues tiene un costo relativamente elevado, pero como ya se ha mencionado antes a largo plazo resulta mucho más barato y con un impacto mucho menor al medio ambiente mejorando el ciclo de vida y reduciendo consumos de materiales fósiles y no renovables.

⁵ Datos tomados de “Innowattech - energy harvesting system” ficha técnica general de los generadores

4.- El Bambú

4.1.- Materiales alternativos

Mucho tiempo el ser humano construyó con materiales que provenían directamente de la naturaleza, como es la tierra, la madera, la piedra, restos vegetales, etc., estos fueron de uso común para crear sus templos, viviendas, palacios, caminos, etc.

Los materiales alternativos pueden ser naturales, artificiales o reciclados.

En alguno de estos materiales, como ya se menciono, existe un amplio conocimiento en su uso y aplicación en cambio hay otros que aunque ya han sido usados se tiene muy poca experiencia en su uso.

Este tipo de materiales tienen en mayor o menor medida características que los hacen más amigables al medio ambiente ya sea porque son reciclables, biodegradables, requieran poca energía para su producción, sean económicos o que no se necesita la mano de obra especializada en su aplicación.¹

En la actualidad, existe una constante búsqueda en el desarrollo de nuevos materiales para la construcción que logren cumplir eficientemente con las crecientes necesidades de los mercados, materiales que satisfagan la enorme y creciente demanda constructiva y que al mismo tiempo sean sustentables.

La sobreexplotación sin medida de la madera y de otros recursos de los bosques ha traído como consecuencia que la mayor parte de los países en América realicen la búsqueda de materiales alternativos para la construcción de toda clase de equipamientos.

Es por ello que para este trabajo se propuso la utilización del bambú ya que su incorporación en la arquitectura, además de contribuir a ampliar la gama de materiales constructivos que sean orgánicos y no contaminantes, tiene como características primordiales una serie de beneficios tanto de vista ambiental como desde el estructural, económicas y sociales; esto quiere decir que este es un material altamente sustentable.

Por lo anterior este material resulta ser el más adecuado para la estructura que se necesita para el escenario que se plantea.

¹ Fabian Acosta, Fabian Alfonso, Ines Aguirre, Emilia Bene, revisado por Arq. Fernando Tomeo- Bach, Arq. Gimena Sellanes- Bach, Arq. Andrés Alonzo, "Materiales Alternativos", España, 2008, pg. 2

4.2.- Bambú



Imagen 4.1. "Varias especies de bambú"
Fuente: bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales.

El Bambú es un "pasto gigante". Sus muchas especies se encuentran en clima trópico y templado en Asia, América y África. Algunas especies son tan pequeñas que se las puede comer pero otras son muy grandes y resistentes.

En general, el bambú crece muy rápidamente y puede llegar a una altura de 10m a 20m en menos que un año. Tiene la forma de un tubo ligeramente cónico y el diámetro exterior puede variar de 3cm a 25cm según la especie (Imagen 4.1).

Desde tiempos inmemorables el hombre ha utilizado una gama de diferentes especies de bambú, como materia prima para sus casas, sus balsas, sus puentes, sus armas, herramientas y comida.

Siendo también una de las plantas típicas del hábitat tropical litoral en África oriental, que conforma la cuna del hombre, se puede asumir que el bambú forma parte del primer "Kit" de herramientas de la humanidad. En algunos museos Etnológicos se encuentran vestigios de una gran gama de herramientas y armas, flautas etc., confirmando el uso universal de los tallos huecos².

Siendo el bambú una vara hueca era más fácil de cortar con un bifaz o un hacha de piedra (golpeando justo encima de un anillo), que los troncos macizos de árboles de madera de un similar diámetro, también era más fácil de transportar.

En muchos países tropicales, tanto en zonas rurales como en invasiones urbanas, la vivienda es todavía construida en buena parte con bambú. El bambú no tiene la mejor fama debido al cambio cultural y el olvido de los métodos de curado y de preservación natural y a pesar que la preservación de este con bórax es una solución económica y confiable nadie aprecia una casa de vivienda social en Bambú, ni piensa quedarse mucho tiempo con su casa tradicional por el rechazo social. Por el contrario en otros estratos

² Jörg Stamm *Asesor técnico internacional de Bambú*, "La evolución de los Métodos constructivos en Bambú", Colombia, Segundo congreso mexicano del bambú, 2008, pg. 2

sociales se encuentra recientemente un nuevo auge de la arquitectura con materiales naturales.

El bambú está en la mira de arquitectos modernos, las universidades investigan el comportamiento estructural. La clientela está dispuesta a pagar precios justos por una construcción natural y sana, pero con todas las garantías estructurales. El bambú es muy a menudo considerado como una madera hueca y los “sistemas constructivos” de la carpintería tradicional se prestan en muchos casos para la aplicación a este tubo largos. Pero más allá de componer simples estructuras de poste y viga se pueden diseñar estructuras con una lógica innata a este tallo largo y liviano.

4.3.- El Bambú en Asia

En la mayoría de los países asiáticos la estructura principal en las construcciones era de bambú, el cual también se utilizó en la construcción de cubiertas, tableros, muros interiores y exteriores

En India aprovecharon su elasticidad construyendo en sus viviendas arcos y bóvedas que son la base para formar la cúpula de bambú de la cual se derivaron las diferentes cúpulas que hoy son símbolos de la arquitectura hindú.

En china se utilizó de diámetros pequeños para reforzar las paredes de adobe, así como en la construcción de puentes colgantes en donde se emplearon cables hechos de bambú, cuya resistencia es tan grande, que con ellos se lograron cubrir distancias superiores a los 75 m

En Japón se usa en viviendas y jardines como elemento decorativo, en celosías, rejas de ventanas y cercas, en la actualidad gracias a la tecnología se producen nuevos materiales apartir del bambú tales como las baldosas para pisos y paneles contrachapeados³.

4.4.- El Bambú en América Latina

Ante de la llegada de los españoles las construcciones debieron ser realizadas con materiales orgánicos (bejucos, hojas, bambúes, maderas, etc.), los primero vestigios que se tienen sobre el empleo de bambú en la construcción de viviendas en América data de hace 9500 años y fueron encontrados en Ecuador.

³ Mtra. Flores Carranza Carmina, Tesis “Bambú: Una alternativa constructiva en México”, México, UNAM, 2009, pg 24

De acuerdo a la información de los cronistas del siglo XVI, existían inmensos bosques de cañas de bambú gigante que llamaron “cañaverales”; estos estaban distribuidos en las cuencas de los grandes ríos desde el sur de México, Centro y Sur América.

En Perú la ciudad de Chanchan fue la más prominente en construcción con piedra, adobe y bambú.

Con la llegada de los Españoles a Colombia, se introdujeron nuevas técnicas de construcción la cuales se fueron aplicando poco a poco en las construcciones de bambú. En la actualidad sigue siendo el país latinoamericano que mayor y más diversos usos le sigue dando para la construcción.

En Costa Rica, en 1986 comenzó el “Proyecto Nacional de Bambú” el cual tiene un nuevo enfoque tecnológico para ayudar a prevenir la deforestación; la idea consiste en sustituir la madera en la construcción por otro material económico y adecuado para la zona sísmica.

Bolivia tiene en gran parte de su territorio la especie de bambú “tacuara” por lo que se han hecho varias propuestas para incentivar y crear conciencia sobre el uso de este en la región⁴.

4.5.- El Bambú en México

En México existen alrededor de 36 especies que crecen de manera silvestre (Imagen 4.2) pero a estas se le pueden sumar unas 30 introducidas principalmente desde los viveros de bambú de Estados Unidos, aunque se dice que se han introducido más de 100 especies exóticas.



Imagen 4.2, Fuente: Cortés Rodríguez, G.R. 2000. Los bambúes nativos de México. CONABIO. Biodiversitas 30:12-15

El potencial de este ha sido limitadamente explotado por razones históricas, culturales y económicas, generalmente la planta es denigrada y combatida por que se le considera una plaga, particularmente en la zonas donde se cultivan café, plátano, tabaco y cacao, y se cría extensivamente ganado.

⁴ Mtra. Flores Carranza Carmina, Tesis “Bambú: Una alternativa constructiva en México”, México, UNAM, 2009, pg 25

A pesar de estar registradas las especies de bambú existentes en el territorio nacional, hay un enorme vacío de estudios respecto a su cuantía y distribución precisa, así como sus propiedades físico-mecánicas y sus aplicaciones en la construcción, ya que su uso está restringido a las áreas del país donde crece de manera silvestre.

A mediados del siglo XIX la introducción de nuevas formas de explotación agrícola y de cultivos dirigido al creciente comercio de exportación iniciaron la masiva transformación del paisaje de muchas regiones de México, por lo que la zonas donde crecía el bambú en forma natural fueron mayormente alteradas, este fue expulsado y destruido, ya que nos se le consideraba un recurso aprovechable ni redituable.

Sin embargo el interés que el cultivo de bambú ha despertado en el mundo en las últimas de décadas dadas sus posibilidades de sustituir a la madera en la construcción, elaboración de mueble, etc. ha empezado a encontrar un cierto eco en México iniciándose plantaciones o proyectos de estas en los estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca, y Jalisco.

En un análisis retrospectivo se observa que el uso del bambú para vivienda en México no es ninguna novedad, es una costumbre utilizada por numerosos pueblos mucho antes de la conquista. Los Totonacas en Veracruz, los Huastecos en Hidalgo y Tamaulipas, los aztecas y teotihuacanos en el centro de México, y los Mayas-Chontales en Tabasco, han construido con este material, y algunos grupos indígenas lo siguen haciendo en estos días.

El uso del bambú en los asentamientos prehispánicos se observa principalmente en Teotihuacan, Mitla, Monte Alban y el Tajín, ya que se disponía de este material abundantemente⁵.

4.6.- Tipos de bambús en México

Olmeca es un género con dos especies presentes y endémicas de México, caracterizado por presentar frutos carnosos, habita las selvas húmedas de Veracruz y Chiapas, teniendo hasta hace algunos años su mayor presencia en las selvas altas de la región de Uxpanap.

⁵Mtra. Flores Carranza Carmina, Tesis “Bambú: Una alternativa constructiva en México”, México, UNAM, 2009, pg 26

Las cinco especies del género *Guadua* que habitan en México, son las más grandes y frondosas de los bambúes mexicanos. En particular, *G. aculeata* llega a medir 25 m de alto y tener un diámetro de 25 cm; ha sido utilizada tradicionalmente en la construcción de viviendas rurales, principalmente en el norte del estado de Veracruz y Puebla para formar las paredes y travesaños de las casas. La presencia de espinas en los nudos de tallos y ramas es una característica para distinguir las especies de *Guadua* de los otros bambúes nativos.

Chusquea es el género de bambúes más diverso en el mundo; es un género americano que incluye unas 200 especies, 17 de las cuales se encuentran en México, y habitan principalmente las montañas húmedas de Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Jalisco, aunque se ha encontrado una especie que vive en las montañas de Nuevo León. *C. muelleri*, *C. perotensis*, *C. bilimekii*, *C. circinata*, *C. aperta*, *C. repens* y *C. glauca* son endémicas de México y en algunos casos sólo se conocen de poblaciones confinadas a uno o dos sitios.

Rhipidocladum es un género con cuatro especies en México que se distribuyen desde Tamaulipas hasta los límites con Guatemala; es un género cuyas especies son más o menos abundantes. De *R. martinezii* sólo se ha encontrado una población, en el volcán Tacaná, afortunadamente en flor.

Otatea tiene dos especies, y es el bambú leñoso y nativo de México más abundante en cuanto a sus poblaciones; ocupa grandes superficies en donde muchas veces es la única planta que crece. *O. acuminata* es la especie más utilizada por las poblaciones rurales de México, pues con sus tallos se construye el bajareque (mezcla de tallos de esta especie con lodo y zacate) que sirve como paredes de viviendas tradicionales principalmente en los estados de Jalisco y Veracruz.

Del género *Aulonemia* tenemos tres especies que habitan principalmente las montañas húmedas de Oaxaca, Veracruz y Chiapas; se trata en general de bambúes con su tallo principal no mayor de 3 cm de diámetro, y son plantas poco conocidas por los botánicos y poco abundantes en los lugares donde crecen. Dos especies son endémicas de México: *A. fulgor* y *A. laxa*⁶.

⁶ Cortés Rodríguez, G.R. 2000. "Los bambúes nativos de México". CONABIO. Biodiversitas 30:12-15

Es necesario destacar que como otras muchas especies vegetales, algunas de las poblaciones de bambú silvestre corren el riesgo de desaparecer debido a la tala inmoderada de nuestros bosques y selvas.

Es posible que la cantidad de especies en México aumentara si se llevara a cabo un estudio más minucioso de estas, principalmente las de Chiapas, Oaxaca y Veracruz donde se encuentra el mayor número de las especies. Lo importante que se tiene que se tiene que continuar exploración de las especies nativas e iniciar un estudio acerca de las que pueden ser utilizables comercialmente, basándose en el uso tradicional de las poblaciones humanas.

GENEROS Y ESPECIES DE BAMBUES NATIVOS DE MEXICO			
Aulonemia	A. <i>clarkiae</i> Davidse & Pohl. A. <i>fulgor</i> Soderstrom * A. <i>laxa</i> (Maekawa)McClure *	Merostachys	M. <i>afin pauciflora</i> *
Arthrostylidium	A. <i>excelsum</i> Griseb.	Olmeca	O. <i>recta</i> Soderstrom * O. <i>reflexa</i> Soderstrom *
Guadua	G. <i>aculeta</i> Rupr. Ex Fournier G. <i>amplexifolia</i> J.S. Presl. G. <i>longifolia</i> (Fourn.) R. Pohl G. <i>paniculata</i> Munro. G. <i>velutina</i> Londoño & Clark *	Otatea	O. <i>acuminata</i> (Munro) Cald. & Sod. O. <i>acuminata</i> ssp. <i>acuminata</i> O. <i>acuminata</i> ssp. <i>aztecorum</i> O. <i>fimbriata</i> Soderstrom O. <i>glauca</i> L.Clark & Cortés *
Chusquea	C. <i>aperta</i> L.Clark * C. <i>billimekii</i> Fournier * C. <i>circinata</i> Soderstrom & Calderón * C. <i>coronalis</i> Soderstrom & Calderón C. <i>foliosa</i> L.Clark C. <i>galeottiana</i> Ruprecht ex Munro * C. <i>glauca</i> L.Clark * C. <i>lanceolata</i> A.Hitchcock C. <i>liebmannii</i> Fournier C. <i>longifolia</i> Swallen C. <i>muelleri</i> Munro * C. <i>nelsonii</i> Scribner & J.G. Smith C. <i>repens</i> L.Clark & Londoño * C. <i>repens</i> ssp. <i>repens</i> C. <i>repens</i> ssp. <i>oaxacacensis</i> C. <i>perotensis</i> L.Clark, Cortés & Cházaro * C. <i>pittieri</i> Hackel C. <i>simpliciflora</i> Munro C. <i>sulcata</i> Swallen	Rhipidocladum	R. <i>racemiflorum</i> (Steud.)McClure R. <i>bartlettii</i> (McClure)McClure R. <i>pittieri</i> (Hackel)Mc.Clure R. <i>martinezii</i> Davidse & R. Pohl. * * Endémicos

Tabla 4.1, Fuente: "Los Bambúes Nativos de México" realizado por Gilberto R. Cortés Rodríguez, Instituto Tecnológico de Chetumal. Julio - 2007

4.7.- Ventajas y desventajas como material constructivo

El bambú tiene muy buenas cualidades físicas para un material de construcción:

- Es un material liviano que permite bajarle el peso a la construcción y que es un factor muy importante para construcciones resistentes al sismo y movimientos horizontales.
- Especialmente sus fibras exteriores la hacen muy resistente a fuerzas axiales.
- La relación entre peso - carga máxima y su forma tubular apto para fuerzas axiales lo convierten en un material perfecto para estructuras espaciales en donde trabajan solamente dichas fuerzas axiales.
- El rápido crecimiento del bambú lo hace económicamente muy competitivo.

En el contexto ecológico el uso del bambú juega un papel muy importante:

- El bambú es un recurso renovable y sostenible.
- Su rápido crecimiento y la alta densidad de culmos por área significa una productividad muy importante de la tierra y una biomasa considerable.
- El bambú se utiliza como planta de reforestación.
- Si el bambú lograra reemplazar la madera o el acero en algunos construcciones, la tala de la selva tropical se disminuiría por una demanda que cambiaría.
- La manipulación del bambú desde el lugar donde crece hasta la obra necesita muy poca energía; la diferencia de la cantidad de energía y gastos que se necesita en su proceso es muy grande con respecto al acero u otros materiales en obras parecidas.

Inconvenientes propios del bambú⁷:

- La resistencia a fuerzas perpendiculares a las fibras (cortante) es muy baja lo que significa que el bambú tiene tendencia de rajarse fácilmente paralelo a las fibras.
- El bambú coge fácilmente fuego y como es vacío se quema rápido.
- El comportamiento del bambú puede variar mucho con respecto a la especie, al sitio donde crece, a la edad, al contenido de humedad y a la parte del culmo o de la sección que uno esté utilizando.

⁷ Esto tres grupos de características tienen la misma referencia: Arq. Tim Martin Obermann, Ing. Civil Ronald laude "Bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales.", Colombia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2004, pg. 6

- Aún no existe ningún código oficial que ofrezca una norma de clasificación para el uso estructural del bambú.
- Se necesita un buen mantenimiento para la durabilidad.

Varios de los inconvenientes del bambú pueden ser subsanados como⁸:

- Dimensiones Variables.- Es difícil obtener cañas bien ajustadas a un dado standard de dimensiones. Por esta causa, el proceso o fabricación en bambú no puede ser mecanizado fácilmente, y generalmente su utilización queda dentro del campo del artesanado.

Cuando hay una provisión ampliamente suficiente de cañas, las desventajas de esta variabilidad pueden ser superadas, hasta cierto punto, mediante especial cuidado en la selección y clasificación del material. Una compensación mayor puede obtenerse prestando especial atención al desarrollo de alta destreza del corte y de la clasificación de las piezas.

- Superficies disparejas.- El empleo de ciertos bambúes se hace difícil por la irregularidad y sus arqueamientos de las cañas, la prominencia de los nudos, la desigualdad de medidas y formas, y la proporción de variación longitudinal del ancho. La desigualdad y la conicidad, más marcas hacia el extremo superior de la caña, pueden hacer difícil obtener una construcción ajustada, a prueba de la intemperie y los insectos.

Para superar los efectos de la desigualdad se puede seleccionar los bambúes pensando en las exigencias de su empleo. Las diferentes partes de cada caña pueden ser clasificadas de acuerdo con sus características dominantes, y las cañas pueden ser cortadas de acuerdo con tales bases. Los diversos cortes pueden separarse en grupos de acuerdo con los fines para los cuales sean más adecuados. Las cañas curvadas o en zig-zag pueden ser empleadas cuando la forma no es importante, o donde pueden proporcionar un efecto artístico. Los procedimientos especiales, tales como la eliminación de nudos en las cañas enteras, pueden permitir la obtención de conductos herméticos

- Extrema hendibilidad.- Con excepción de los bambúes de paredes gruesas tales como el bambusa tulda y dendrocalamus strictus o aquellos de madera

⁸ “El Bambú como Material de Construcción”, Colombia, F.A. McCLURE, 1966, pg. 11

relativamente blanda, tales como ciertas especies de Guadua, los bambúes tiene tendencia a rajarse fácilmente, tendencia que proscribe el empleo de clavos. Ello también limita el tipo de técnicas adecuadas para la construcción o unión de las unidades estructurales.

Se pueden hacer los cortes terminales más allá de los nudos, cuando sea posible. (Los nudos tiene mayor coeficiente de resistencia al esfuerzo de corte que los internudos y por consiguiente presentan menor tendencia a rajarse) afirmar las uniones. Labrar o taladrar los agujeros para colocar los clavos, tornillos o clavijas.

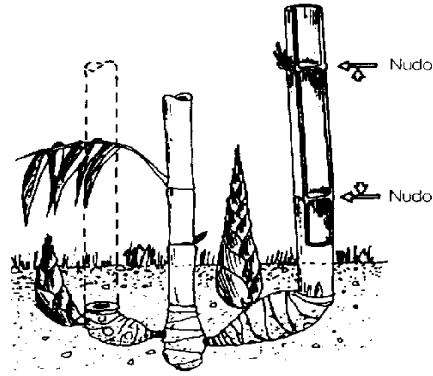


Imagen 4.3, Fuente: "El Bambú como Material de Construcción"

- **Corta duración.-** Algunos bambúes son altamente susceptibles a la invasión o parcial destrucción por los insectos xilófagos, tales como las termitas o polillas. Pueden seleccionarse las especies de baja susceptibilidad a tales ataques, y las cañas pueden tratarse para hacerlas menos vulnerables. Las superficies cortadas de los extremos de las cañas son los sitios por donde los insectos efectúan por lo general su entrada y deben ser motivo de especial cuidado. Muchos bambúes muestran también una gran susceptibilidad al ataque de la podredumbre por hongos, especialmente en condiciones húmedas y al contacto con el suelo húmedo. En este caso, también la selección de las especies ha de contribuir a superar estas debilidades, pero deberá emplearse alguna forma de tratamiento preservativo para prolongar la utilidad de los bambúes expuestos a los suelos húmedos.

4.8.- Propiedades Mecánicas del Bambú

Aunque todavía no existe ningún código, ya se han realizado varias pruebas que nos permiten conocer las propiedades mecánicas como la cortante, el límite de elasticidad y plasticidad.

Aunque los resultados sean variados en sus especificaciones y valores, ya se puede concluir un promedio de resistencias mínimas de todas las investigaciones. A dichos valores todavía hay que aplicar factores de seguridad para tener las fuerzas admisibles.

Haciendo una comparación del bambú de la especie “Guadua” con otros materiales en diferentes investigaciones estos han sido los resultados que se han obtenido:




compresión a una barra de 2.5 m y 8.7 kg de materiales distintos	Madera tipo B EC5 S10/MS10	Guadua EC5	Acero, A36 EC3 S235
Densidad g/cm ³	0.55	0.7	7.8
E-Modul KN/cm ²	740	600	21000
Fuerza adm. a compresión KN/cm ²	1.1	1.5	23.5
Sección	 D=9cm	 D=12cm d=9cm	 D=5.1cm d=4.5cm
Area A cm ²	63.6	49.5	4.4
Inertia I cm ⁴	322.1	695.8	12.7
Esbeltez λ	111.1	66.7	147.2
Peso kg	8.7	8.7	8.7
Fuerza max adm. KN	15.1	25.6	27.6
Precio / metro Colombia / Alemania €	2 5	1 3	4 8
ECOCOSTO $\frac{MJ/m^3}{N/m^2}$ (8)	80	30	1500

Tabla 4.3, Fuente: Arq. Tim Martin Obermann, Ing. Civil Ronald laude “Bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales.”, Colombia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2004, pg.8

Con lo observado con anterioridad se llega a la conclusión de que la especie del bambú más apta para el uso en el caso estudio será el “Guadua” ya que como se ha visto siempre ha sido el más utilizado en la construcción y se tiene un mejor análisis con respecto a sus medidas y los usos de cada una de las partes de este (Figura 4.4).

Es una de las muchas especies del bambú. Su diámetro exterior tiene un promedio de 12cm y un diámetro interior entre 8-10 cm. La guadua llega en sólo 6 meses a una altura hasta 12m y obtiene su madurez después de 3 años y dentro del mercado mexicano tiene un promedio de costo entre 140 y 160 según el tamaño de la caña.

Además las propiedades de esta especie facilitaran el uso para poder adaptarle las piezas de unión que se le han diseñado; estas se le instalaran para que pueda conformarse la

estructura y pueda facilitarse la utilización de esta durante el ensamblaje de la estructura base que se ha diseñado para crear el escenario.

Se buscara cortar en las secciones de los entrenudos con una sierra delgada que facilite el corte de las fibras, las cuales se busca no causarles cortes de manera paralela a estas ya que dañaría completamente su propiedades mecánicas y debilitarlo completamente.

También se observo que esta especie en especial es más resistente a los hongos y a los insectos que puedan dañarlo en su interior, aunque de cualquier manera se le colocara un barniz especial que los ayude tanto para evitar las plagas como para que tenga un retardante de fuego, se le pondrá especial atención a las orillas que son las más susceptibles a que tenga penetraciones hacia el interior del mismo material.

PARTES DE UNA GUADUA

	DESCRIPCIÓN		UTILIZACIÓN
COPA	Parte apical de la guadua con una longitud de 1,20 a 2,00 m.	2 m.	Se repica en el suelo del guadua como aporte de materia orgánica.
VARILLON	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3 metros.	3 m.	Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.
SOBREBASA	Es un tramo de guadua con buen comercio debido a su diámetro, que permite un uso variado. Posee una longitud aproximada de 4 metros.	4 m.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como viguetas para formaletear planchas y como postes de espalderas en cultivos.
BASA	Parte de la guadua que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial de la guadua. La longitud es de 8 metros aproximadamente.	8 m.	De esta sección se elabora generalmente la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y formaletas de planchas. Esta parte se utiliza como vigas y columnas en construcciones nuevas de guadua.
CEPA	Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona una mayor resistencia y tiene una longitud de 3 metros.	3 m.	Se utiliza como columnas en construcción y para cercos.
RIZOMA	Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce popularmente como "caimán"	0 m. -2 m.	En decoración, muebles y juegos infantiles.

De igual manera se propone la utilización de otra especie esta se llama Colihue que aunque es de la familia de las Chusquea que aunque si se dan en México esta especie en particular es de origen chileno, al igual que la guadua es colombiana.

Esta especie tiene propiedades mecánicas y considerando su esbeltez hace que esta sea factible para usarse como cables en una tenso-estructura sin embargo se tiene que prestar una fuerte atención es los nodos que se utilizarán para que esta tenga una factibilidad de uso mucho mayor.



Imagen 4.5, Fuente: Mtro. Buzeta Busquets Daniel, Tesis: "ARQUITECTURA EN BAMBU, El Colihue como Elemento Resistente en Tenso-Estructuras", Chile, Pontificia Universidad de Chile, 2005, pg. 60

Este puede ser sembrado y cosechado en un clima como el nuestro y tan solo tarda de entre 3 y 4 años para crecer y poder ser utilizado dentro de la construcción. En sus primeros años esta es flexible y puede ser usada para muebles o tejidos.

En el ámbito comercial se denomina caña, vara o tallo de colihue, este es un bambú macizo no tiene oquedad en su interior, las dimensiones comerciales fluctúan de entre los 25 mm a los 60 mm de diámetro, con una longitud que van desde 1 m a 6 m dependiendo del producto y del tiempo que tenga este. El costo de este es muy variante pero en Santiago de Chile tiene un valor promedio de 21 centavos de dólar.⁹

Tradicionalmente el tratamiento de este utilizarlo sin nada en un comienzo y luego de aproximadamente dos años al exterior, éste pierde la capa de sílica, momento en el cual se le aplica una capa de barniz para maderas que para este caso se utilizara un barniz especial para embarcaciones que tiene una mejor resistencia al clima.

Aunque existen pocos estudios de las propiedades mecánicas, respecto a esta especie, aquí se encuentra una en la que se hace la comparación con otras maderas utilizadas en la construcción (Tabla 4.4) aunque dentro de esta tabla no se contemplo la resistencia a la tracción que básica para mi propuesta.

⁹ Arq. Catillo Álvaro y Arq. Cuitiño Constanza, "Colihue, Aplicación como refuerzo de materiales compuestos", Chile, Universidad de Chile, 2005, pg. 7

Recientemente el Mtro. en Arquitectura Daniel Buzeta realizó estudios para poder obtener un promedio de la resistencia a la tracción la cual en 25 pruebas con elementos de diferentes tamaños le dio un promedio de 11.84KN/cm² (Tabla 4.5).¹⁰

	Pino Insigne (Kg/cm ²)	Álamo (Kg/cm ²)	Colihue (Kg/cm ²)
CIZALLE	100	61	92
COMPRESION PARALELA	400	302	272
DUREZA NORMAL A LA FIBRA	265	140	289
FLEXION Tensión en limite de proporcionalidad	416	298	335
FLEXION Modulo de rotura	740	519	621
FLEXION Modulo de elasticidad (E)	9330	75870	70195

Tabla 4.4, Fuente "Arquitectura en Bambú, El Colihue como Elemento Resistente en Tenso-Estructuras"

N° ENSAYO	CARGA (Kgf)	DIAMETRO (cm ²)	TENSION DE ROTURA (Kgf/cm ²)
8	2536,1	1,5	1690
10	2253	1,6	1408
11	2253	1,5	1502
14	543,7	0,785	692,6
15	1218,4	0,78	1562,1
16	1623,3	1,13	1436,5
18	903,6	1,1	821,4
19	1398,4	1,3	1075,7
20	1061,4	1,3	816,5
21	1443,3	1,1	1312,1
22	1668,3	1,2	1390,2
23	1375,9	1,3	1058,4
24	881,1	1,3	677,7
25	1893,2	1,3	1456,3
RESISTENCIA PROMEDIO			1207,1

Tabla 4.5, Fuente "Arquitectura en Bambú, El Colihue como Elemento Resistente en Tenso-Estructuras"

"La resistencia del colihue frente a esfuerzos de tracción paralela puede considerarse significativamente alta en comparación a otros materiales de construcción tradicionales, sobre todo al compararlo con otras maderas, por lo cual es posible plantear la hipótesis de que el bambú chileno *Chusquea culeou* tiene las propiedades mecánicas necesarias para ser utilizado en estructuras edificatorias resistentes en las que trabaje predominantemente bajo cargas de tracción."¹¹

¹⁰ Mtro. Buzeta Busquets Daniel, Tesis: "ARQUITECURA EN BAMBU, El Colihue como Elemento Resistente en Tenso-Estructuras", Chile, Pontificia Universidad de Chile, 2005, pg. 92

¹¹ El Mtro. Buzeta Busquets Daniel menciona en una de sus conclusiones después de haber realizado sus pruebas con este material.

4.9.- Estructura con Bambú

El Bambú como ya se observó con anterioridad ha sido utilizado durante millones de años de diferentes maneras regularmente en estructuras continuas y fijas (Imagen 4.7) que no es lo que se busca del todo dentro de este trabajo

Este es altamente recomendable por su gran dureza y flexibilidad, lo cual facilita para lugares propensos a temblores, aparte de ser una tecnología relativamente sencilla (Imagen 4.6).

Para lograr el módulo que se ha diseñado es necesario resolver correctamente las uniones que sean las más favorables de acuerdo a los requerimientos necesarios de fácil y rápido ensamblaje de la misma estructura, y se también se busca los métodos constructivos existentes y previamente comprobadas las propiedades mecánicas de estas uniones para que tengan el menor problema posible.

“Cualquier estructura falla en su punto más débil. El pequeño detalle de la unión es una determinante clave para el diseño y la construcción.”¹²

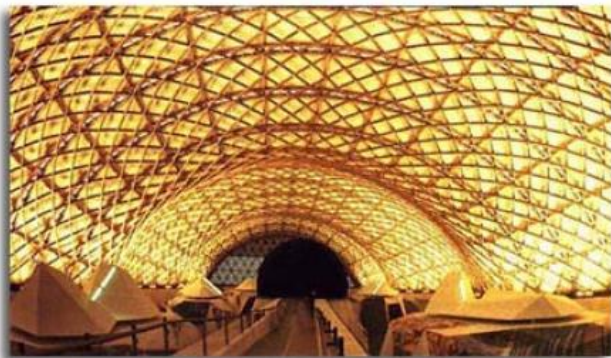


Imagen 4.6, Pabellón de Japón en la Expo de Hannover, año 2000 Fuente: <http://www.qi-ingenieria.es/?p=216>



Imagen 4.7, Estructura arbórea en México, Fuente: <http://www.veoverde.com/2011/01/arquitectura-sustentable-en-una-de-las-ciudades-mas-contaminadas-del-mundo/>

¹² Para el bambú no es la excepción esta premisa universal, la fuente de esta frase es: Arq. Tim Martin Obermann, Ing. Civil Ronald laude “Bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales.”, Colombia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2004, pg. 9

5.- Nodos para estructuras de bambú

En términos generales, y según su significado, un nodo es un espacio en el que confluyen parte de las conexiones de otros espacios que comparten sus mismas características y que a su vez también son nodos.

En otras palabras es un punto en el que llegan o parten varios elementos al mismo tiempo y se encuentran unidos.

5.1.- Estructura con uniones convencionales

Tradicionalmente dentro de la construcción con estructura de bambú lo más común es unir dos piezas de este material de una manera muy manual; con cuerdas, con un pasador o formando una caja que se llama “boca de pescado”. La ventaja de estas uniones es que son económicos, sencillos y fáciles de hacer pero sin embargo estos tipos de uniones no permiten aplicar grandes fuerzas

Hoy en día el tipo de unión más utilizado en las construcciones existentes es la unión donde dos o tres entrenudos de la guadua se llenan con mortero y se colocan pasadores de acero longitudinalmente o paralelamente (Imagen 5.1). Aunque esta unión está muy aceptada, en la práctica se puede anotar algunas desventajas:

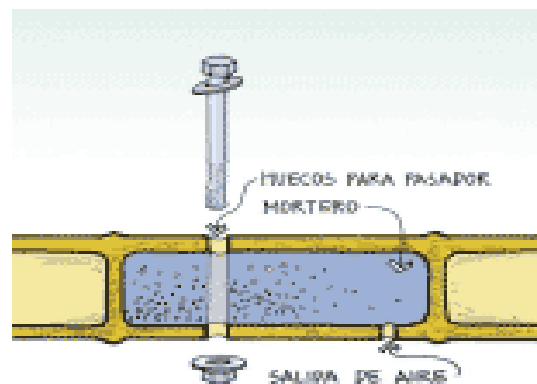


Imagen 5.1, Fuente: “Curso de construcción sismo resistente de viviendas de caña en bambú”

- Llenando la guadua con mortero se gana demasiado peso.
- El mortero y el bambú se comportan muy distintos con respecto a la humedad o la temperatura; puede ocurrir que el mortero se afloje al interior o que la aplaste.
- Las fuerzas admisibles de esta unión tampoco alcanzan el potencial del bambú.

El mayor problema de este método es que no se puede utilizar en el tipo de estructura que se busca hacer esto debido a que:

- El material se duplicaría
- Incrementaría al peso del mismo mudo
- Aparte que se lastimaría mas al estar quitando y poniendo la estructura
- Y no tendría la versatilidad como en una estructura espacial

5.2.- Nodo de estructuras existentes

La versatilidad de la estructura espacial facilitaría de gran manera el armado del modulo aparte que esta misma permite el libramiento de grandes claros y de igual manera la estructura se va uniendo entre sí logrando que toda trabaje como una misma y disminuya la probabilidad de accidentes.

Pero al igual que en cualquiera sistema estructural el mayor problema se encuentra en las uniones y más si estas son de diferentes materiales.

Se han buscado varias maneras para lograr estas uniones (Imagen 5.2), el problema de estas son diferentes. En algunos casos no tiene la angulación requerida en otro al colocar el mortero aumenta mucho su peso, las propiedades mecánicas no son las requeridas, etc.



Imagen 5.2, Fuente: "Bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales.", Autor: Arq. Tim Martin Obermann, Ing. Civil Ronald laude

Los nodos para este tipo de estructuras siempre están trabajados a milímetros con un rango de error de máximo un centímetro o menos y eso por la expansión que pueda a llegar a atener el material.

Estas pueden ser creadas en sitio o previamente trabajadas por un grupo de especialistas y colocadas en obra por cualquier persona ya que muchas veces no requieren más que colocar los tornillos.

El nodo original, del que se obtuvo la idea para obtener el diseño final, consiste en un elemento de acero que entra por un extremo en el bambú y el otro extremo se conecta con un tornillo a una esfera de acero. Estas esferas ya son comerciales y se utilizan mucho en estructuras espaciales de acero o madera (Imagen 5.3).

El uso de varios pasadores medianos transmitiendo la fuerza del bambú a un elemento de acero que se conecta a una esfera parece lo más adecuado para una unión resistente, liviana y apta para estructuras espaciales (Imagen 5.4).¹



Imagen 5.3. Elementos básicos,
Fuente: "Bambú: recurso sostenible
para estructuras espaciales."

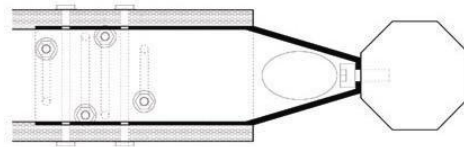


Imagen 5.4. Pasadores, Fuente: "Bambú:
recurso sostenible para estructuras espaciales."

En las tenso estructuras los esfuerzos producidos por cada elemento son igualados y transferidos a un sistema completo, logrando su estabilidad no tanto en la resistencia de cada sección individual sino en la interacción balanceada entre todos sus elementos.

Este tipo de estructuras se caracterizan por el predominio de las fuerzas de tracción y por la limitación de las fuerzas de compresión a unos pocos miembros de soporte, de esta manera no requieren de gran cantidad de materiales para absorber los momentos de pandeo, abolladura o flexión que se producen en los elementos comprimidos ya que estos esfuerzos no existen cuando un elemento trabaja a la tracción.

Los nodos comprobados para las tenso-estructuras a base de bambú consisten en dos tubos de acero de 10cms de largo los cuales se encuentran ensanchados en su extremo interior para lograr que este tenga una forma cónica. Estos elementos están conectados entre sí por dos barras de acero redondas de 6mm de espesor –soldadas a los tubos–, las cuales son las encargadas de transmitir las tensiones entre ambos elementos.

¹ Arq. Tim Martin Obermann, Ing. Civil Ronald laude "Bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales.", Colombia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2004, pg. 9

La especie de bambú Calihue y el nodo de acero se unirán, a diferencia de otro, sin necesidad de pasadores esta unión es causada por una cuña que abrirá la caña en 2 y no permitirá que se deslice el tubo del nodo (Imagen 5.5).²



Imagen 5.5, Nodo de Tenso-Estructura, Fuente: Mtro. Daniel Buzeta Busquets, Tesis: "ARQUITECTURA EN BAMBU, El Colihue como Elemento Resistente en Tenso-Estructuras", Chile, Pontificia Universidad de Chile. 2005. pp. 97

5.3.- Nodos propuestos

El objetivo de la propuesta final es que exista una unión entre el bambú y el acero y que esta pueda transmitir un máximo de los esfuerzos a los nodos de la estructura, que este sea relativamente liviano, que sea prefabricado y que se encuentre listo para su uso y sobre todo que este permita el montaje y desmontaje rápido y fácil para la estructura del escenario temporal.

Se escogen solamente elementos de guadua de la parte inferior (cepa) con edad superior a los 4 años, lo más recto posible, secados al aire durante 6 meses, y con un diámetro exterior mínimo de 12cm y en lo posible que el interior se de 9cm.

La sección de unión principal entre el acero y el bambú es la base de la cual salen todas las piezas ya que todas requieren de este vínculo para transmitir los esfuerzos que existan sobre el bambú. Esta consiste en un tubo de acero con un diámetro de 9 cm y 30 cm de largo el cual se introduce en un entrenudo del bambú 20 cm.

Las fuerzas axiales se transmiten a través de seis tornillos o pasadores perpendiculares a las fibras colocado se una manera helicoidal para no debilitar la estructura del bambú, de esta manera une la Guadua con el tubo de acero. El tubo lleva anexada una solera que ira

² Mtro. Buzeta Busquets Daniel, Tesis: "ARQUITECTURA EN BAMBU, El Colihue como Elemento Resistente en Tenso-Estructuras", Chile, Pontificia Universidad de Chile, 2005, pg. 92

afuera, esta abrazará al bambú para que este no se lastime en sus orillas que son las partes que con más facilidad pueden ser dañadas con el uso y movimiento de estos mismos.

Este tipo de unión como se menciono con anterioridad ya han sido comprobados, según pruebas realizadas en la “Universidad Nacional, Sede Medellín, las Minas”, lo determinante para la resistencia son los pasadores, la deformación de las perforaciones y el elemento de acero que se une con los demás.

Un solo tornillo de 9mm resistió un promedio de 60 KN a fuerzas axiales. El Ing. Civil Laude realizó estudios tomando en cuenta factores de seguridad y límites de deformaciones dando como resultado que con la guadua y seis pasadores se puede tener resistencias a esfuerzos mecánicos de tracción y compresión de máximo 30 KN

A partir de este tubo se generaron varias piezas y dependiendo del parte del nodo este tendrá por el otro extremo, placas de unión con la forma requerida según sea el caso; cada elementó tendrá una apertura que permitirá colocar un pasador para conectar dos o tres piezas dependiendo del requerimiento del nodo (Imagen 5.5)

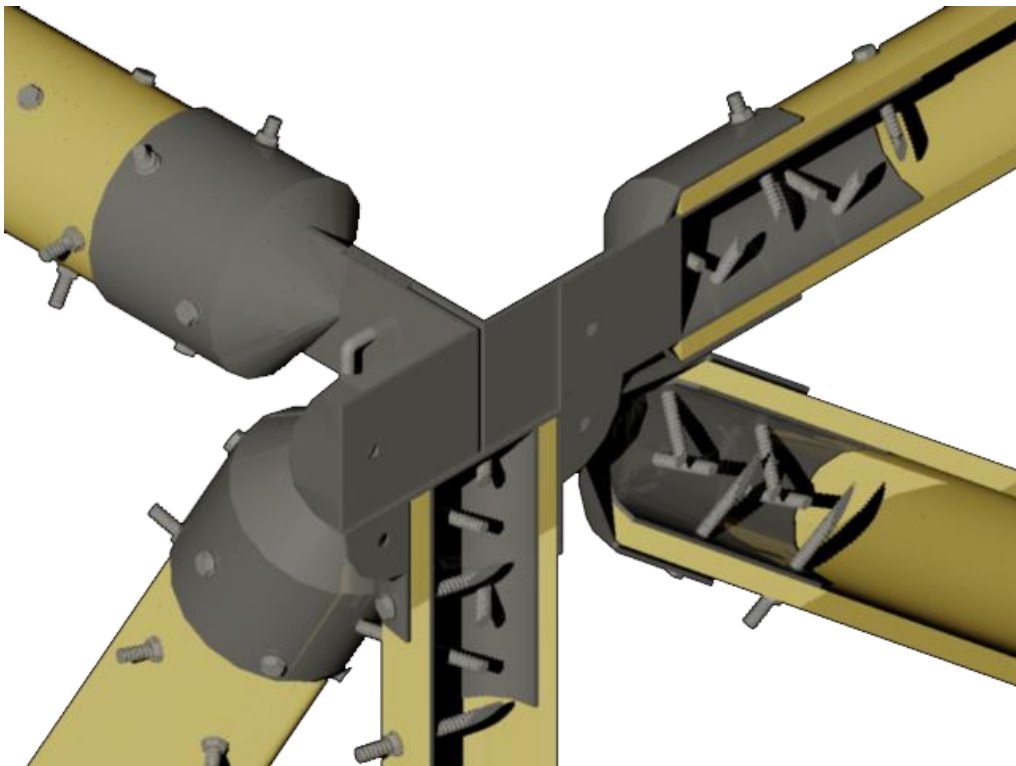


Imagen 5.5, Corte de nodo base

El peso en sí de los elementos de acero que se necesitan para la unión es de aprox. 1.5kg que es mucho más liviano que los uniones de mortero que pesan aprox. 3 kg.

Los nodos para la tenso-estructura son más sencillos, a diferencia de los anteriormente presentados, solo es un tubo de acero de 10cm de largo pero este tiene una forma cónica. Este tubo tiene una barra de acero redonda de 6mm de espesor soldada al tubos en dos puntos, ya que esta barra estará doblada en forma de “U” con una pequeña abertura retráctil para que se puedan unir entre si de una manera sencilla

Antes de colocar el colihue dentro del nodo se le debe efectuar un corte longitudinal por el alma de 12 cms de largo en cada extremo³, este debe realizarse cuidadosamente para dañar lo mínimo posible las fibras y no desviarse del centro de la vara.

Luego se debe introducir el colihue por el tubo y, una vez dentro, la cuña de madera se introduce dentro de la caña por la ranura y se martilla la cuña hacia adentro del tubo de acero sosteniendo firmemente el bambú se debe encajar lo más posible para que quede totalmente comprimido y no se deslice demasiado cuando la estructura ya esté armada. Es necesario recalcar que la cuña debe ser de un material lo más duro posible para no ceder ante las cargas de compresión (Imagen 5.6).

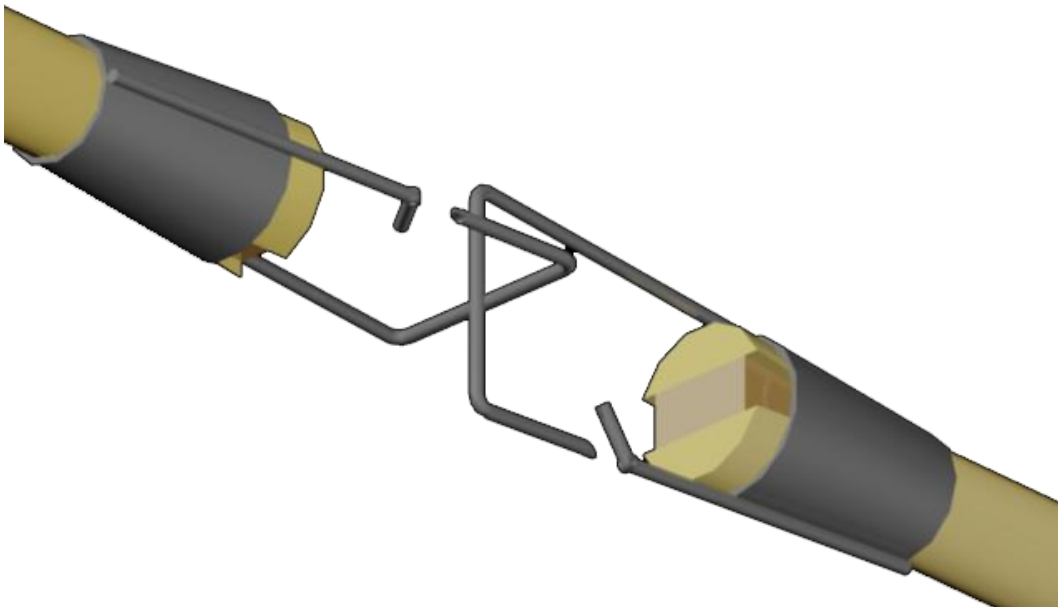


Imagen 5.6, Nodo de la Tenso-Estructura

³ Esta es la longitud que tendrá la cuña de madera que se le pondrá posteriormente.

Por último, para asegurar que la cuña de madera no se salga del tubo al manipular los bambues una vez armados, es recomendable fijarla al colihue mediante una pija que atraviese la mayor parte de la sección.

Con este sistema se puede lograr, de acuerdo a las pruebas realizadas por el Mtro. Daniel Buzeta, una resistencia de tracción de 8.81 KN

El fácil montaje y desmontaje, sus resistencias a los diferentes esfuerzos a los que están trabajando los elementos convierte los nudo diseñados para estos sistemas los más aptos para arquitectura efímera que es el escenario.

6.- Caso estudio

Como se ha venido mencionando con anterioridad se propone un caso estudio que contenga ideas de sustentabilidad si no por completo si en gran parte.

Se planteó un caso estudio que fuera llamativo para poder difundir con mayor facilidad la utilización de nuevas tecnologías tanto en el ámbito de la construcción como en de las fuentes alternas de energía.

Es por ellos que se llegó al planteamiento de un “escenario sustentable” ya que la mejor forma de difundir esto es por medio de las artes y sobre todo demostrando su factibilidad: y que mejor que sea en eventos donde las nuevas generaciones puedan ver funcionando este tipo de tecnologías.

También de esta manera puede llegar a gente de diferentes rangos sociales y vean que estas tecnologías no son exclusivas de ninguna clase social.

No se plantea un lugar en específico debido que se planteo que este fuera lo suficientemente versátil para que se pudiera colocar en diferentes sitios ya que es móvil. Esto como parte de difundir las ideas de la sustentabilidad y que se vea que estas no son exclusivas de un lugar o de alguna clase social, se busca que todo el mundo tenga acceso a estas ideas. Demostrando que se pueden hacer cosas con materiales más sencillos y menos contaminantes.

Se plantea que este tipo de proyectos puedan ser realizados o financiados por empresas privadas, inclusive por dependencias gubernamentales ya que les conviene como imagen; aparte de ser una inversión a largo plazo por el ahorro energético que puedan llegar a tener, esto se traduce en ahorro económico.

Para las empresas privadas que llevan eventos constantemente, como es el caso de ocesa aquí en México, es un buena inversión ya que incluso pueden ser parte de su deducible de impuestos; aparte como imagen empresarial llaman más la intención, incluso para muchos artistas este tipo de acciones les llama la atención y pueden facilitar sus negociaciones.

Como gobierno la promoción de nuevas tecnologías y el desarrollo de estas también es una buena inversión aparte de ahorrar la energía que se consume cuando se realizan este tipo de eventos que pueden ser tanto culturales como políticos.

Lo que se buscó fue poder crear un espacio recreativo y versátil el cual llame la atención, involucre a la mayor parte de los usuarios, ya que de alguna u otra manera todos puedan aprovechar al máximo este, pero sobre todo que durante todo su ciclo de vida este tenga un impacto mucho menor sobre el medio ambiente.

Se propone un escenario móvil este contara con una estructura modular y de fácil armado; los materiales a utilizar para esta, en su mayoría, son de procedencia completamente natural como lo es el bambú para poder generar parte del ciclo productivo y a la larga devolverle a la naturaleza lo que se tomo de esta.

Sin embargo fue necesario el uso de elemento de acero el cual de igual manera puede ser, primeramente re utilizado para varios tipos de estructura y en un futuro más lejano ser reciclado al poderse fundir lo cual nos ayuda al ahorro de energía y evita contaminación de los subsuelos para poder extraer minerales.

Para la estructura primero se creó un modulo el cual pudiese ser repetido la veces que fuese necesario, esto ayuda a economizar espacio y facilitara el armado, se usaron medidas estándares como son el 1.22cm por 2.44cm para poder usar tarimas para la base y no tener que recortar mucho material y disminuir la cantidad de desperdicios.

Este escenario será alimentado de energía eléctrica por generadores piezoeléctricos lo cuales se encontraran en la zona de la audiencia, de esta manera también los hace participes del evento que se esté desarrollando ya que sin el movimientos de estos la energía requerida para el evento no será suficiente y no podrá proseguir.

Estos generadores también se encuentran modulados en placas de 1.22cm por .61cm y de esta manera se puede manejar de una mejor manera el área de uso para generar energía la cual dependerá de la cantidad de energía se quiera producir. Para el caso del estudio actual simplemente se alimentara lo que son las luminarias sugeridos para el escenario; estas fueron selectas debido a su alta eficiencia y bajo consumo energético.

Finalmente, refiriéndonos a los materiales que han sido utilizados para este proyecto, para la cubierta se sugirió el uso de telas “Batyline HM Tweed” la cuales produce una empresa italiana llamada “Ferrari”. Se está recomendando esta aparte de por atributos físicos y mecánicos, también porque esta empresa fabrica sus telas de materiales reciclado y les da un seguimiento de uso para conocer su ciclo de vida y cuando sea necesario desecharla la misma empresa la recoge y la vuelve a reciclar haciendo un materia mas

sustentable. Es por eso que esta empresa aparte de tener varios reconocimientos tiene varias certificaciones que es parte de lo que ayudara que este proyecto sea más sustentable.

Aparte estos modelos de telas tienen atributos acústicos por lo que se eligió la que tuviera mas reflectancia de esta para de esta manera también se requiera una menos cantidad de amplificadores lo cual nos lleva a ahorro energético y tener un uso eficiente de la energía a través de los materiales y no solo por el consumo del momento sino que desde la creación de estos mismos.

Finalmente se diseño un escenario completo con cierta morfología, aunque debido a la versatilidad de la estructura puede tener la forma que se quiera, se sugiere se siga esta ya que está pensada para que el sonido se refleja hacia la audiencia con una mayor fuerza y no sea necesario demasiados equipos eléctricos.

Los planos que están a continuación son las especificaciones técnicas y arquitectónicas del escenario junto con su instalación de luminarias sugeridas y el área requerida de generadores piezoeléctricos que ya se calculo con anterioridad.

También la colocación de este escenario en un terreno previamente preparado para este tipo de eventos como lo es el Zócalo de la Ciudad de México, este tipo de terrenos es necesario para evitar los hundimientos de la estructura.

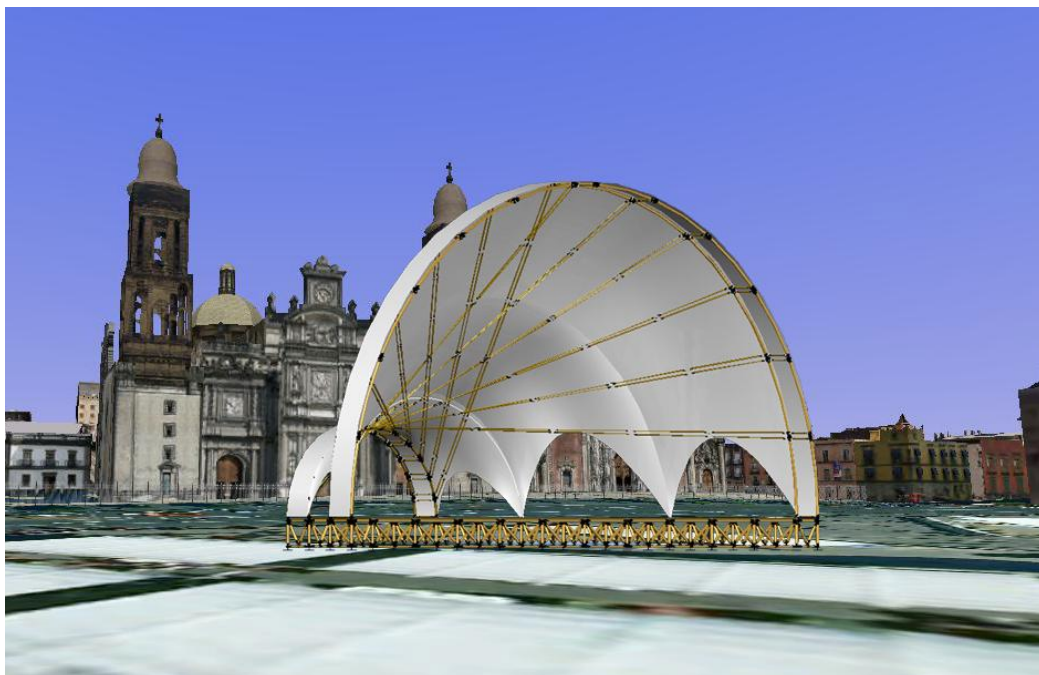
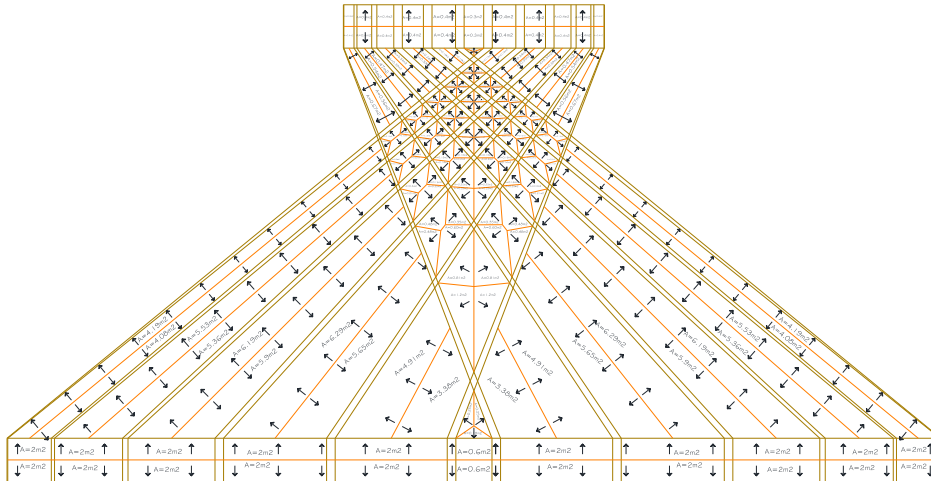


Imagen 6.1, Escenario en el Zocalo

Calculo estructural

También para este proyecto se realizo el estudio de bajadas de cargas para comprobar que la resistencia que se ha mencionado anteriormente del bambú es la suficiente para resistir la carga de la velaría.



Como se pudo observa con la distribución de esfuerzos las áreas tributarias terminan siendo muy pequeñas por lo que da la suficiente capacidad para que se distribuyan los esfuerzos y si la velaría tiene una carga de 0.56 Kg/m² y la tenso estructura con el bambú tiene una resistencia de 8.81 KN se ve que le es suficiente y hasta sobrada debido a los dobles tensores pero esto ayudará a resistir las fuerzas verticales como es el viento.

De igual manera sucede con la plataforma al realizarse el análisis de la cargas tributaria y mas porque esta estructura es mucho más firme y tiene una resistencia en las uniones de 30 KN mas la resistencia del bambú que es de 25.6 KN.

Con todo esto se observo que el peso del escenario termina siendo alrededor de 10.832 toneladas (Cuadro lo cual significa que no representa gran carga para los terrenos en los que sea instalado que como se menciono con anterioridad requiere que este previamente preparado para este tipo de eventos como lo es una plaza, un parque, un deportivo, etc.

Pesos totales	
Concepto	W kg
Estructura de velaria	1,035.81
Plataforma	9,796.82
Total	10,832.63

Tabla 6.1, "Pesos total del escenario"

Para el cálculo por viento se definió la estructura como de tipo 1 esto quiere decir que bastará tener en cuenta los efectos estáticos del viento

Como análisis final se realizó un estudio financiero para ver cuál sería el costo únicamente de los materiales de edificio y cuál sería su costo final se debe aclarar que los costos de los conceptos se analizaron como pieza individual y a precio de menudeo los datos fueron obtenidos en su mayoría de proveedores o de estudios anteriores como es el caso del bambú calihue.

No.	Clave	concepto	costo por m2	area	Costo total
1	v	Velaria	\$780.00	408.86	\$318,910.80
No.	Clave	concepto	costo por concepto	No. piezas	Costo total
2	BC	Bambú Calihue de 6m	\$2.72	63	\$171.36
3	BG	Bambú Guada 6m	\$160.00	161	\$25,760.00
4	P1	Pieza 1	\$130.00	95	\$12,350.00
5	P2	Pieza 2	\$190.00	95	\$18,050.00
6	P3	Pieza 3	\$320.00	450	\$144,000.00
7	P4	Pieza 4	\$320.00	450	\$144,000.00
8	P5	Pieza 5	\$25.90	280	\$7,252.00
9	P6	Pieza 6	\$80.00	95	\$7,600.00
10	N1	Nodo 1	\$550.00	95	\$52,250.00
11	N2	Nodo 2	\$550.00	95	\$52,250.00
12	N3	Nodo 3	\$190.00	190	\$36,100.00
13	N4	Nodo 4	\$550.00	60	\$33,000.00
14	N5	Nodo 5	\$550.00	60	\$33,000.00
15	Tm	Tarima de madera	\$734.00	65	\$47,710.00
Total de todo el escenario					\$932,404.16

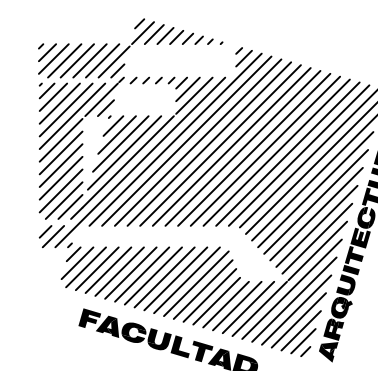
Tabla 6.2, "Costos por conceptos de Escenario"

Como se puede observar el costo de este no termina siendo elevado ya que no llega ni al millón de pesos claro que falta incluir los demás gastos pero esto no incrementará en demasía el costo con lo que se demuestra que no toda construcción alterna necesariamente requiere de una inversión muy elevada.

6.1.- Catálogo de Planos

	Clave	Nombre de plano
1	A - 1	Planta Arquitectónica
2	A - 2	Alzado frontal Arquitectónico
3	A - 3	Alzado lateral Arquitectónico
4	C – 1	Piezas de unión estructural
5	C – 2	Piezas de unión estructural
6	C – 3	Piezas de unión estructural
7	C – 4	Piezas de unión estructural
8	C – 5	Elementos estructurale plataforma
9	C – 6	Elementos estructurale velaria
10	C – 7	Modulo tipo 1
11	C – 8	Modulo tipo 2
12	C – 9	Modulo tipo 2 con tarima de madera
13	C – 10	Planta de plataforma con despiece de tarimas
14	C – 11	Planta de techos o de velaria
15	C – 12	Alzado frontal
16	C – 13	Alzado lateral
17	C – 14	Despiece de velaria

	Clave	Nombre de plano
18	D – 1	Detalle de union 1
19	D – 2	Detalle de union 2
20	D – 3	Generador Piezoelectrico
21	E – 1	Planta estructural de la plataforma
22	E – 2	Planta estructural de la velaria
23	E – 3	Alzado estructural frontal
24	E – 4	Alzado estructural lateral
25	E – 5	Cargas tributarias plataforma
26	E – 6	Cargas tributarias velaria
27	C X F	Corte por fachada
28	IE – 1	Circuito eléctrico del generador piezoeléctrico
29	IE – 2	Intalación eléctrica de luminaria
30	U – 1	Zocalo lugar propuesto de colocación
31	U – 2	Alazado fronto
32	U – 3	Alzado lateral
33	U – 4	Perspectivas en diferentes espacios
34	R	Renders



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambú Guadua
- Nodo 2 (N2)
- Pieza de union 3 (P3)
- Pieza 1 (P1)
- Pieza de union 5 (P5)
- Tarima de Madera

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

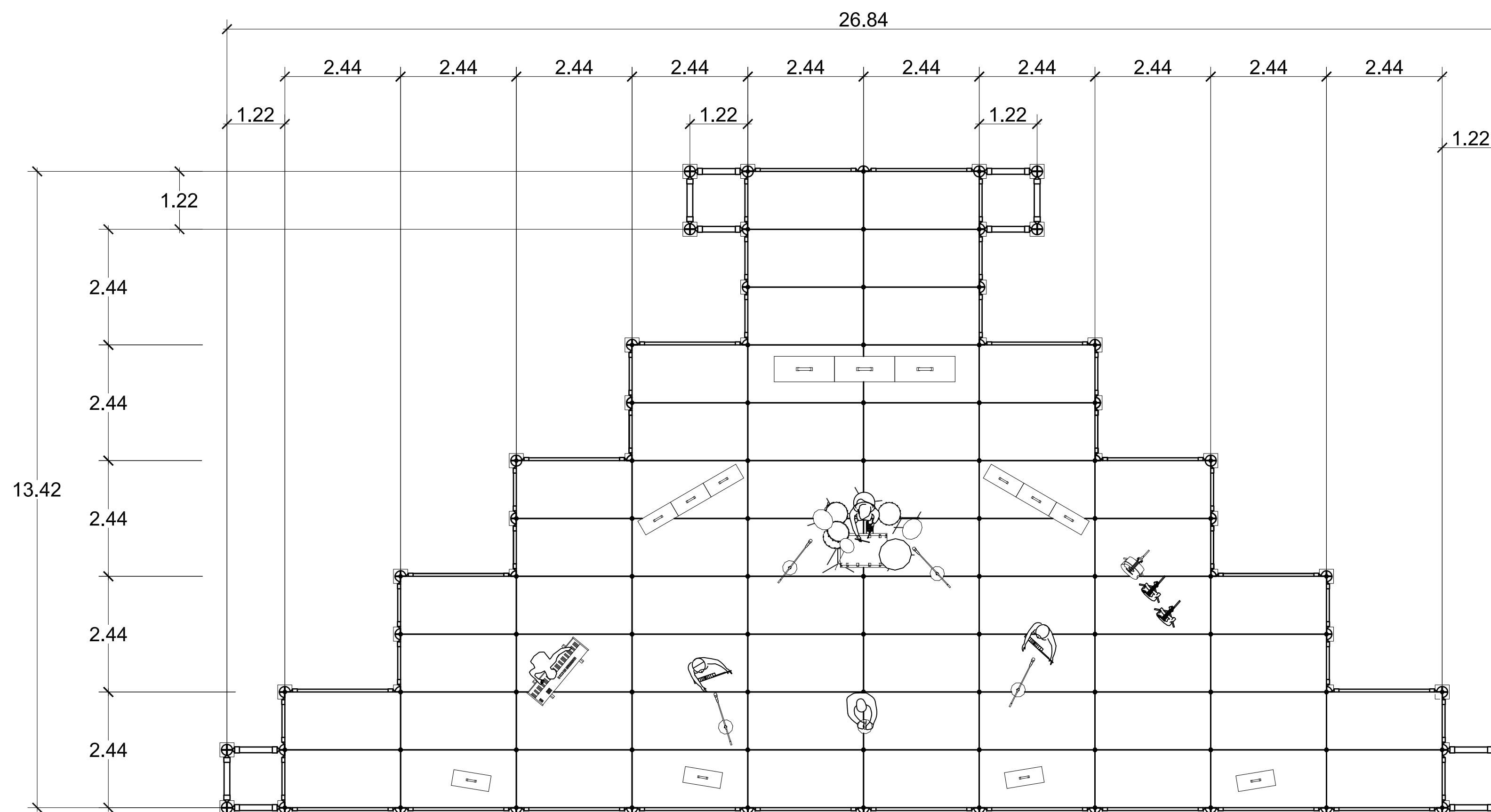
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

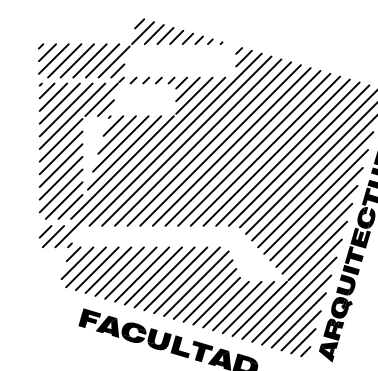
NOMBRE DE PLANO:
Planta Arquitectónica

CLAVE:
A - I

ACOTACIÓN: ESCALA:
EN METROS 1: 75
















FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Bambú Guadua
-  Bambú calihue
-  Velana Ferran
-  Tanma de Madera
-  Nodo 1 (N1)
-  Nodo 2 (N2)
-  Nodo 3 (N3)
-  Nodo 4 (N4)
-  Nodo 5 (N5)
-  Pieza de union 1 (F1)
-  Pieza de union 2 (F2)
-  Pieza de union 3 (F3)
-  Pieza de union 4 (F4)
-  Pieza de union 5 (F5)
-  Pieza de union 6 (F6)

PROYECTO
Escenario de Bambú

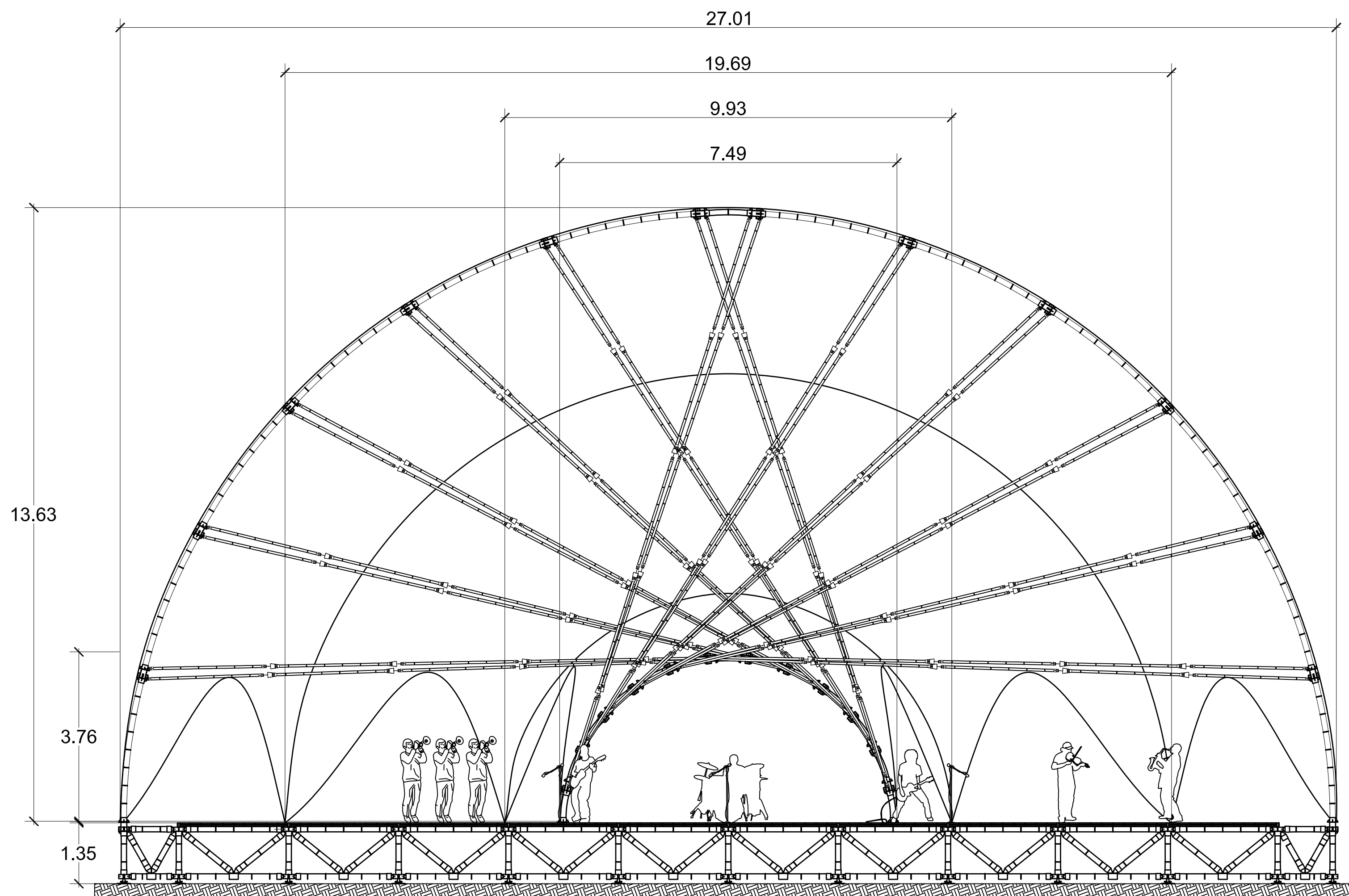
UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

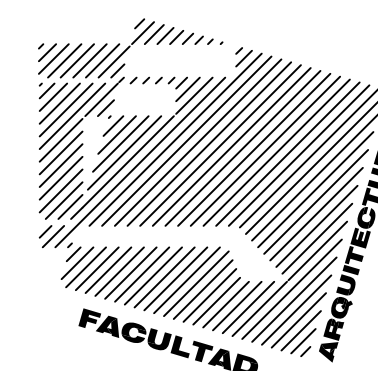
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Alzado frontal
arquitectonico
CLAVE:
A - 2

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 75

FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambú Guadua
- Bambú callihue
- Velana Ferran
- Tanma de Madera
- Nodo 1 (N1)
- Nodo 2 (N2)
- Nodo 3 (N3)
- Nodo 4 (N4)
- Nodo 5 (N5)
- Pieza de union 1 (F1)
- Pieza de union 2 (F2)
- Pieza de union 3 (F3)
- Pieza de union 4 (F4)
- Pieza de union 5 (F5)
- Pieza de union 6 (F6)

PROYECTO
Escenario de Bambú

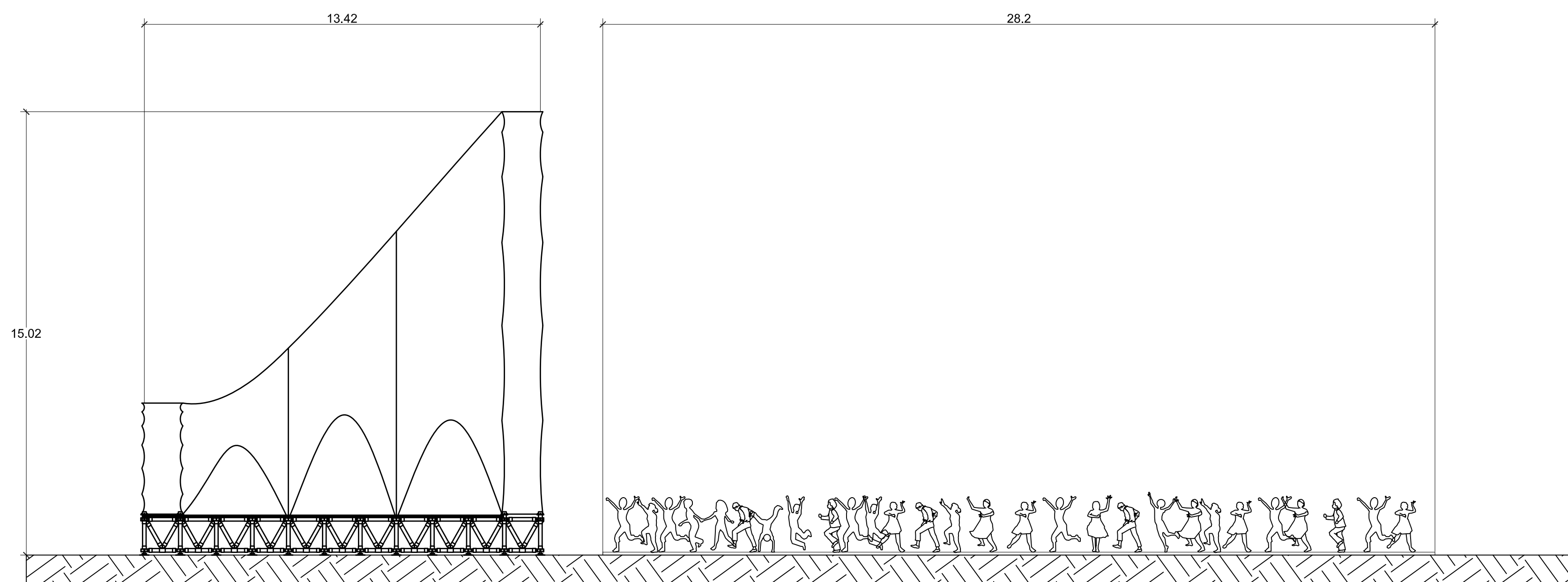
UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

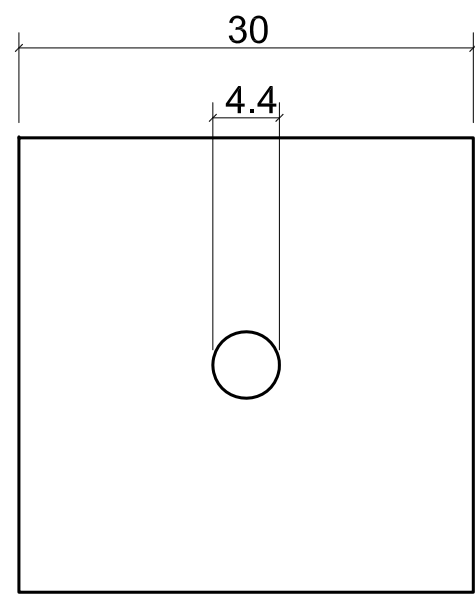
NOMBRE DE PLANO:
Alzado lateral
Arquitectónico
CLAVE:
A - 3

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 120

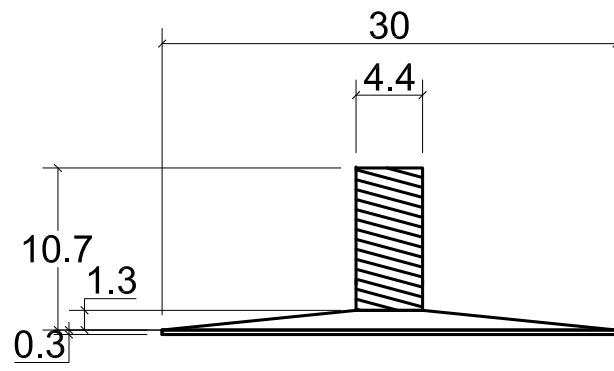
FECHA:
24 de Mayo de 2012



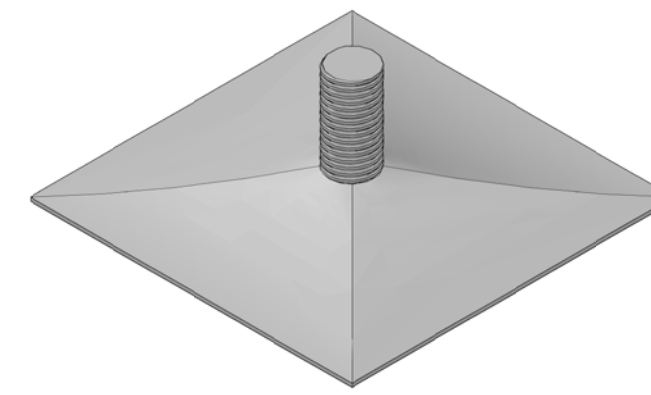
pieza 1 (P1)



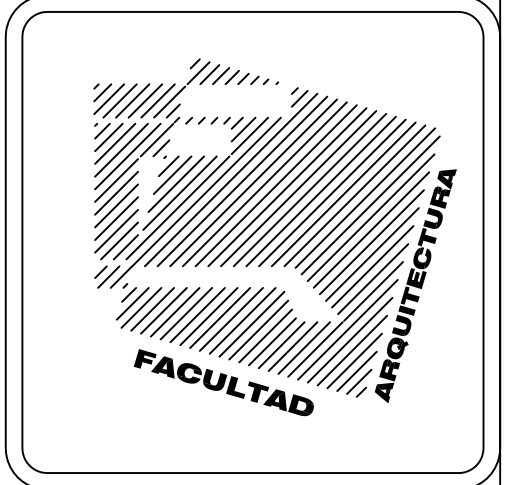
Planta



Alzado



Perspectiva



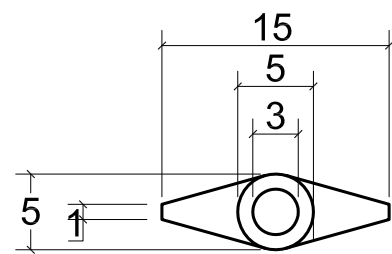
Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA
 — Acero de 3mm de espesor

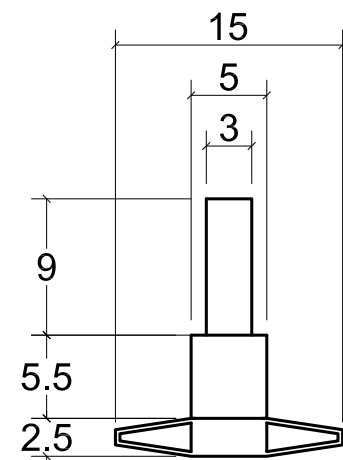
PROYECTO
 Escenario de Bambú
UBICACIÓN
 Espacios previamente preparados
ALUMNO
 SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
 Piezas de Union Estructural
CLAVE:
 C - I
ACOTACIÓN: EN CENTÍMETROS
ESCALA: 1:5
FECHA:
 24 DE MAYO DE 2012

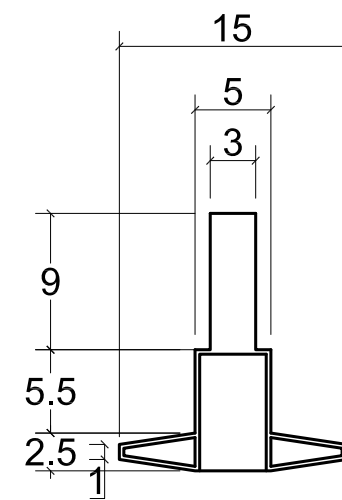
pieza 2 (P2)



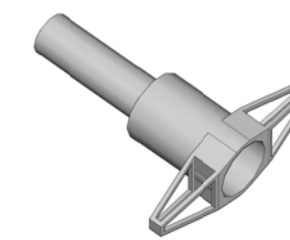
Vista Superior



Alzado

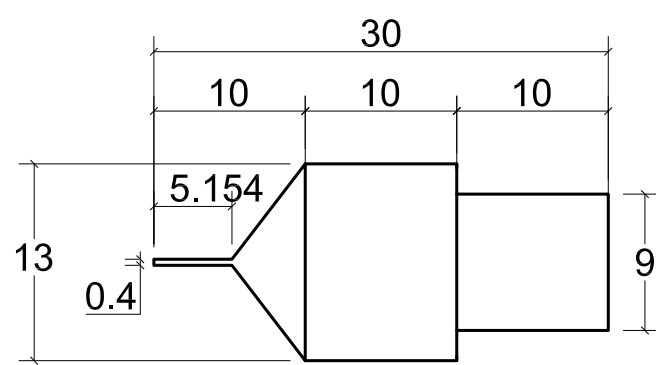


Corte Longitudinal

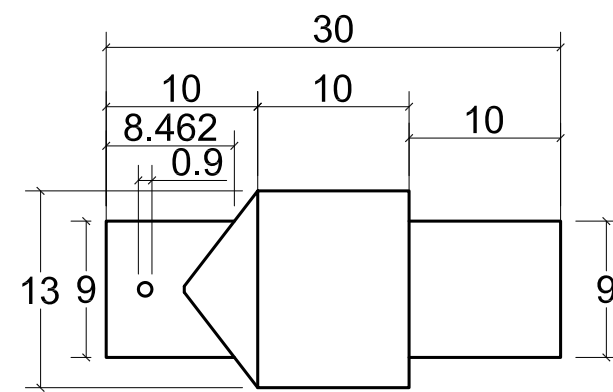


Perspectiva

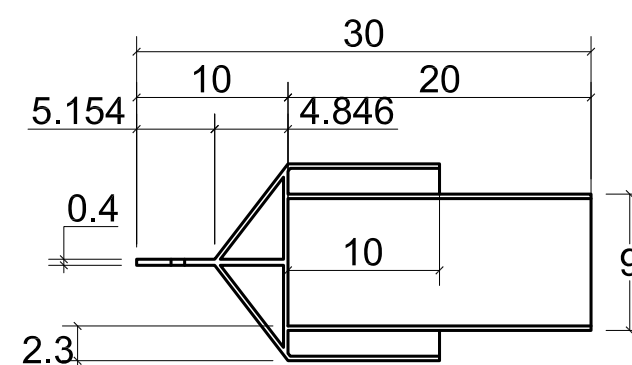
pieza 3 (P3)



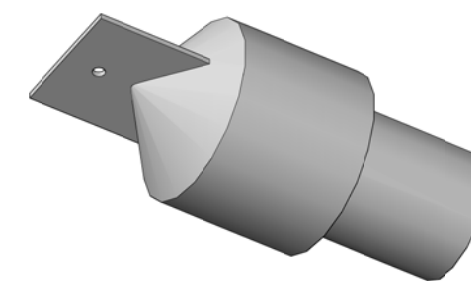
Vista Superior



Vista Lateral

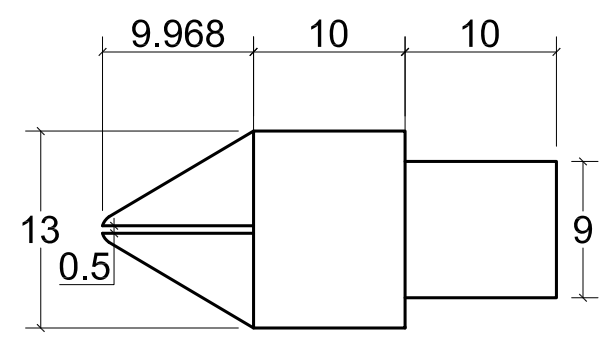


Corte Longitudinal

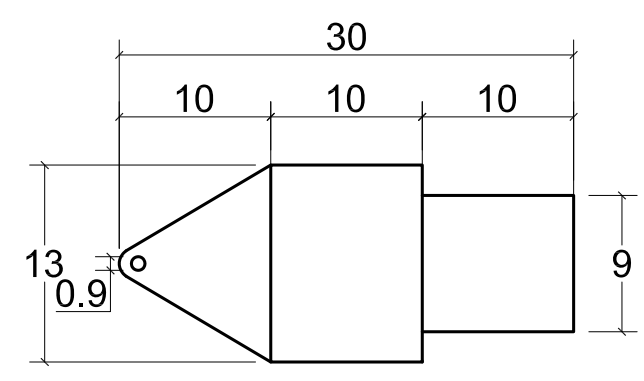


Perspectiva

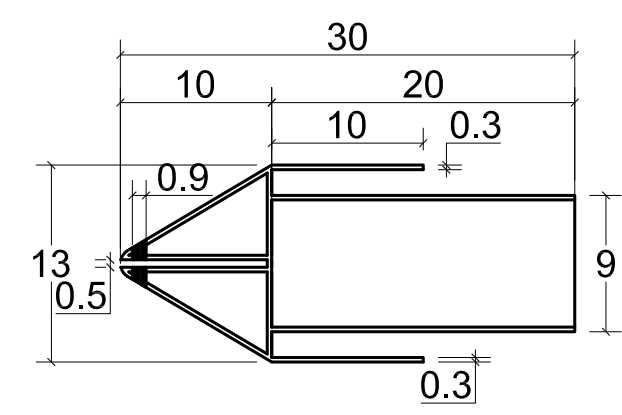
pieza 4 (P4)



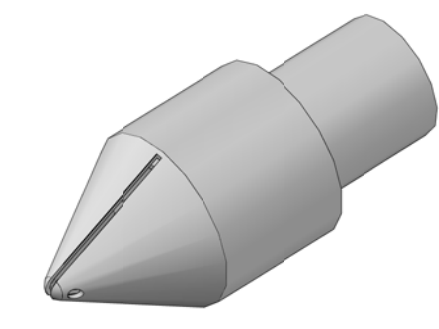
Vista Superior



Vista Lateral



Corte Longitudinal



Perspectiva



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

	Acero de 3mm de espesor
--	-------------------------

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

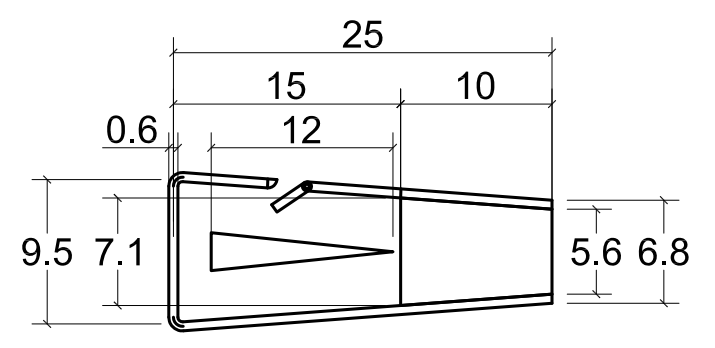
NOMBRE DE PLANO:
Piezas de Union Estructural

CLAVE:
C - 2

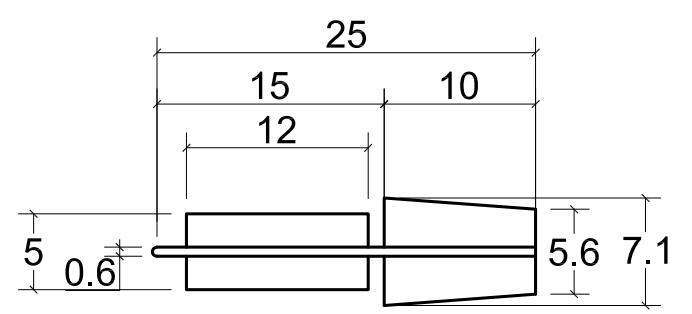
ACOTACIÓN: EN CENTÍMETROS ESCALA: 1:5

FECHA:
24 DE MAYO DE 2012

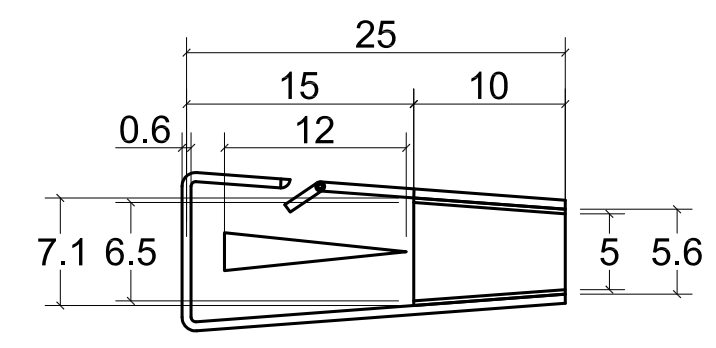
pieza 5 (P5)



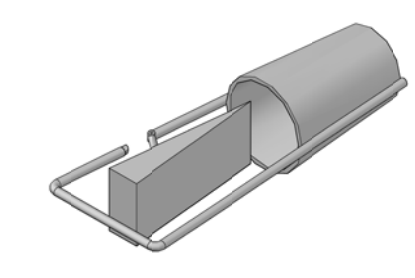
Vista Superior



Vista Lateral

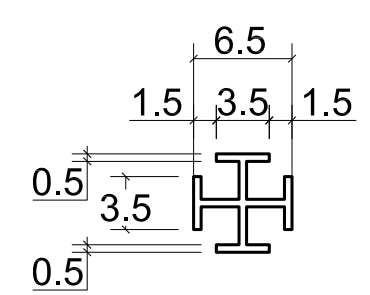


Corte Longitudinal

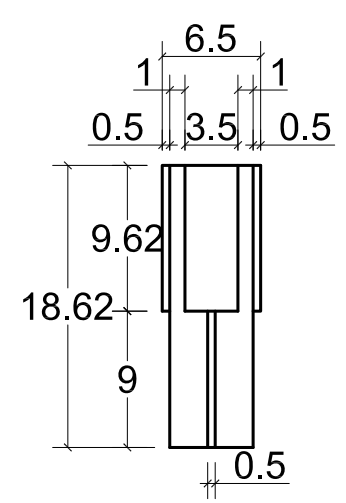


Perspectiva

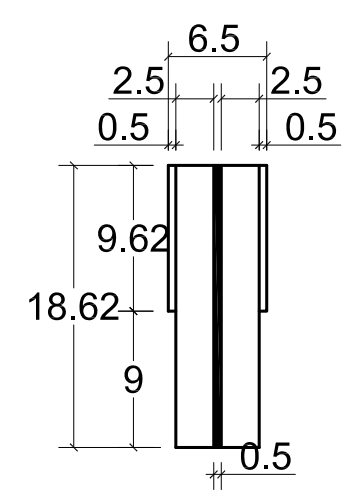
pieza 6 (P6)



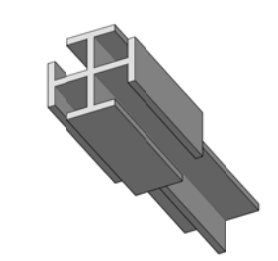
Vista Superior



Vista Lateral

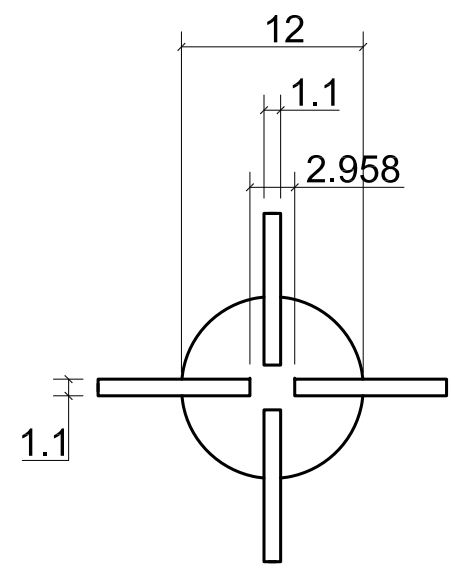


Corte Longitudinal

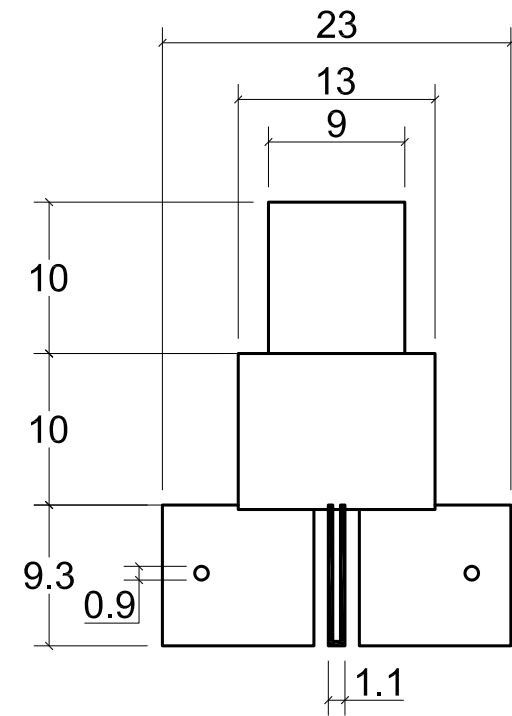


Perspectiva

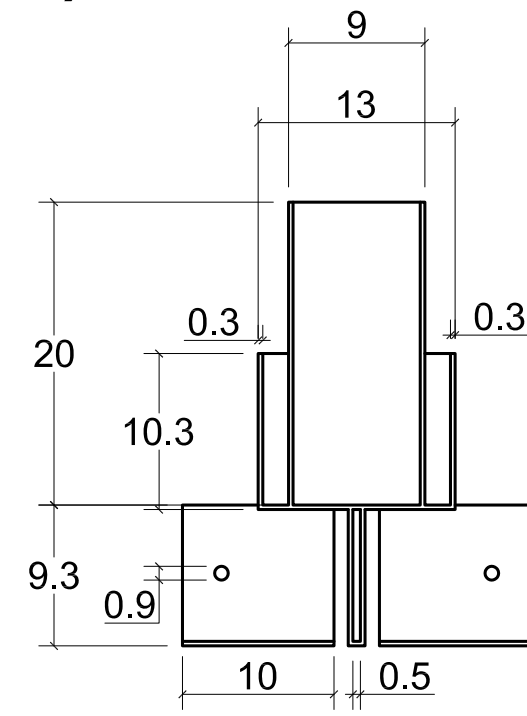
Nodo 1 (N1)



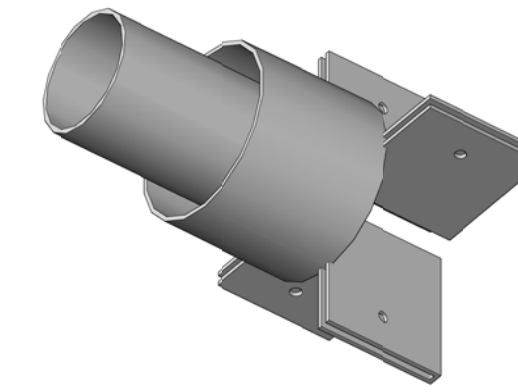
Vista Superior



Vista Lateral



Corte Longitudinal



Perspectiva



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

Acero de 3mm de espesor

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

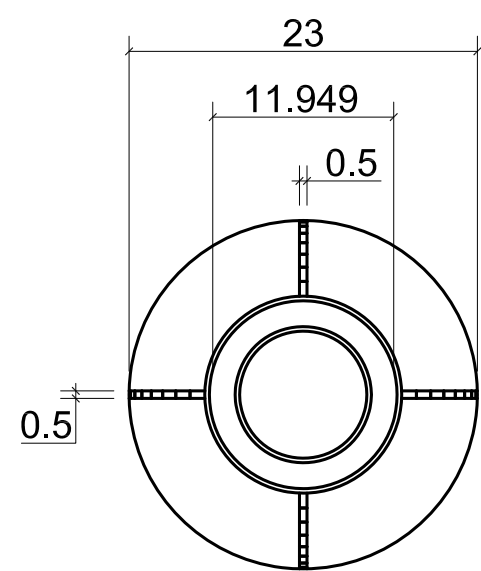
NOMBRE DE PLANO:
Nodos Estructurales

CLAVE:
C - 3

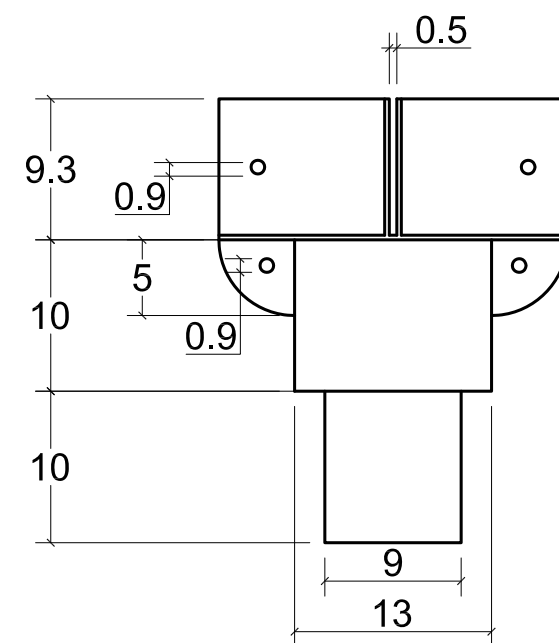
ACOTACIÓN: ESCALA:
EN CENTÍMETROS 1:5

FECHA:
24 DE MAYO DE 2012

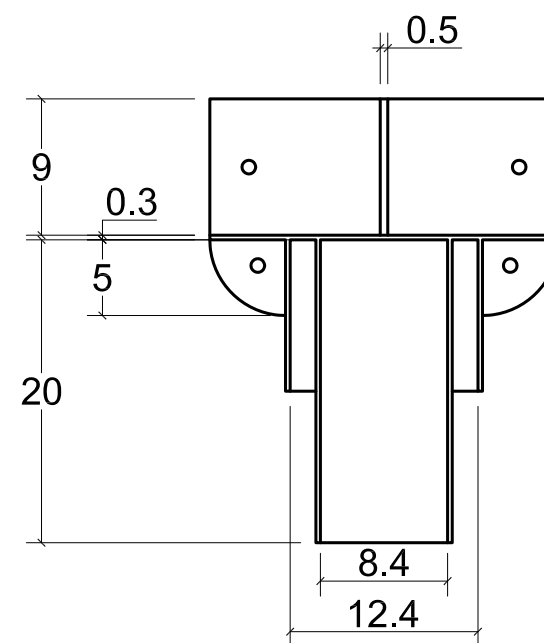
Nodo 2 (N2)



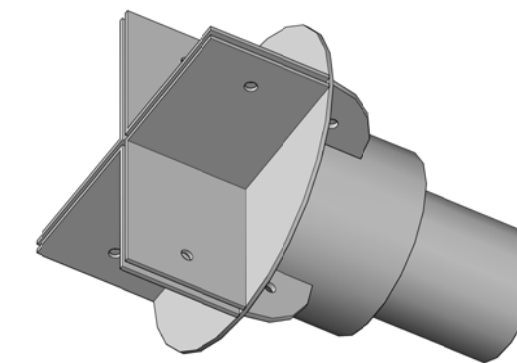
Vista Inferior



Vista Lateral

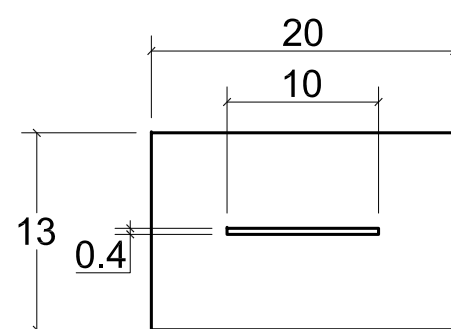


Corte Longitudinal

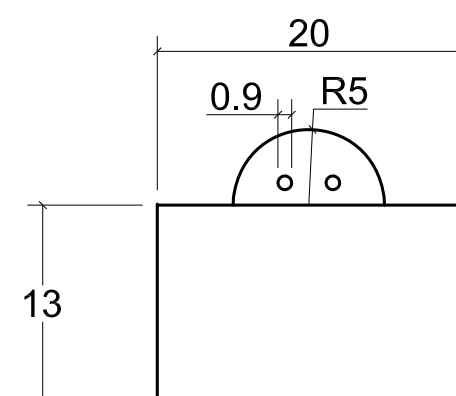


Perspectiva

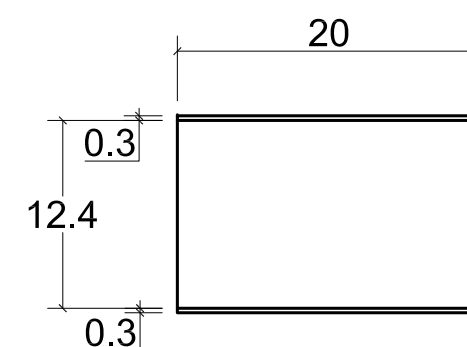
Nodo 3 (N3)



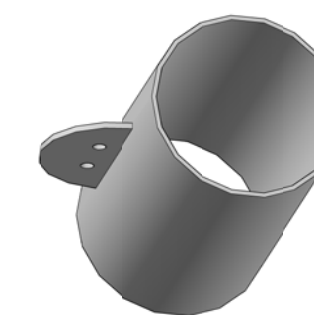
Vista Superior



Vista Lateral

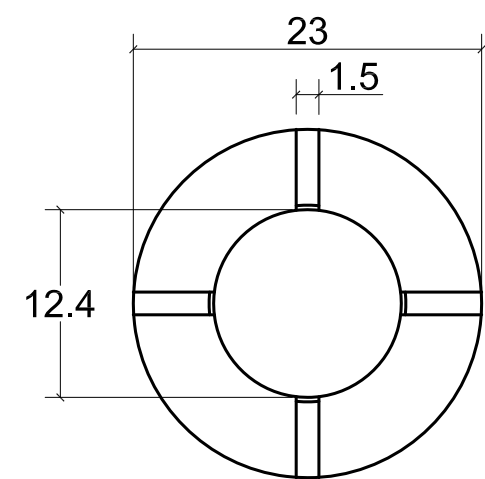


Corte Longitudinal

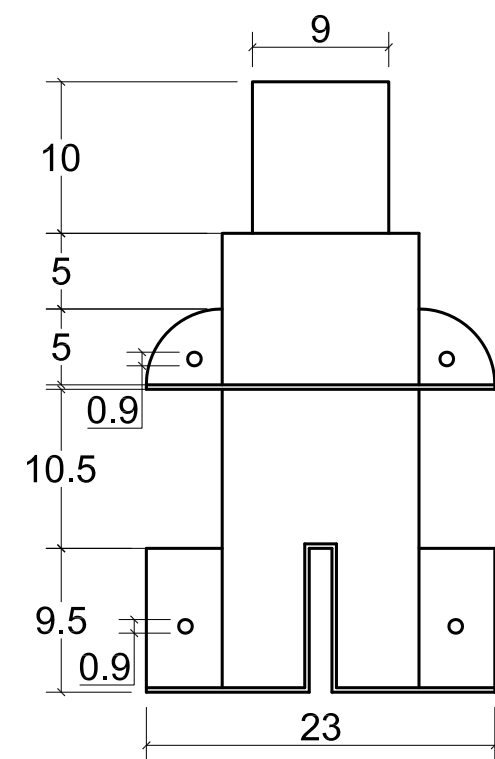


Perspectiva

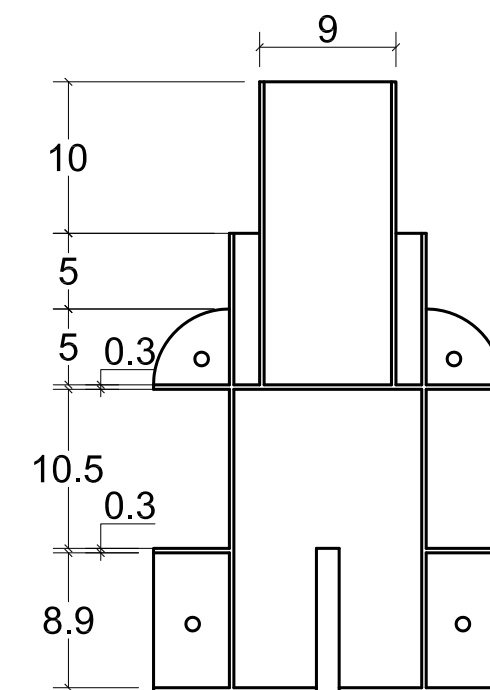
Nodo 4 (N4)



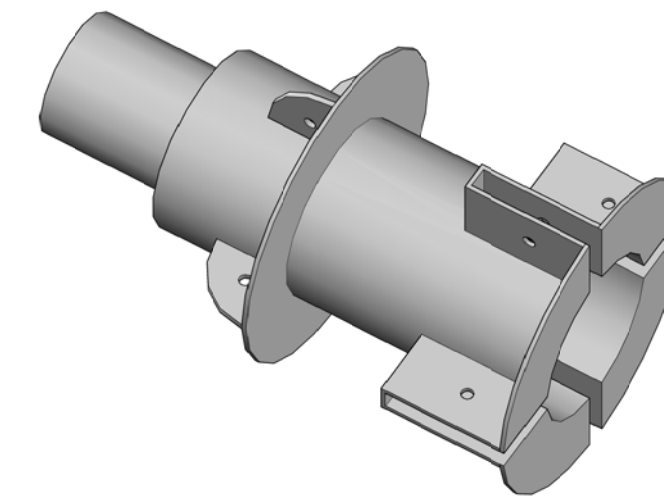
Vista Superior



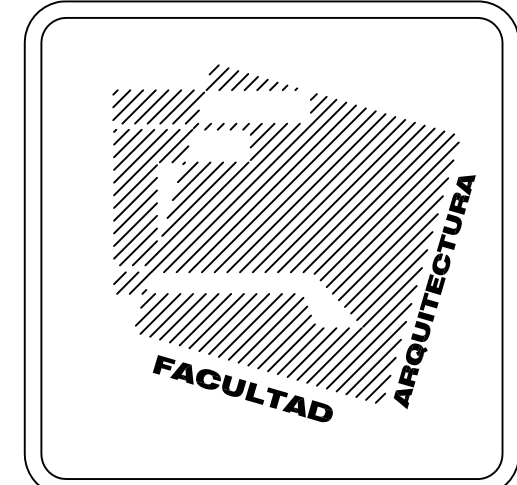
Vista Lateral



Corte Longitudinal



Perspectiva

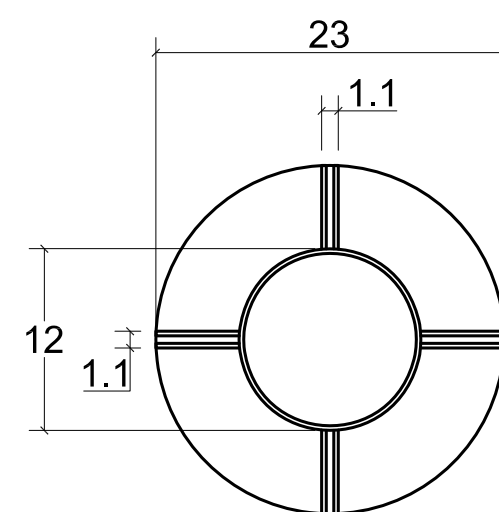


Teller José Villagran

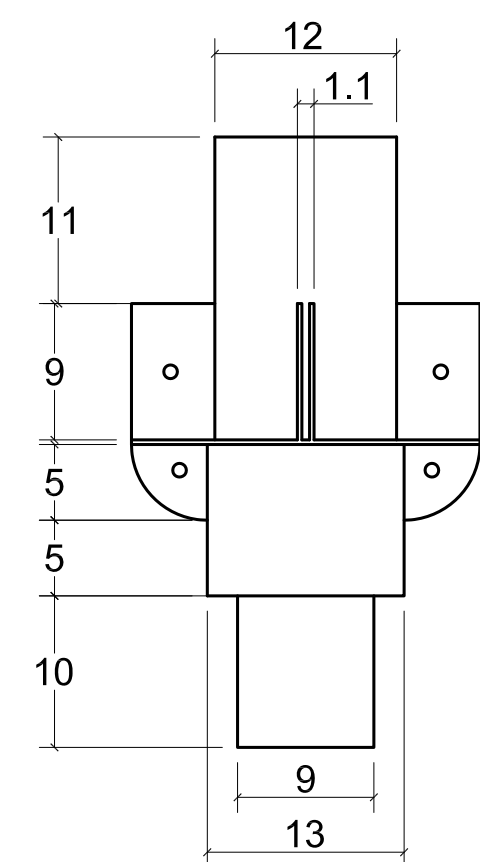
SIMBOLOGÍA

— Acero de 3mm de espesor

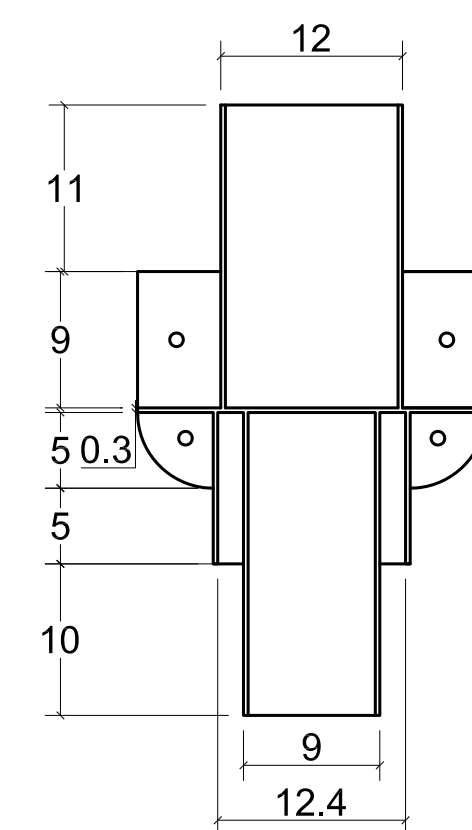
Nodo 5 (N5)



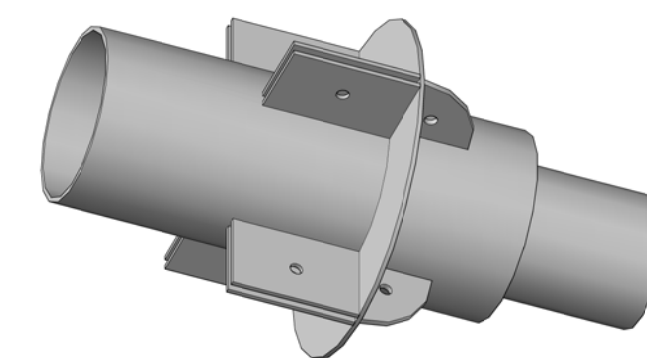
Vista Superior



Vista Lateral



Corte Longitudinal



Perspectiva

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

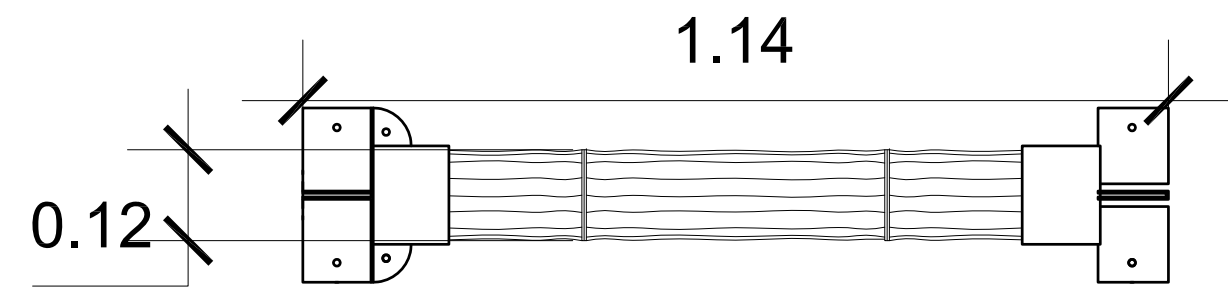
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Nodos Estructurales

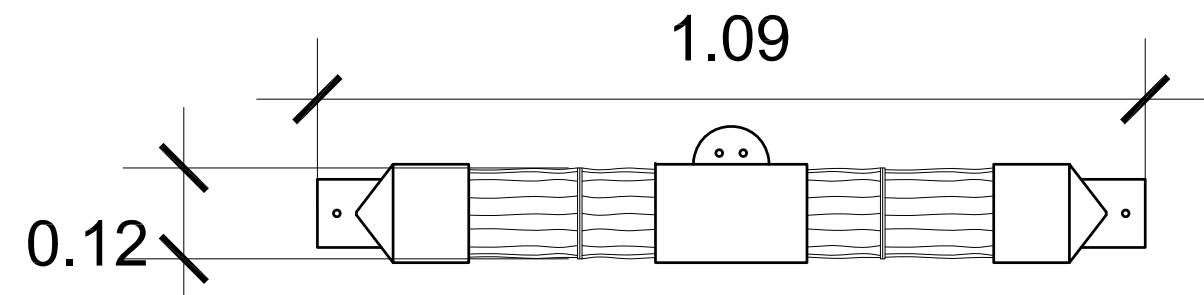
CLAVE:
C - 4

ACOTACIÓN: EN CENTÍMETROS ESCALA: 1:5

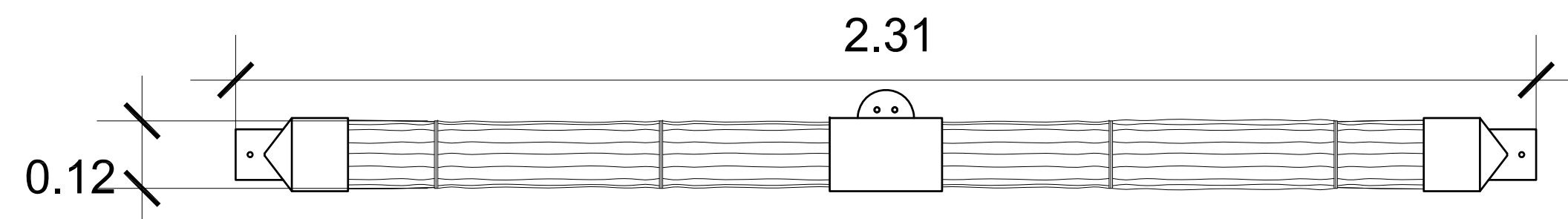
FECHA:
24 DE MAYO DE 2012



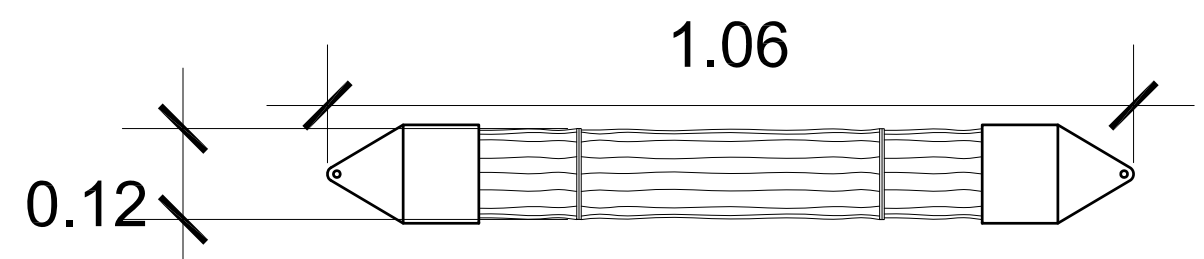
Elemento 1 (E 1)



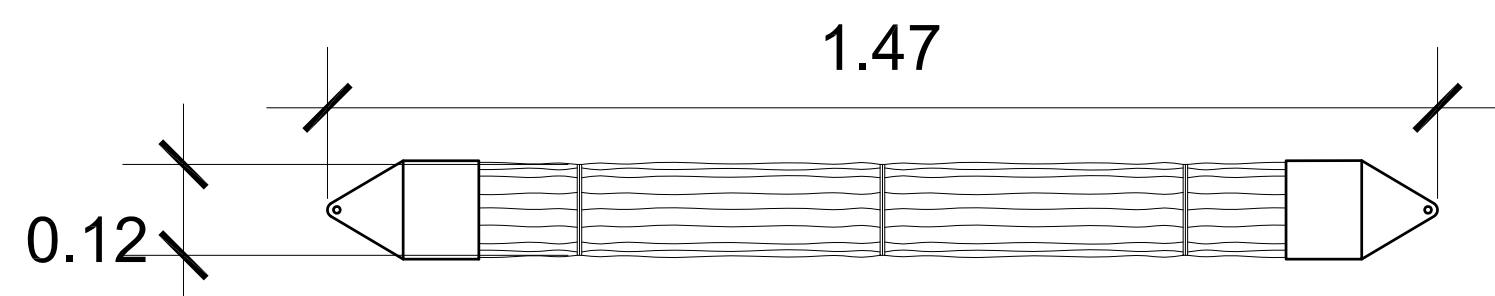
Elemento 2 (E 2)



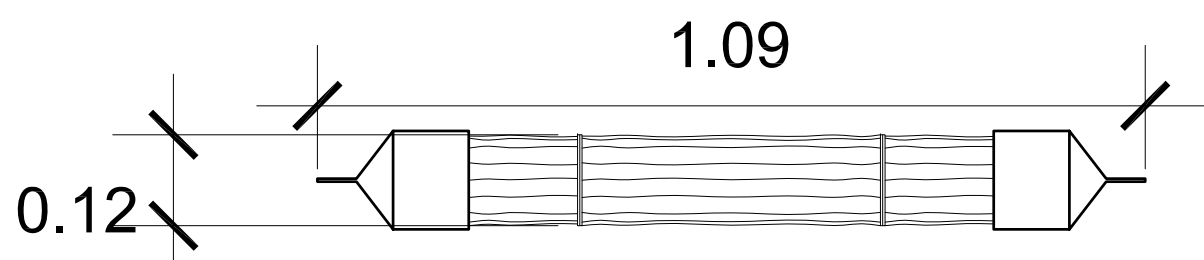
Elemento 3 (E 3)



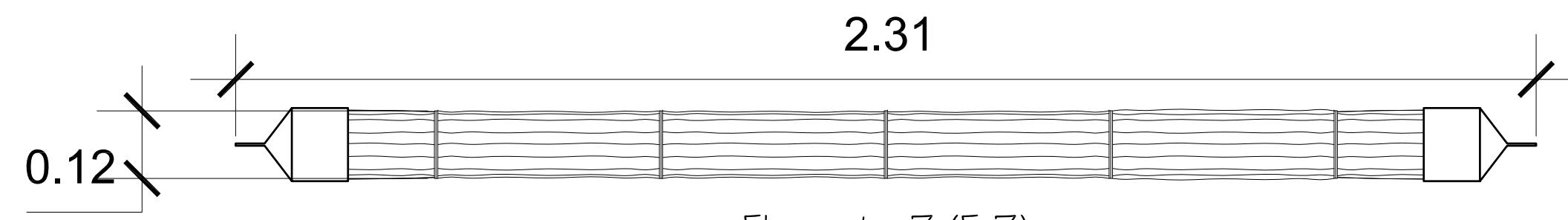
Elemento 4 (E 4)



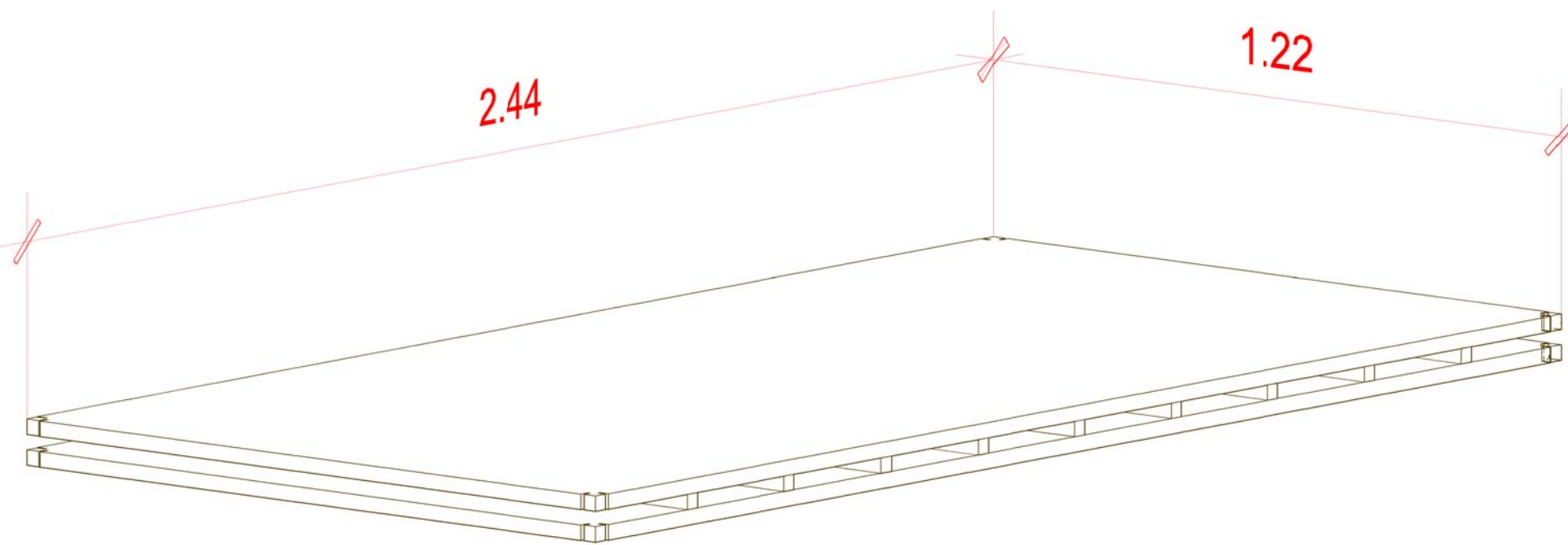
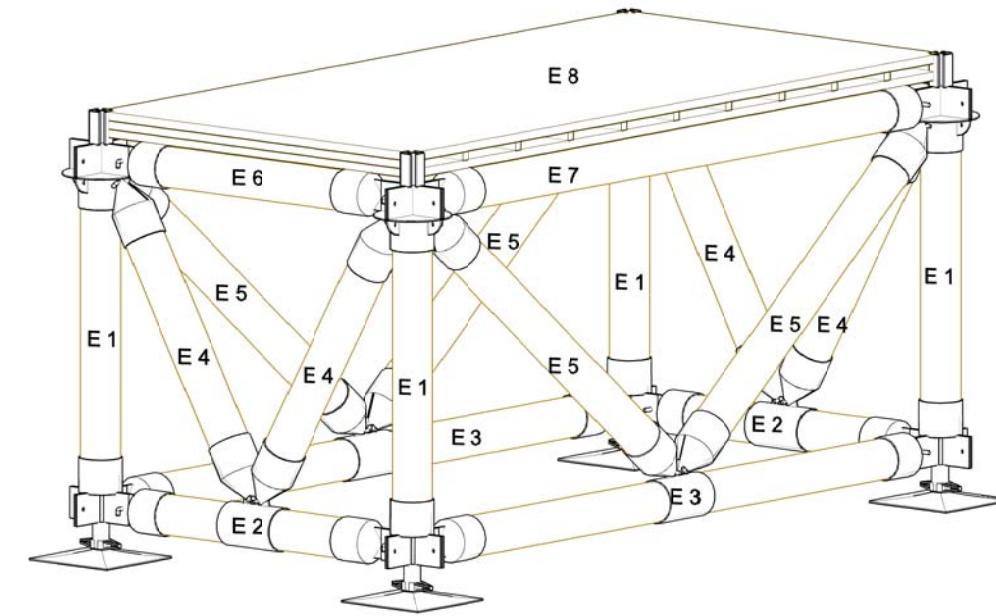
Elemento 5 (E 5)



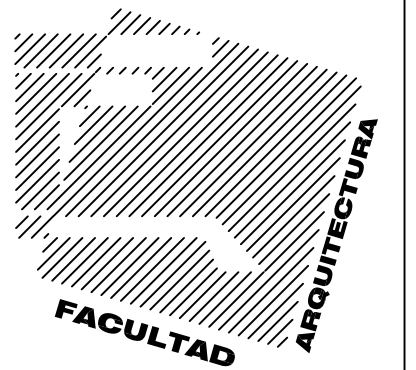
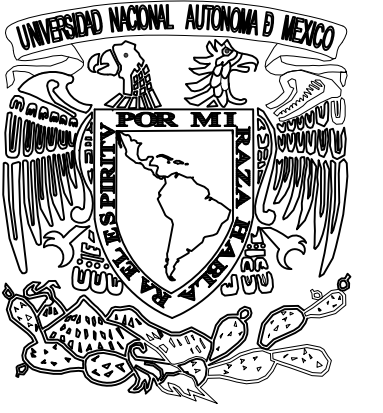
Elemento 6 (E 6)



Elemento 7 (E 7)



Elemento 8 (E 8)



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambo Guadua
- Tarima de Madera
- Nodo 1 (N1)
- Nodo 2 (N2)
- Nodo 3 (N3)
- Nodo 4 (N4)
- Nodo 5 (N5)
- Pieza de union 1 (P1)
- Pieza de union 2 (P2)
- Pieza de union 3 (P3)
- Pieza de union 4 (P4)
- Pieza de union 5 (P5)

PROYECTO

Escenario de Bambú

UBICACIÓN

Espacios previamente preparados

ALUMNO

SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:

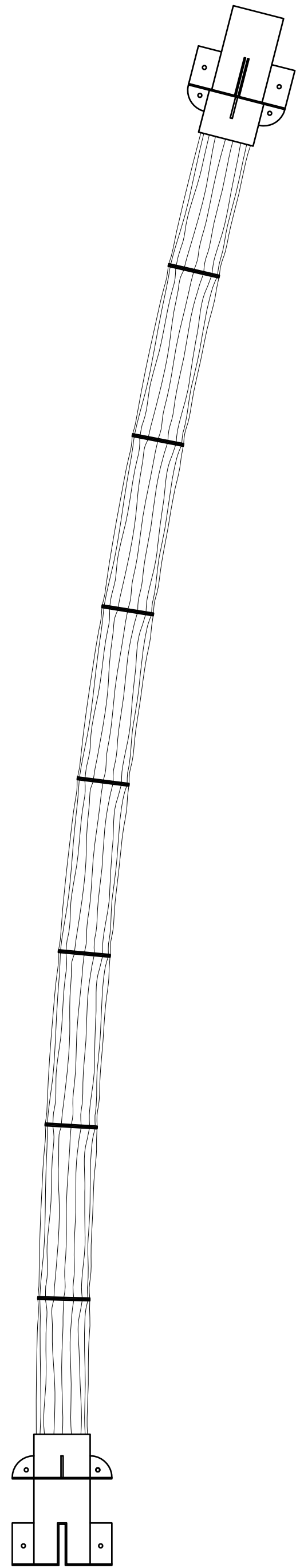
Elementos de la estructura

CLAVE:

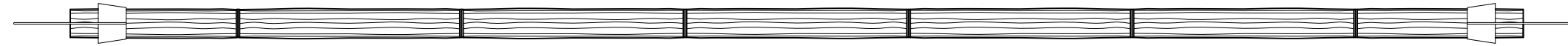
C - 5

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 10

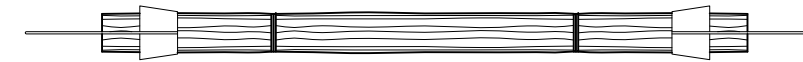
FECHA: 24 de mayo de 2012



Elemento 9 (E 9)



Elemento 11 (E 11)


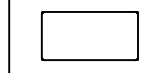





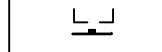


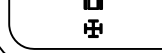
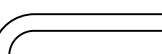


Elemento 10 (E 10)



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Bambú Guadua
-  Tanina de Madera
-  Nodo 1 (N1)
-  Nodo 2 (N2)
-  Nodo 3 (N3)
-  Nodo 4 (N4)
-  Nodo 5 (N5)
-  Pieza de union 1 (P1)
-  Pieza de union 2 (P2)
-  Pieza de union 3 (P3)
-  Pieza de union 4 (P4)
-  Pieza de union 5 (P5)

PROYECTO
Escenario de Bambú

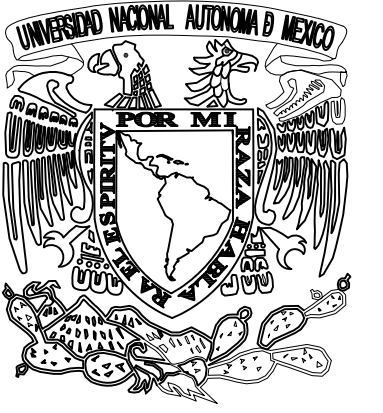
UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Elementos de la estructura
CLAVE:
C - 6


ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 10

FECHA:
24 de mayo de 2012



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Bambo Guadua
-  Nodo 1 (N1)
-  Nodo 2 (N2)
-  Nodo 3 (N3)
-  Nodo 4 (N4)
-  Nodo 5 (N5)
-  Pieza de union 1 (P1)
-  Pieza de union 2 (P2)
-  Pieza de union 3 (P3)
-  Pieza de union 4 (P4)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

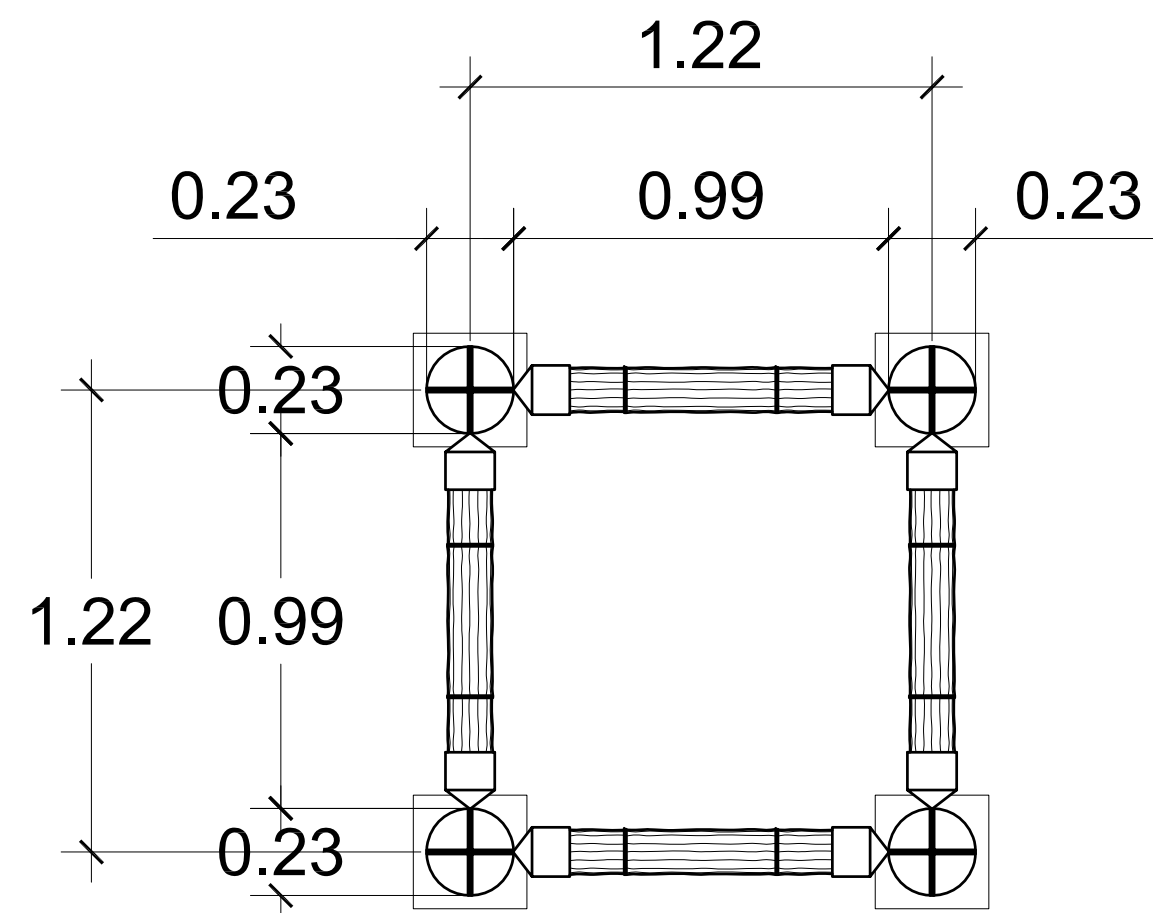
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Modulo Tipo I

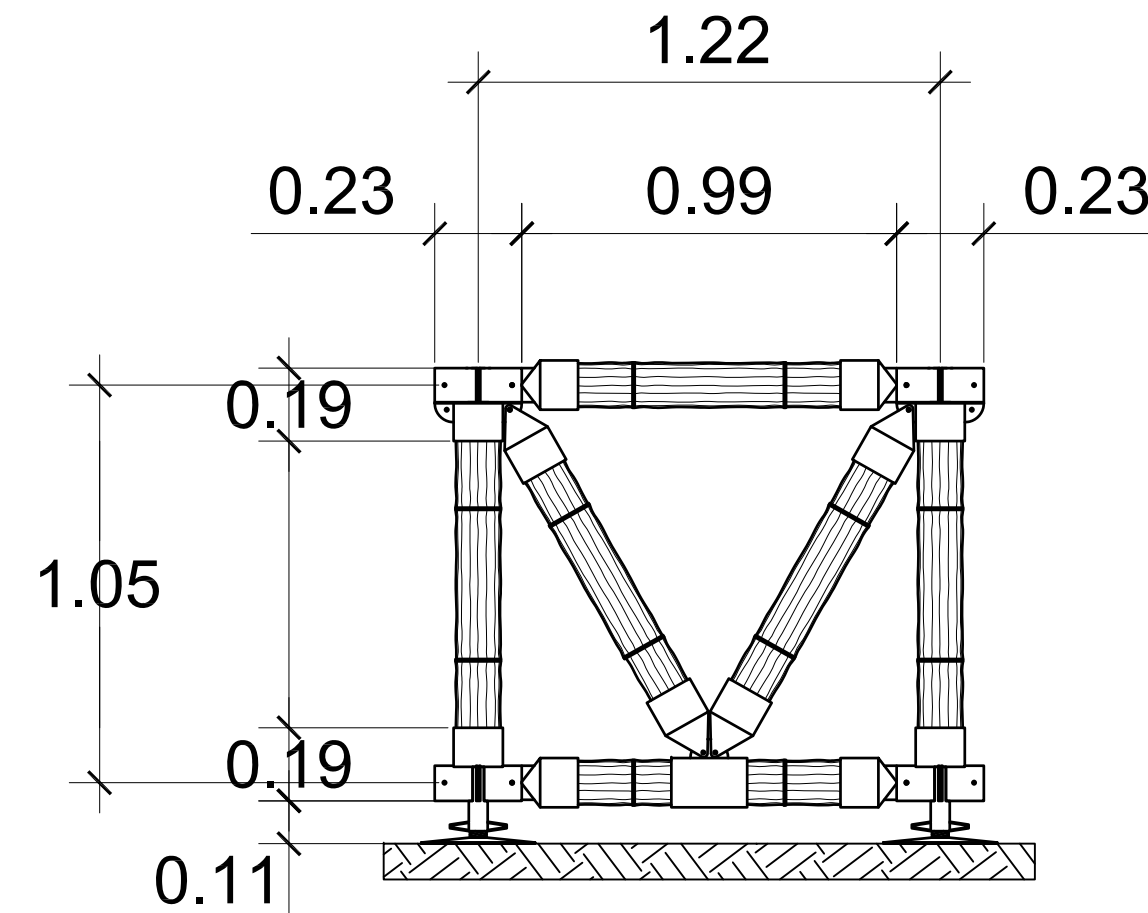
CLAVE:
C - 7

ACOTACIÓN: ESCALA:
EN METROS 1: 20

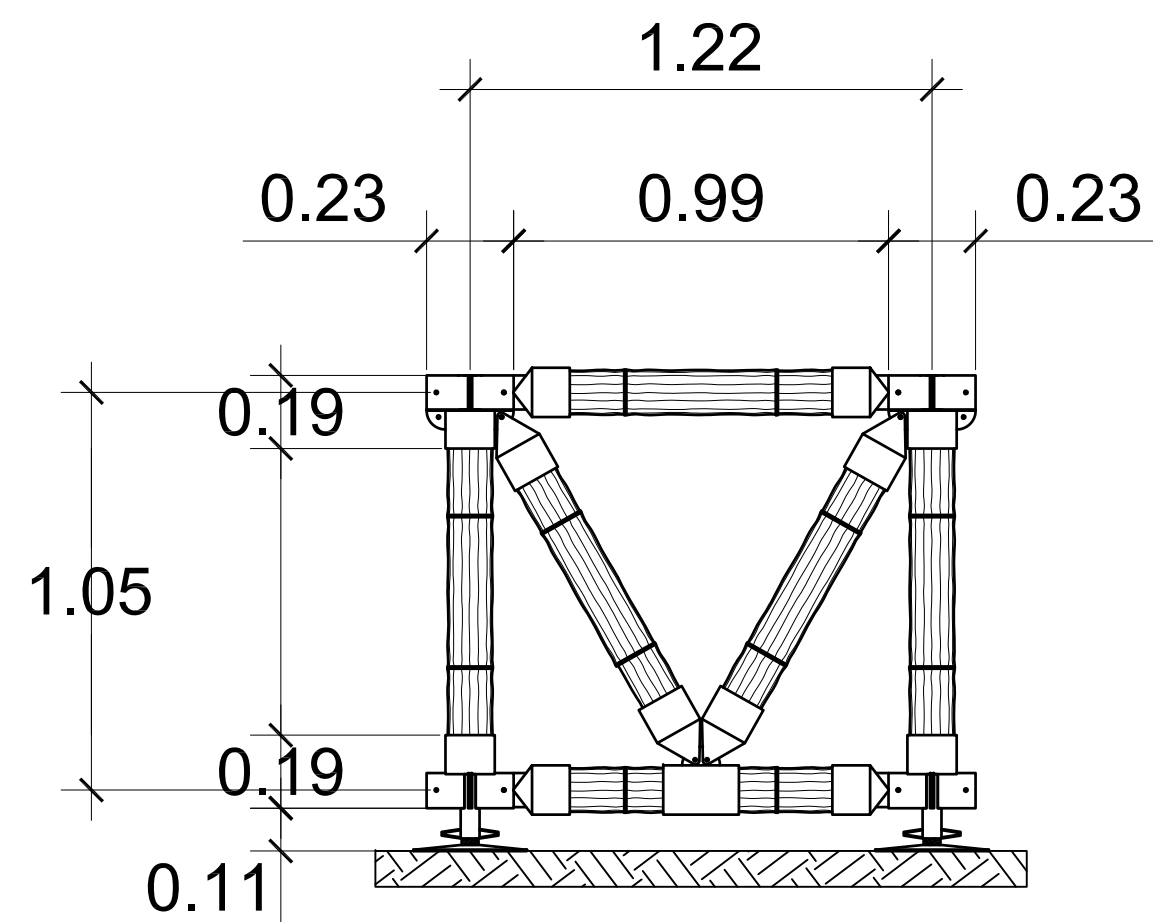
FECHA:
24 de mayo de 2012



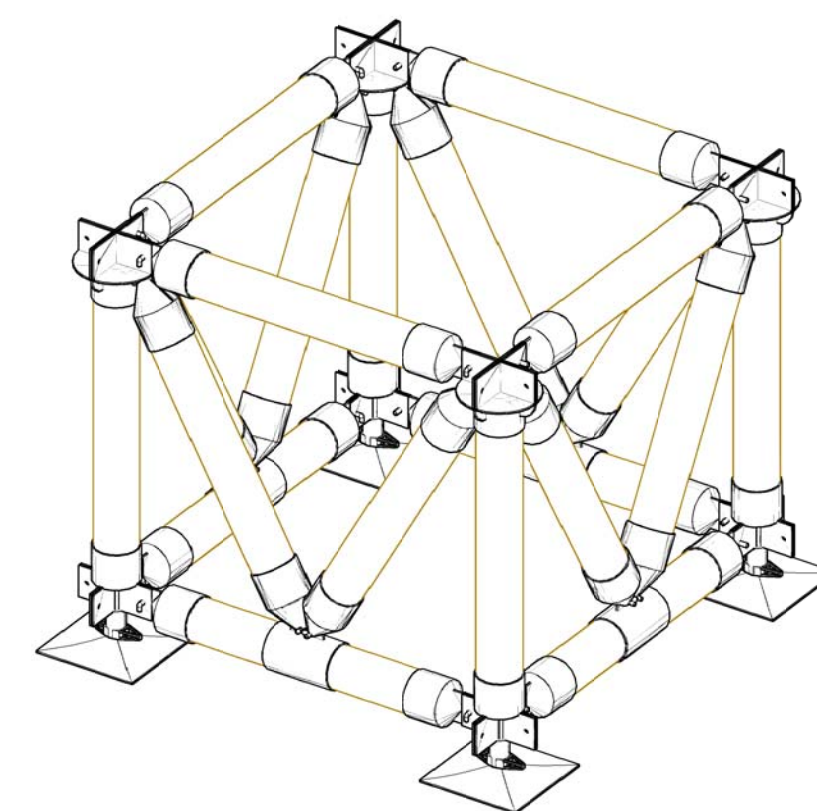
Planta



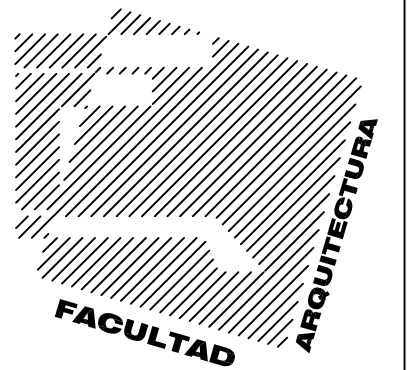
Alzado Lateral



Alzado Frontal

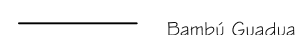




Perspectiva



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Bambo Guadua
-  Nodo 1 (N1)
-  Nodo 2 (N2)
-  Nodo 3 (N3)
-  Nodo 4 (N4)
-  Nodo 5 (N5)
-  Pieza de union 1 (P1)
-  Pieza de union 2 (P2)
-  Pieza de union 3 (P3)
-  Pieza de union 4 (P4)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

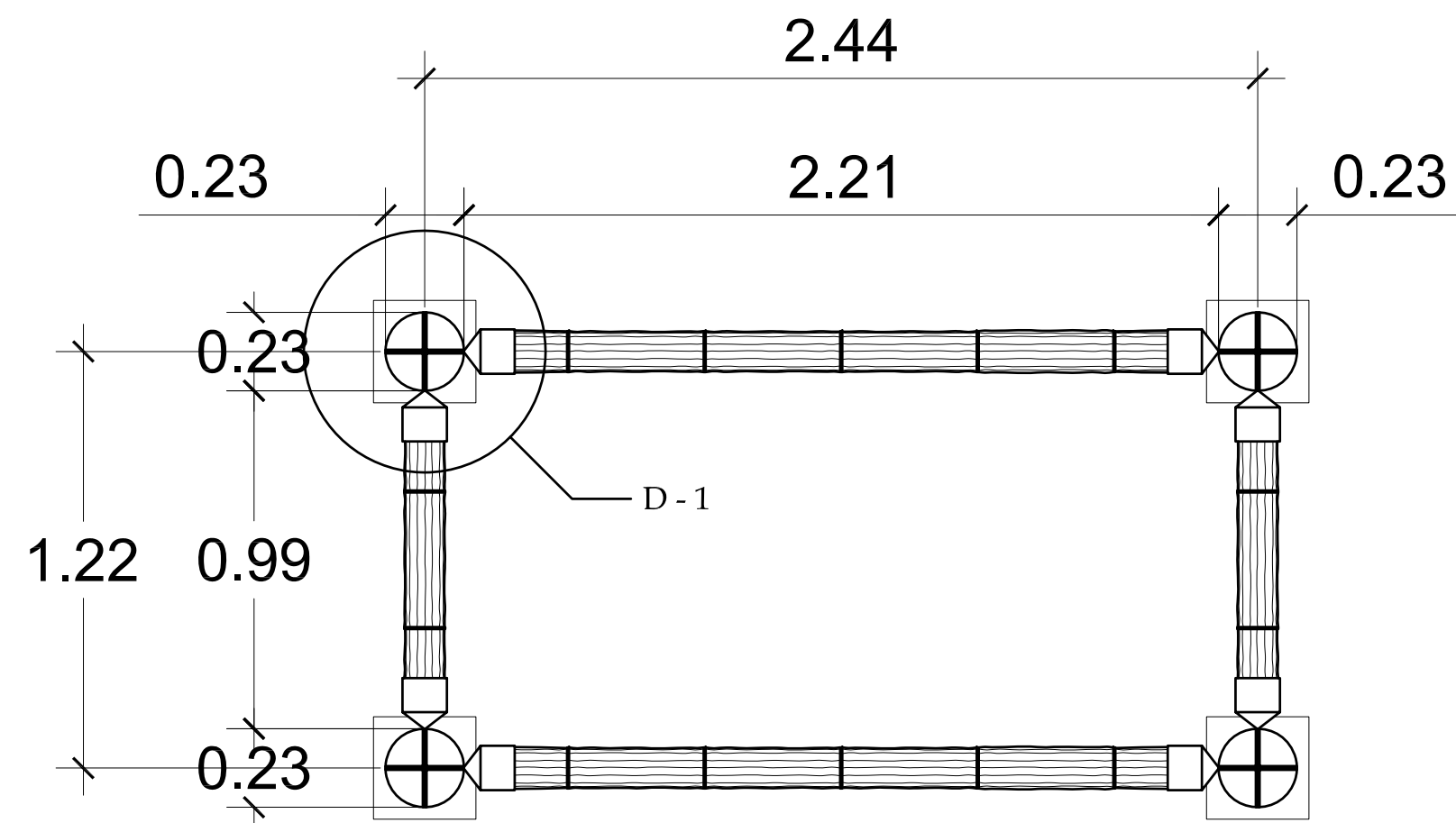
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Modulo Tipo 2

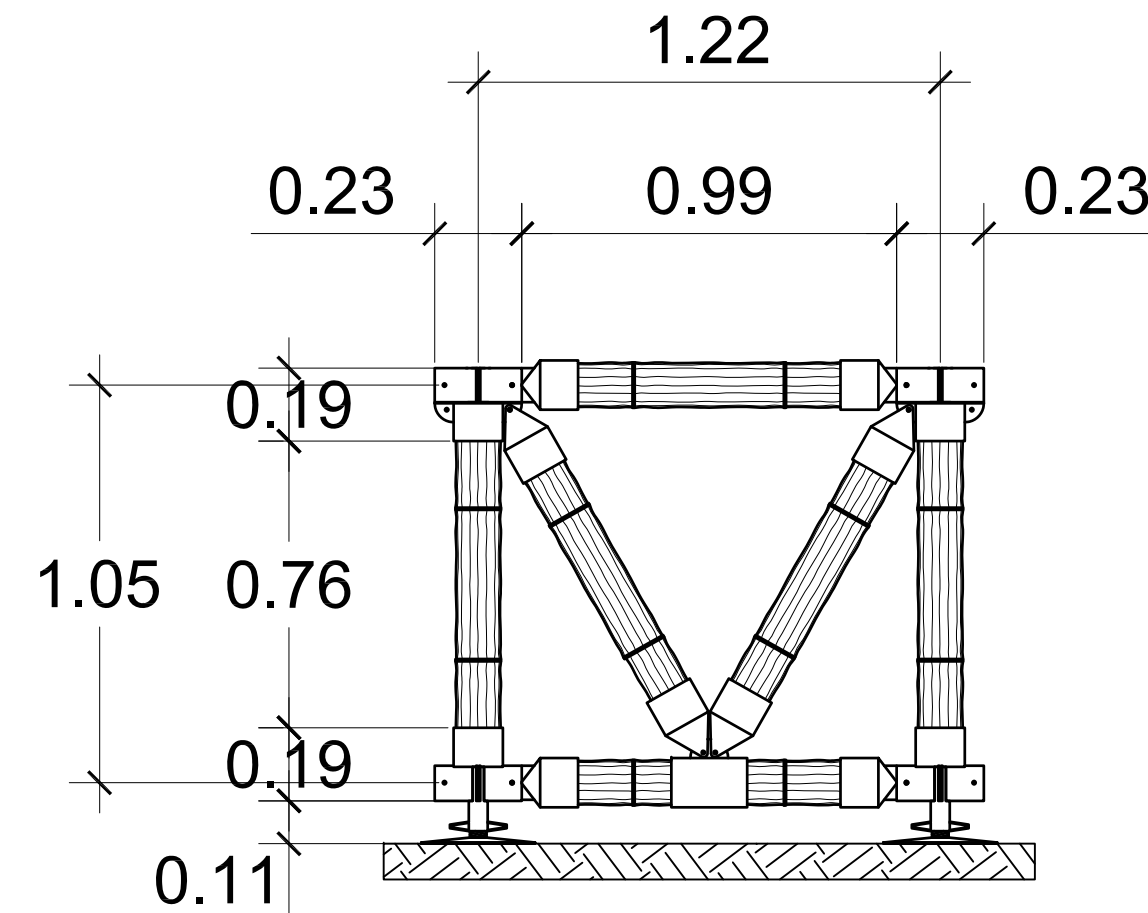
CLAVE:
C - 8

ACOTACIÓN: ESCALA:
EN METROS 1: 20

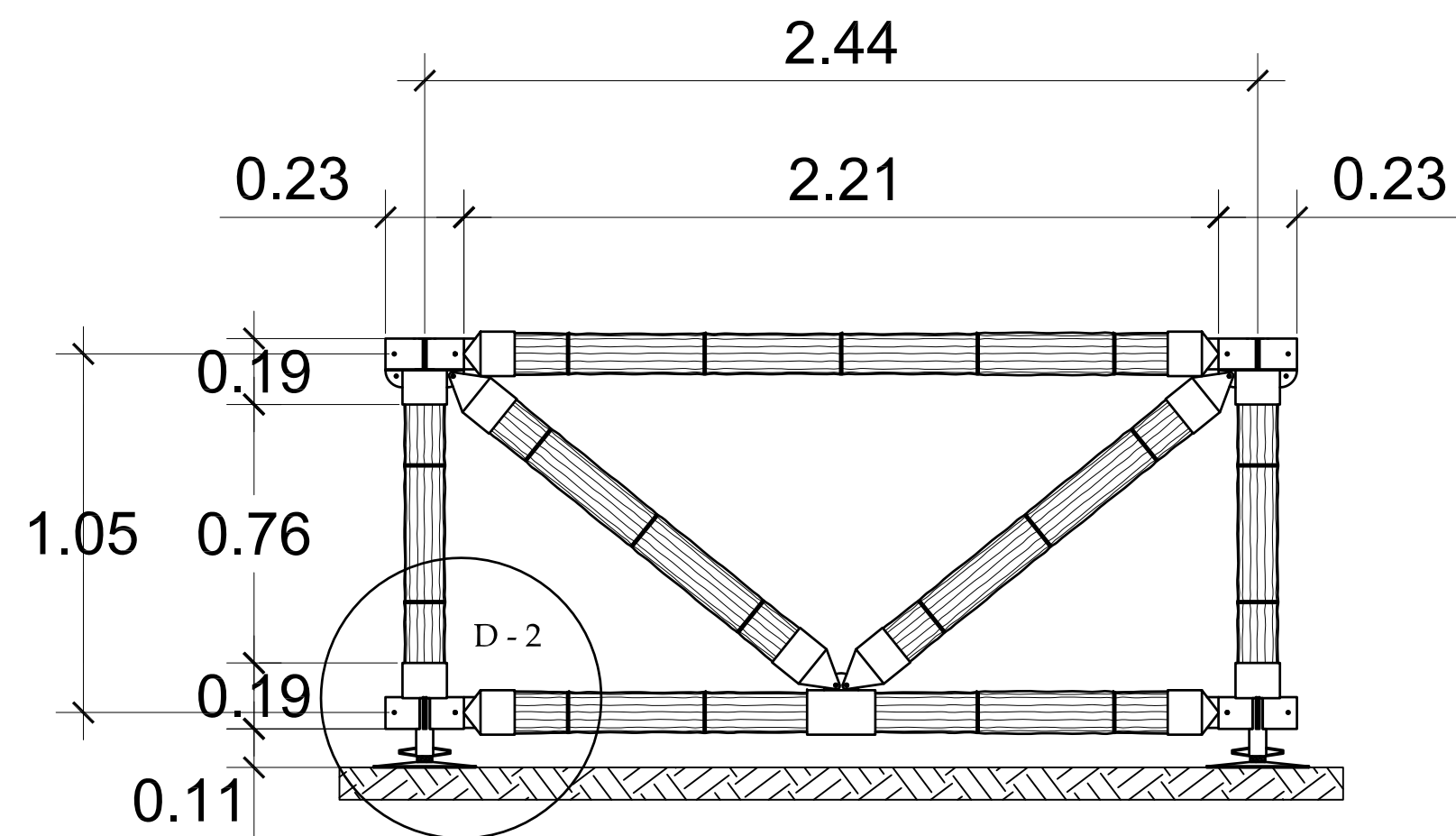
FECHA:
24 de mayo de 2012



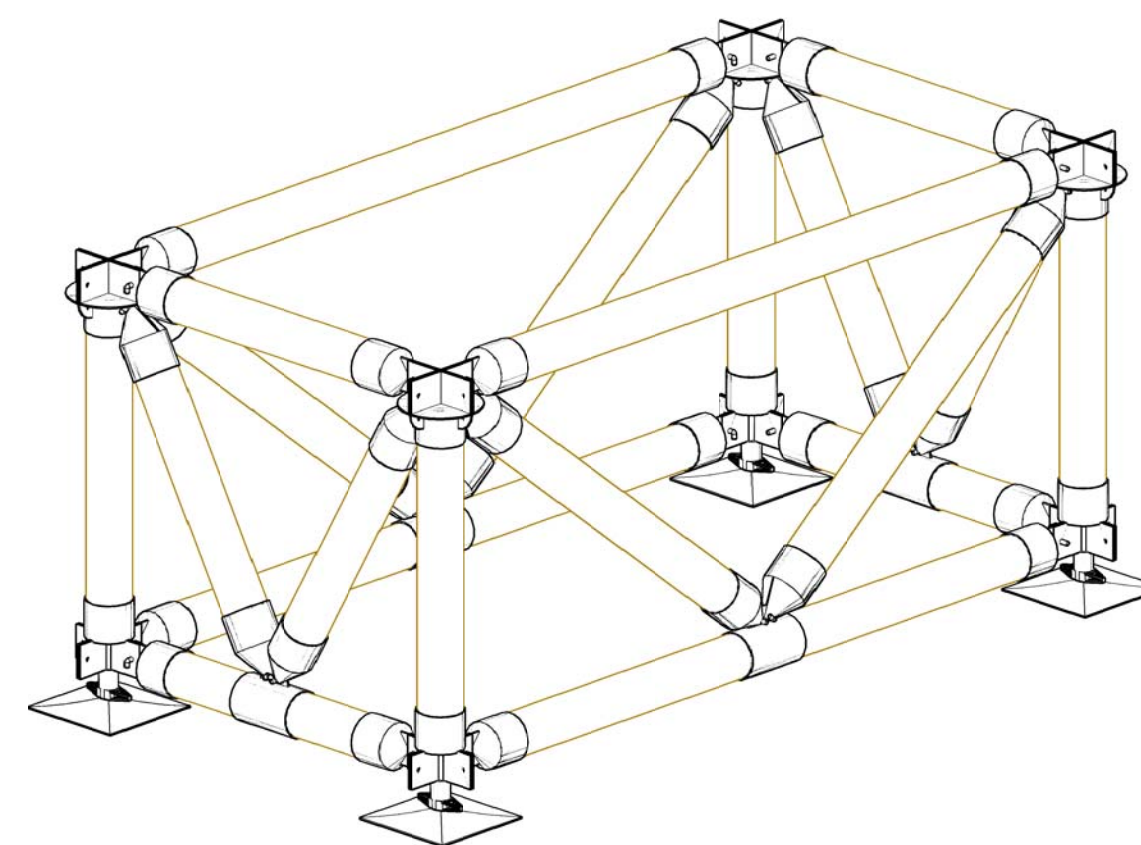
Planta



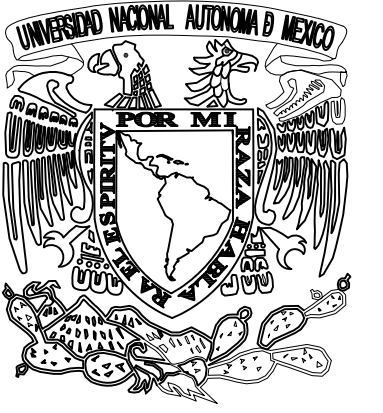
Alzado Lateral



Alzado Frontal

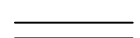
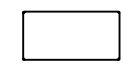












Perspectiva



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Bambo Guadua
-  Tarima de Madera
-  Nodo 1 (N1)
-  Nodo 2 (N2)
-  Nodo 3 (N3)
-  Nodo 4 (N4)
-  Nodo 5 (N5)
-  Pieza de union 1 (P1)
-  Pieza de union 2 (P2)
-  Pieza de union 3 (P3)
-  Pieza de union 4 (P4)
-  Pieza de union 5 (P5)

PROYECTO
Escenario de Bambú

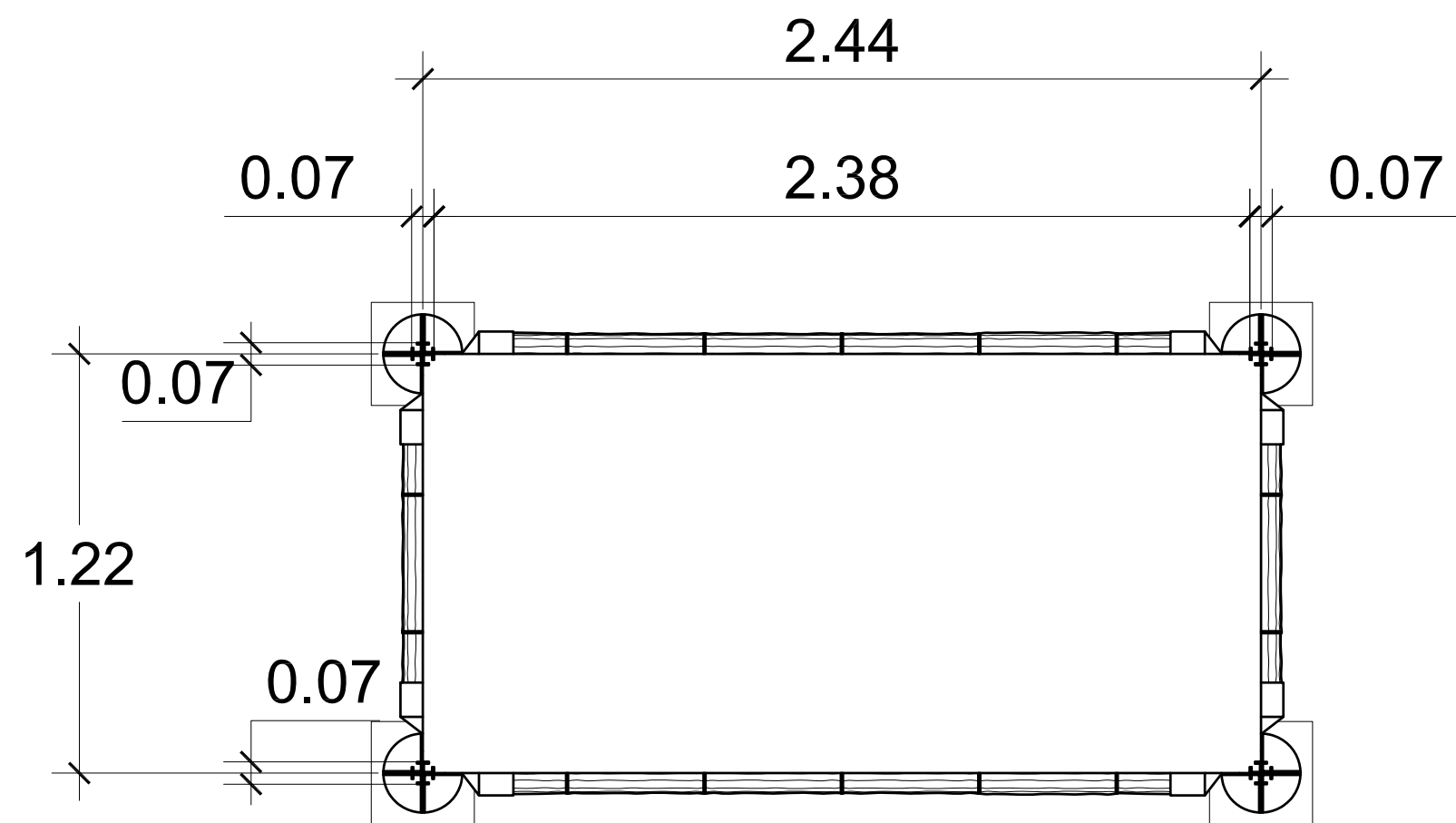
UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

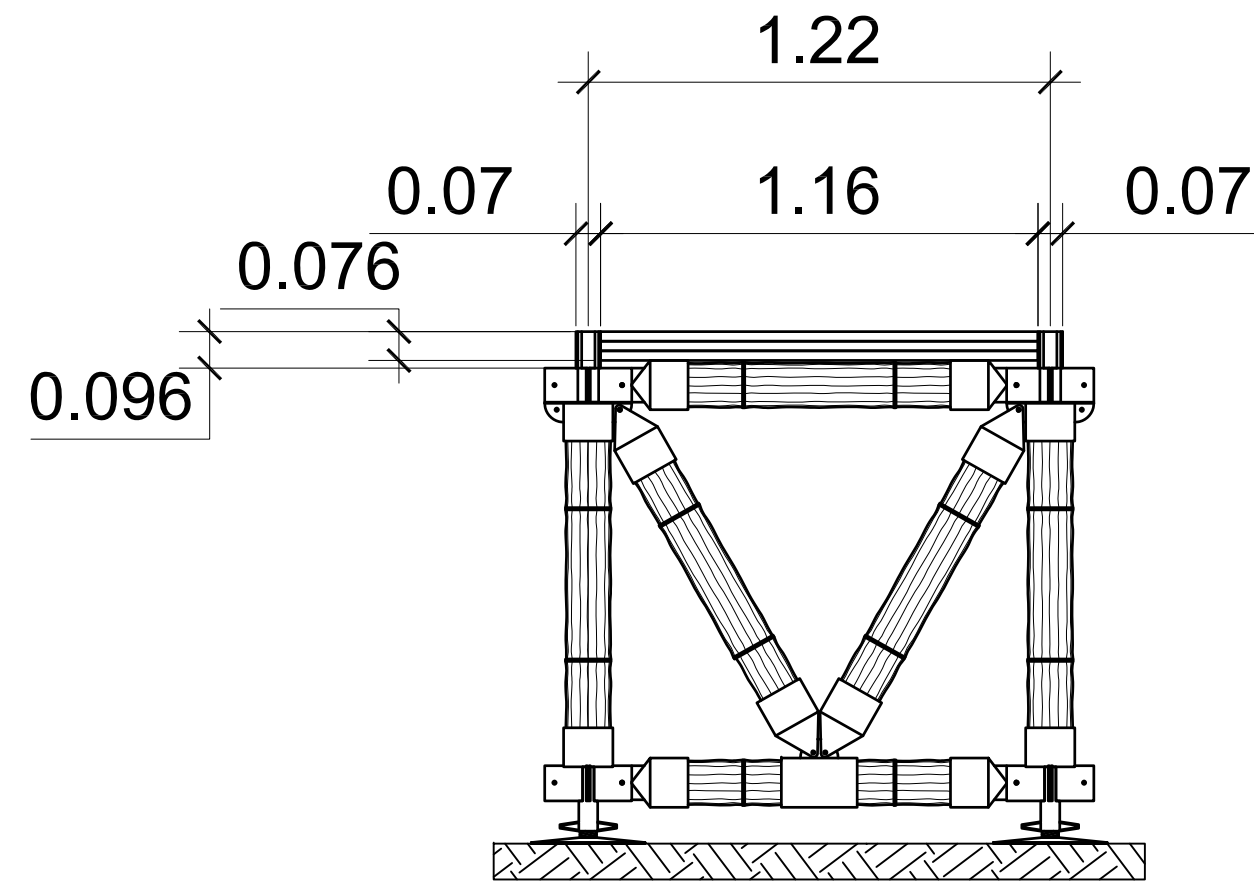
NOMBRE DE PLANO:
Modulo Tipo 2 con
tarima
CLAVE:
C - 9

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 20

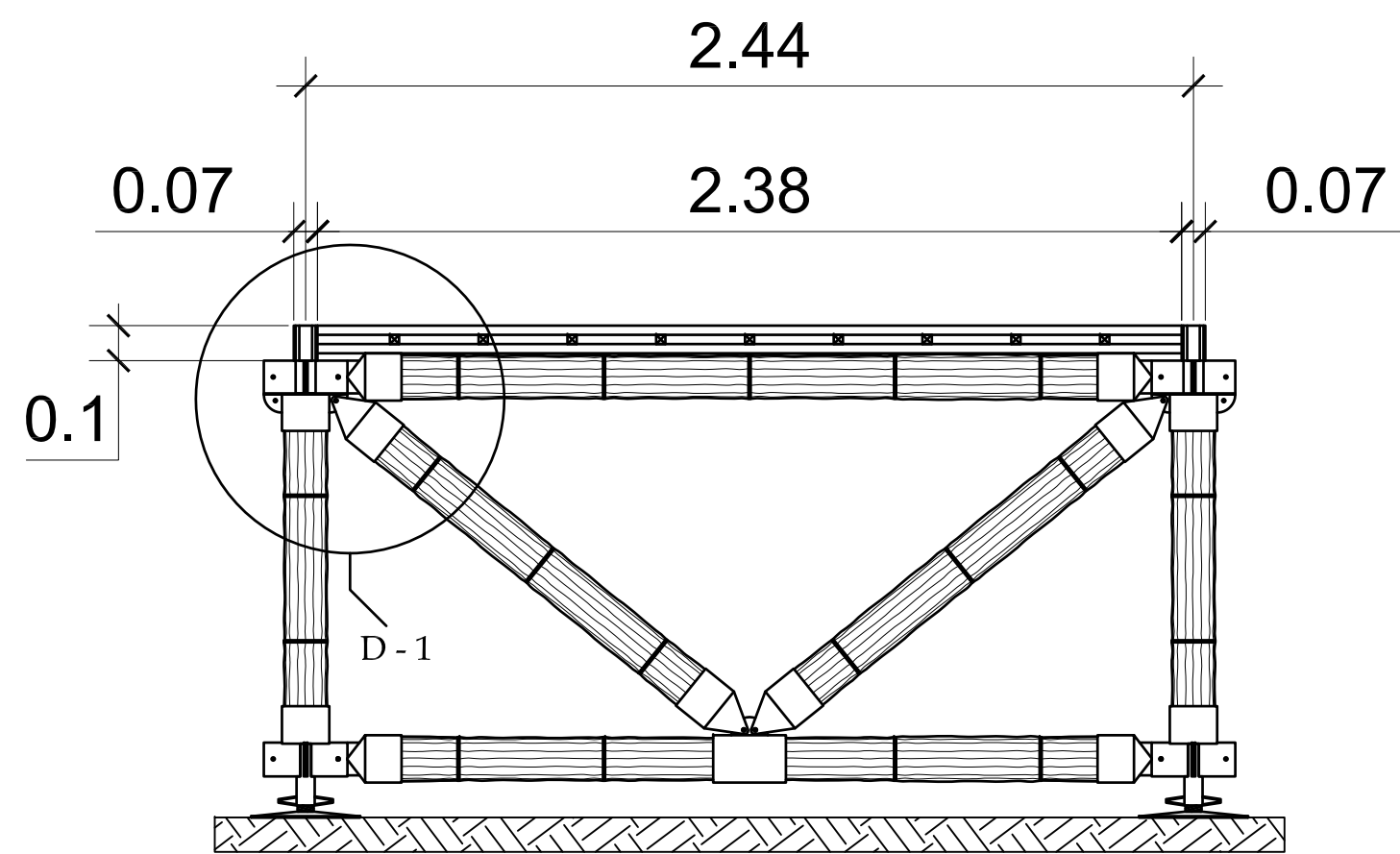
FECHA:
24 de mayo de 2012



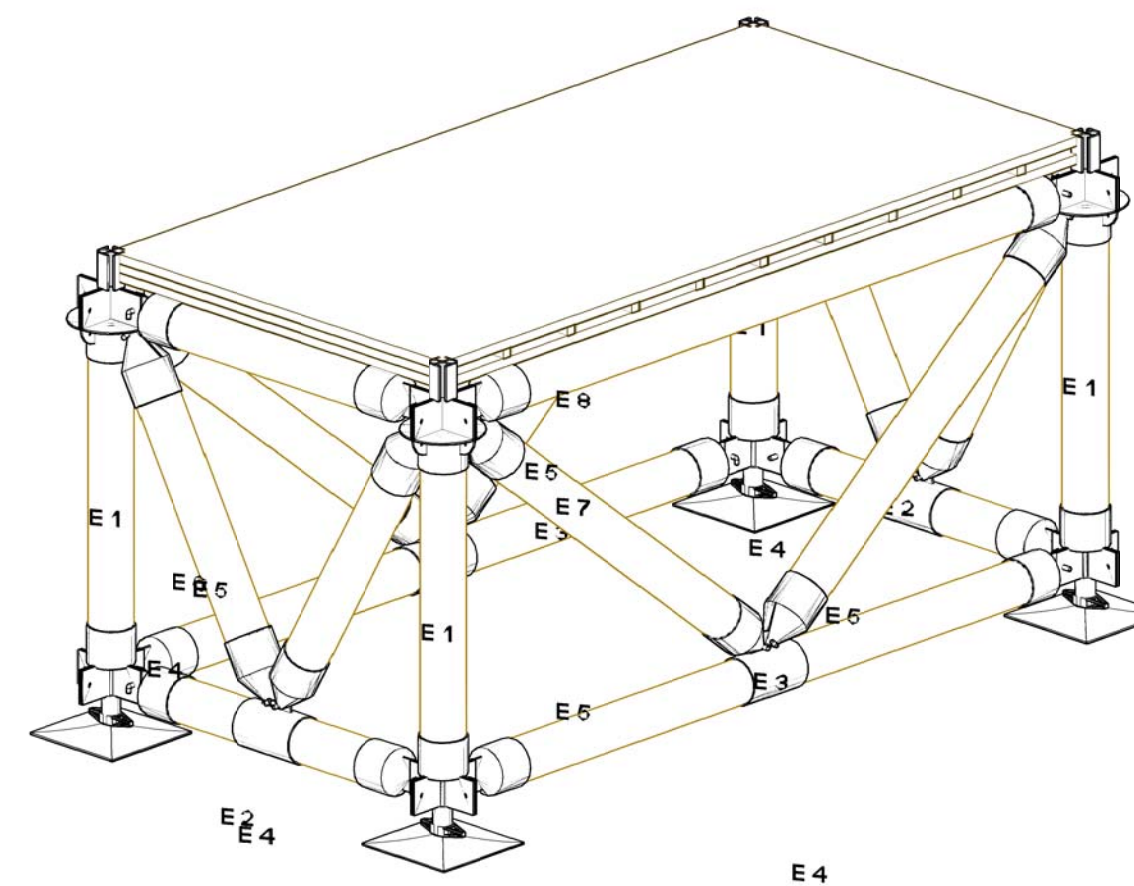
Planta



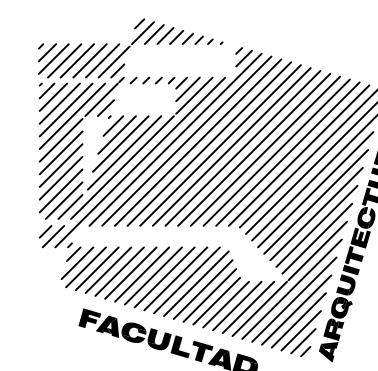
Alzado Lateral



Alzado Frontal



Perspectiva



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambú Guadua
- Nodo 2 (N2)
- Pieza de union 3 (P3)
- Pieza 1 (P1)
- Pieza de union 5 (P5)
- Tarima de Madera

PROYECTO
Escenario de Bambú

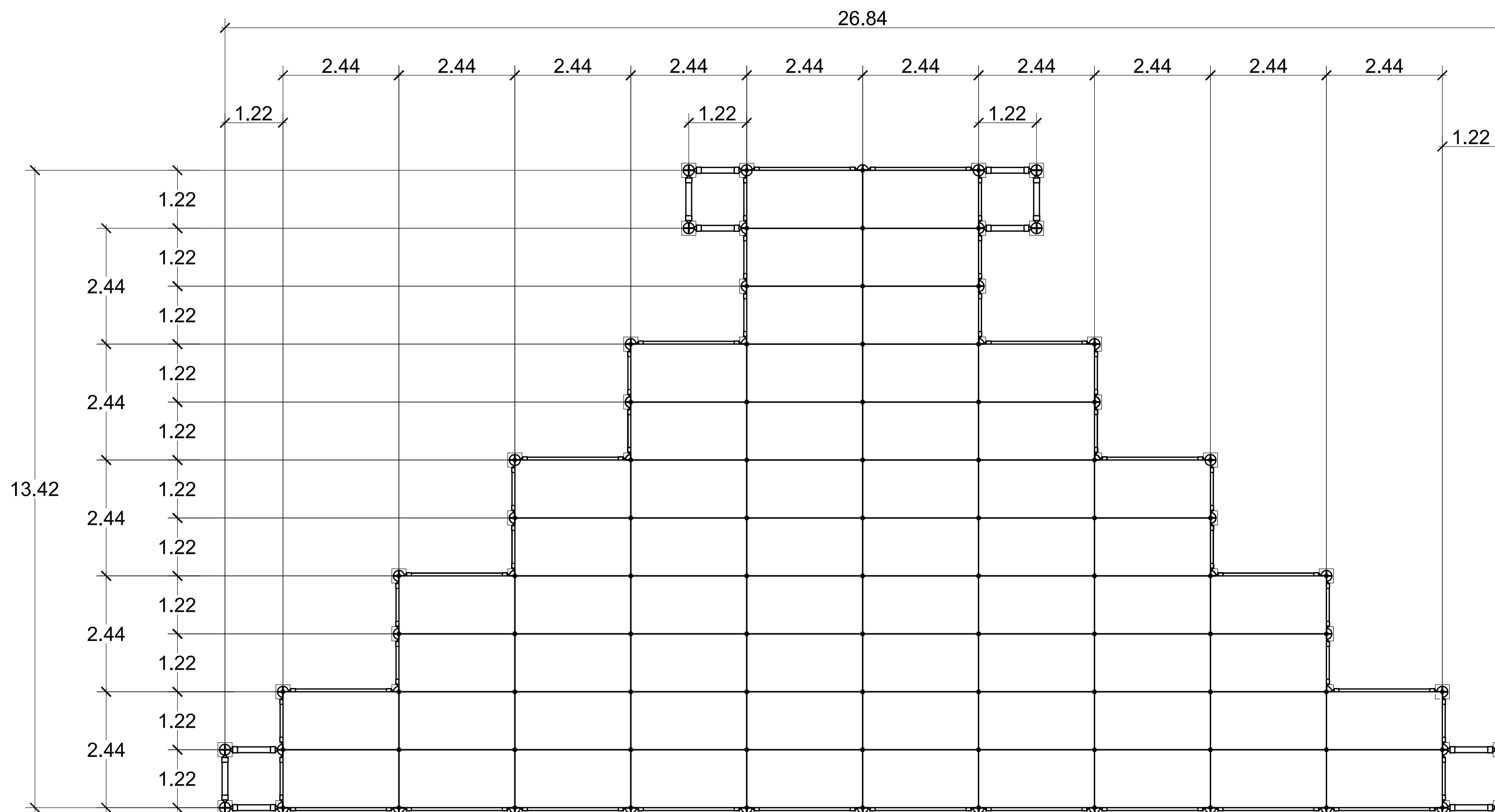
UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Planta de plataforma con
despiece de tarimas
CLAVE:
C - 10

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1:75

FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

— Velana Ferran

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

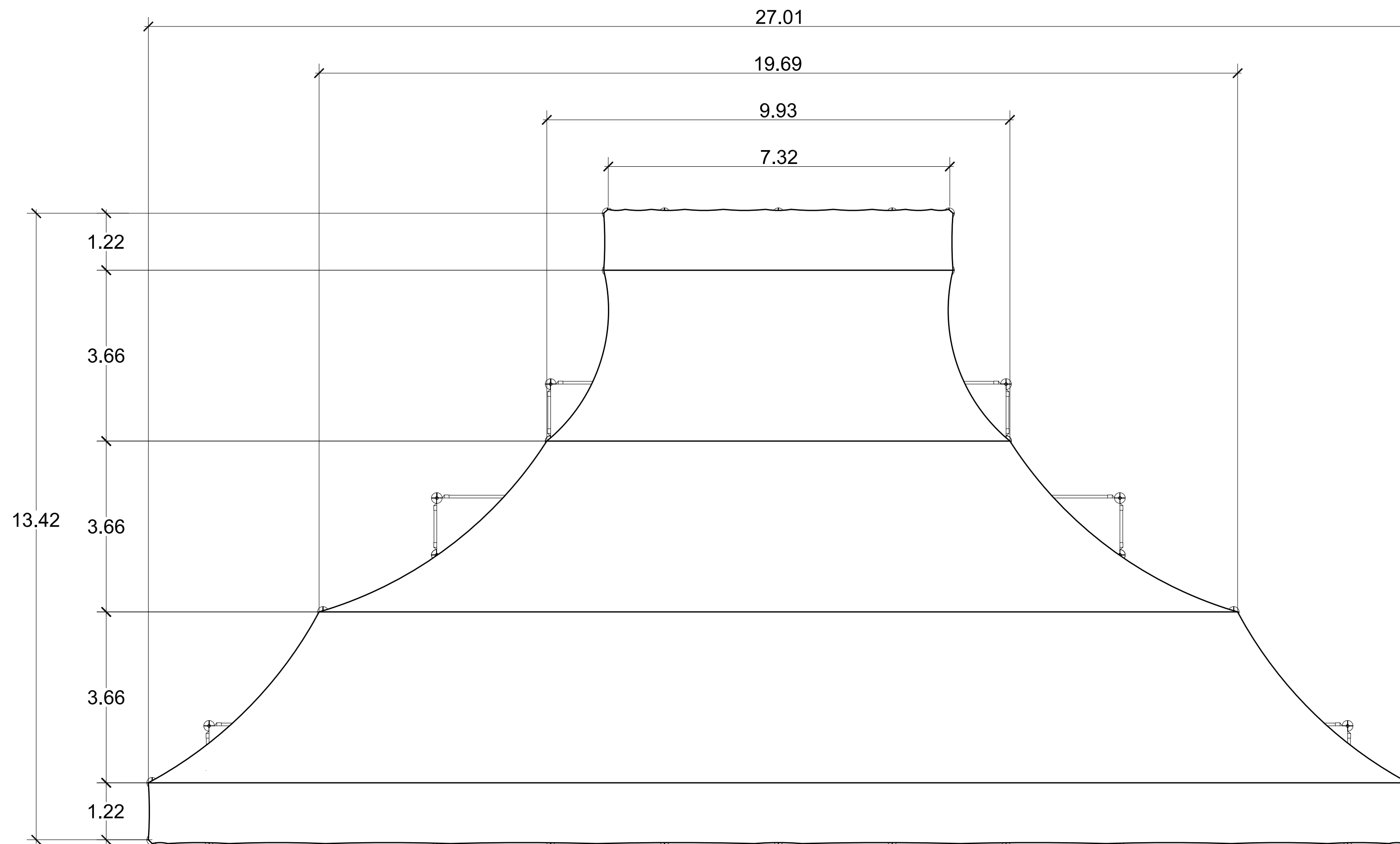
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Planta de techos o de
Velaria

CLAVE:
C - II

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1:75
















FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Bambú Guadua
-  Bambú calliue
-  Velana Ferran
-  Tanma de Madera
-  Nodo 1 (N1)
-  Nodo 2 (N2)
-  Nodo 3 (N3)
-  Nodo 4 (N4)
-  Nodo 5 (N5)
-  Pieza de union 1 (F1)
-  Pieza de union 2 (F2)
-  Pieza de union 3 (F3)
-  Pieza de union 4 (F4)
-  Pieza de union 5 (F5)
-  Pieza de union 6 (F6)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:

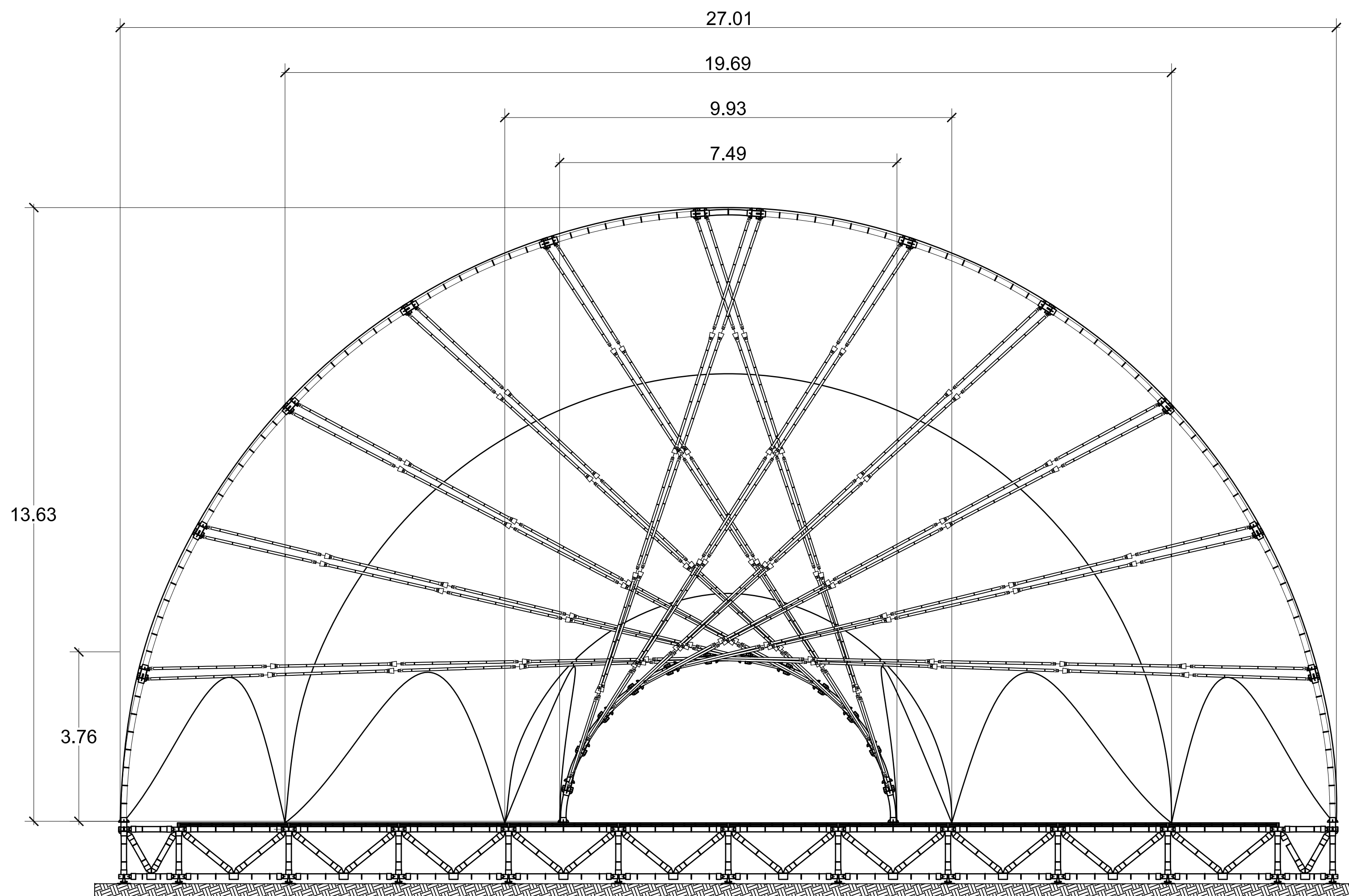
Alzado frontal

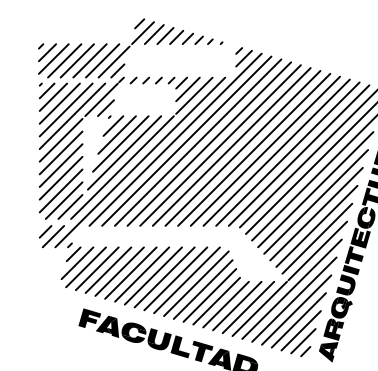
CLAVE:

C - 12

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 75

FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambú Guadua
- Velana Ferran
- Nodo 1 (N1)
- Nodo 2 (N2)
- Nodo 3 (N3)
- Pieza de union 1 (P1)
- Pieza de union 2 (P2)
- Pieza de union 3 (P3)
- Pieza de union 4 (P4)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

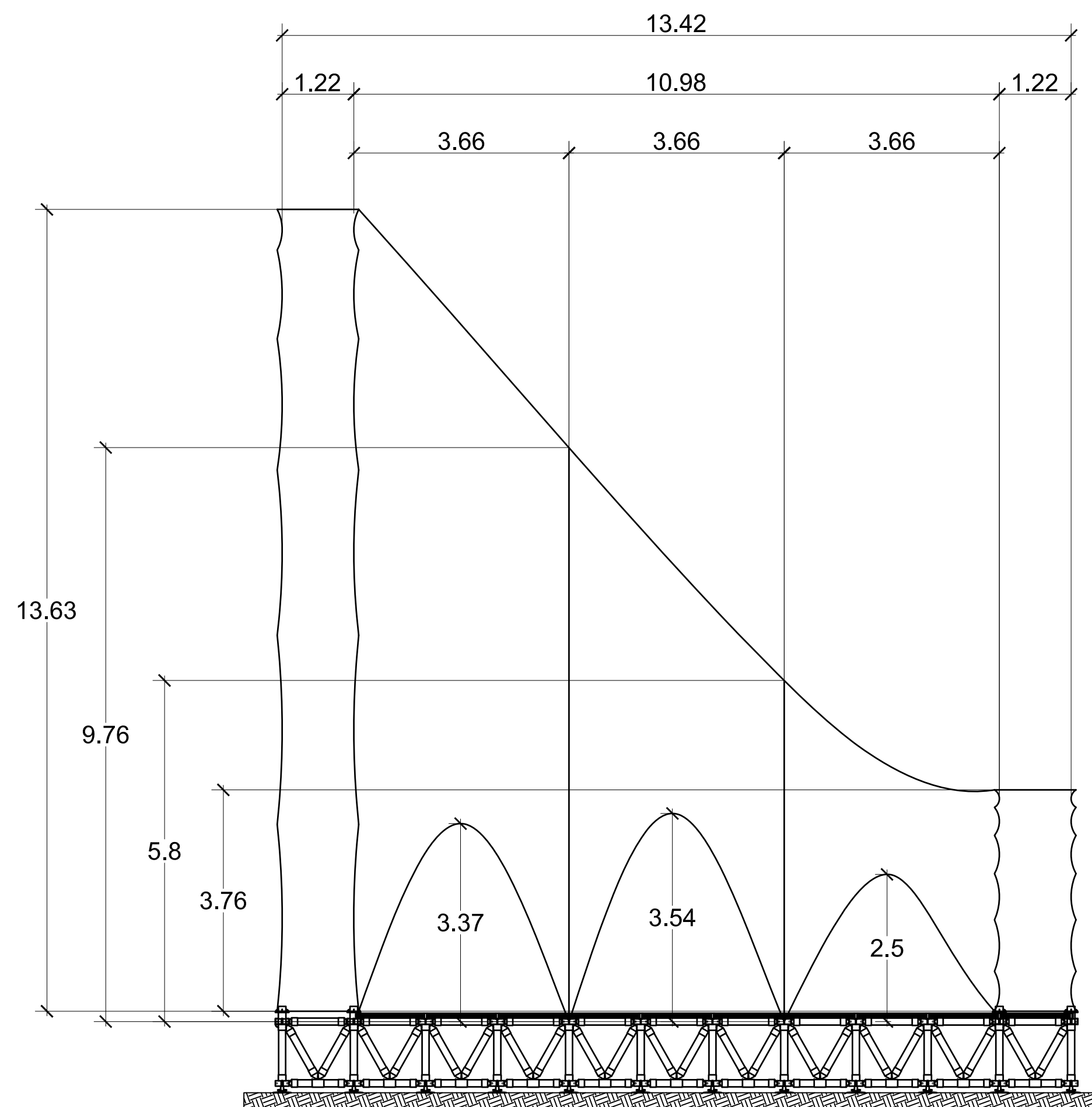
NOMBRE DE PLANO:

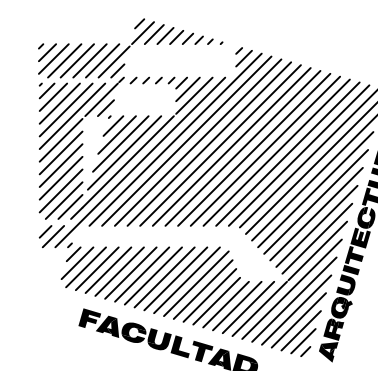
Alzado lateral

CLAVE:
C - 13

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1:75

FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Velana Ferran
- V - 1 Pieza de valana 1
- V - 2 Pieza de valana 2
- V - 3 Pieza de valana 3
- V - 4 Pieza de valana 4
- V - 5 Pieza de valana 5

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

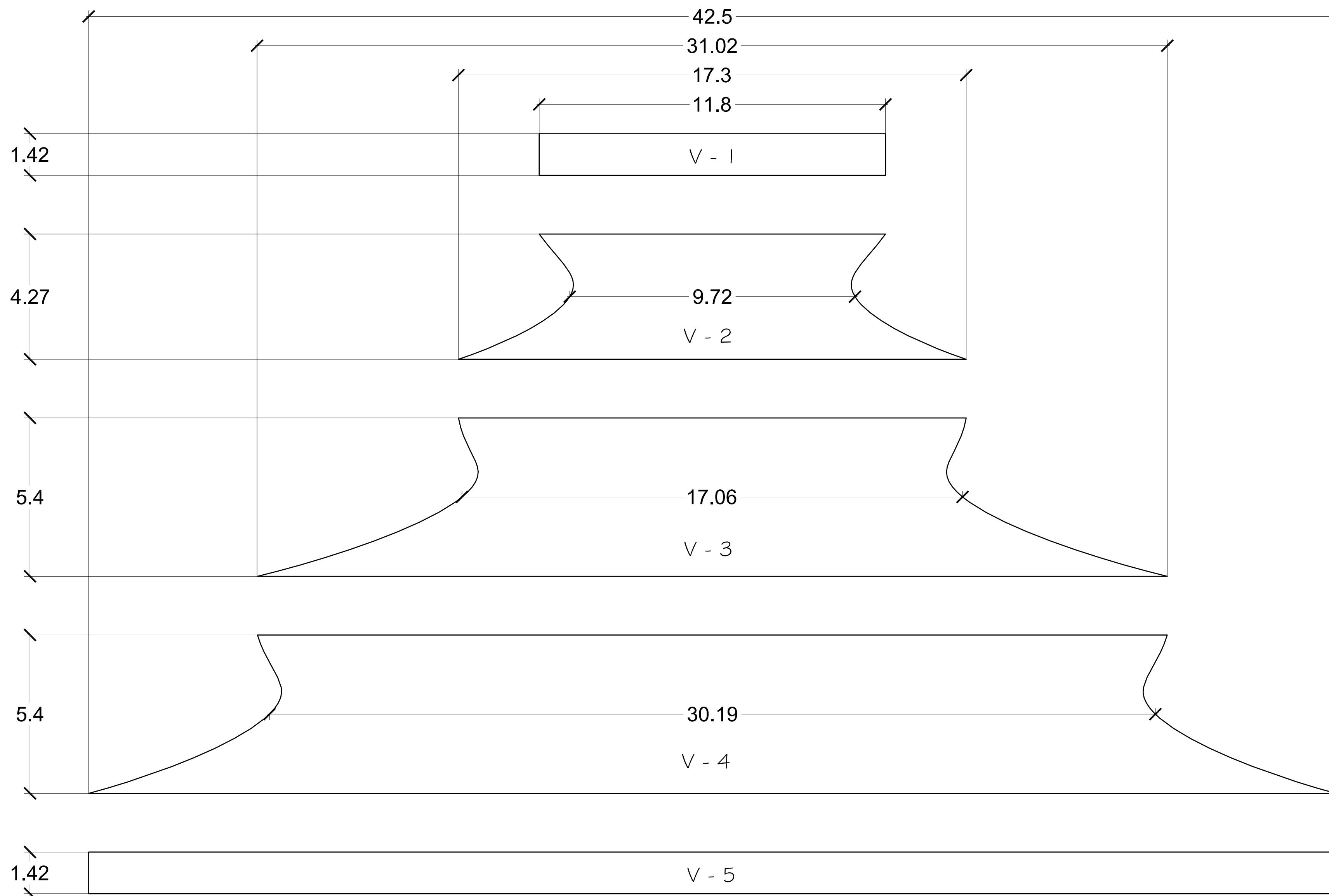
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

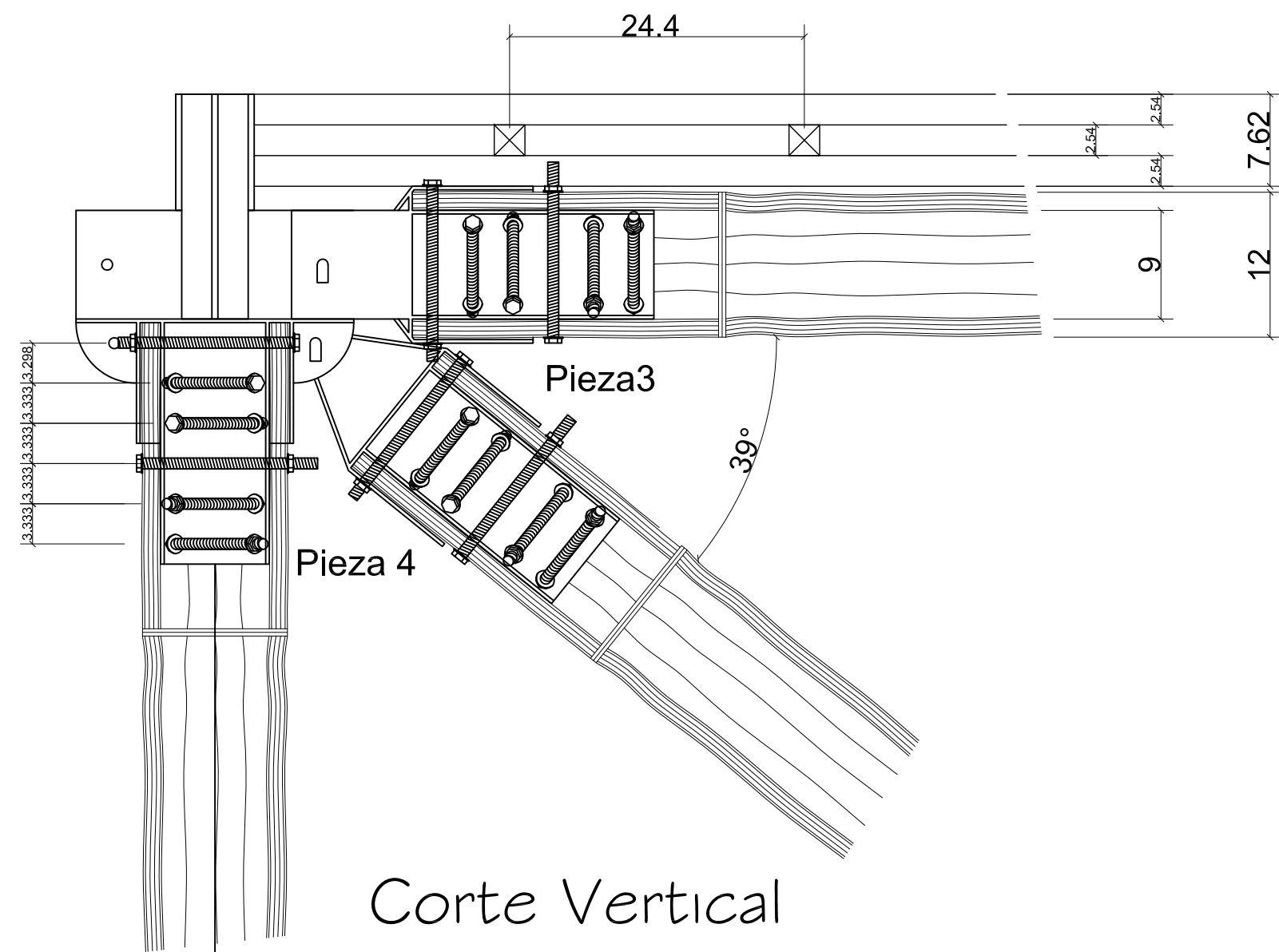
NOMBRE DE PLANO:
Despiece de Velaria

CLAVE:
C - 14

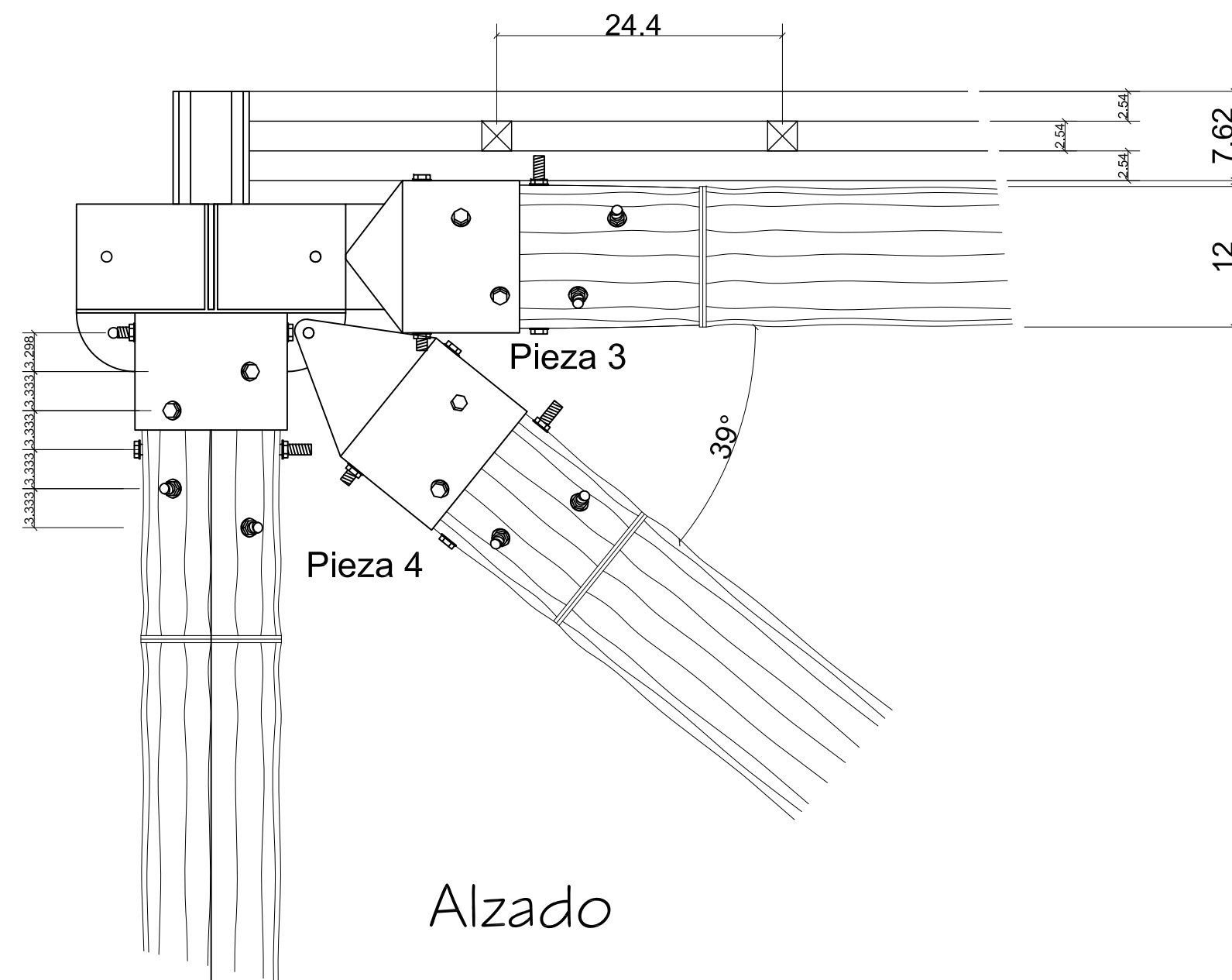
ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 100

FECHA:
24 de Mayo de 2012



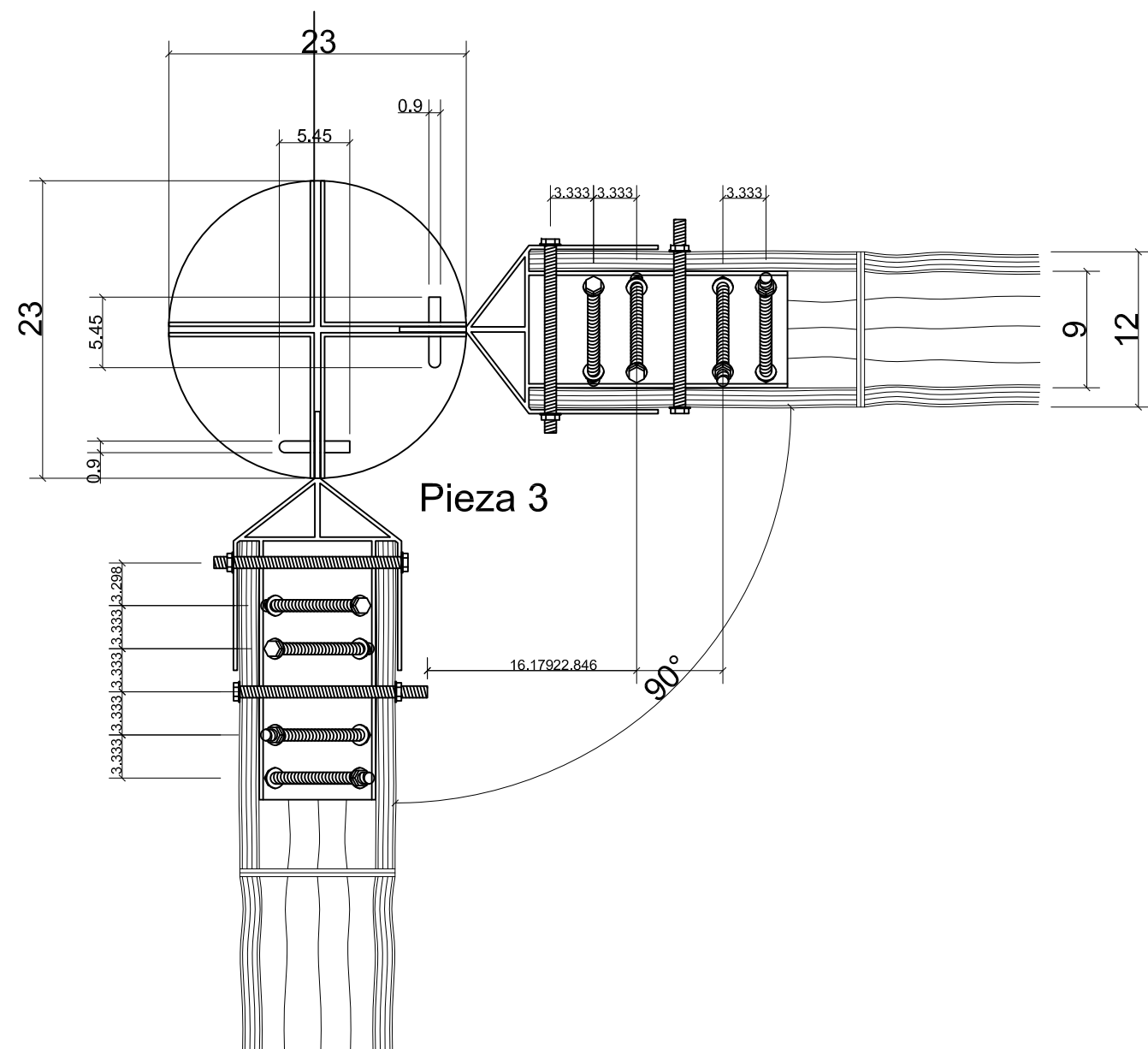


Corte Vertical

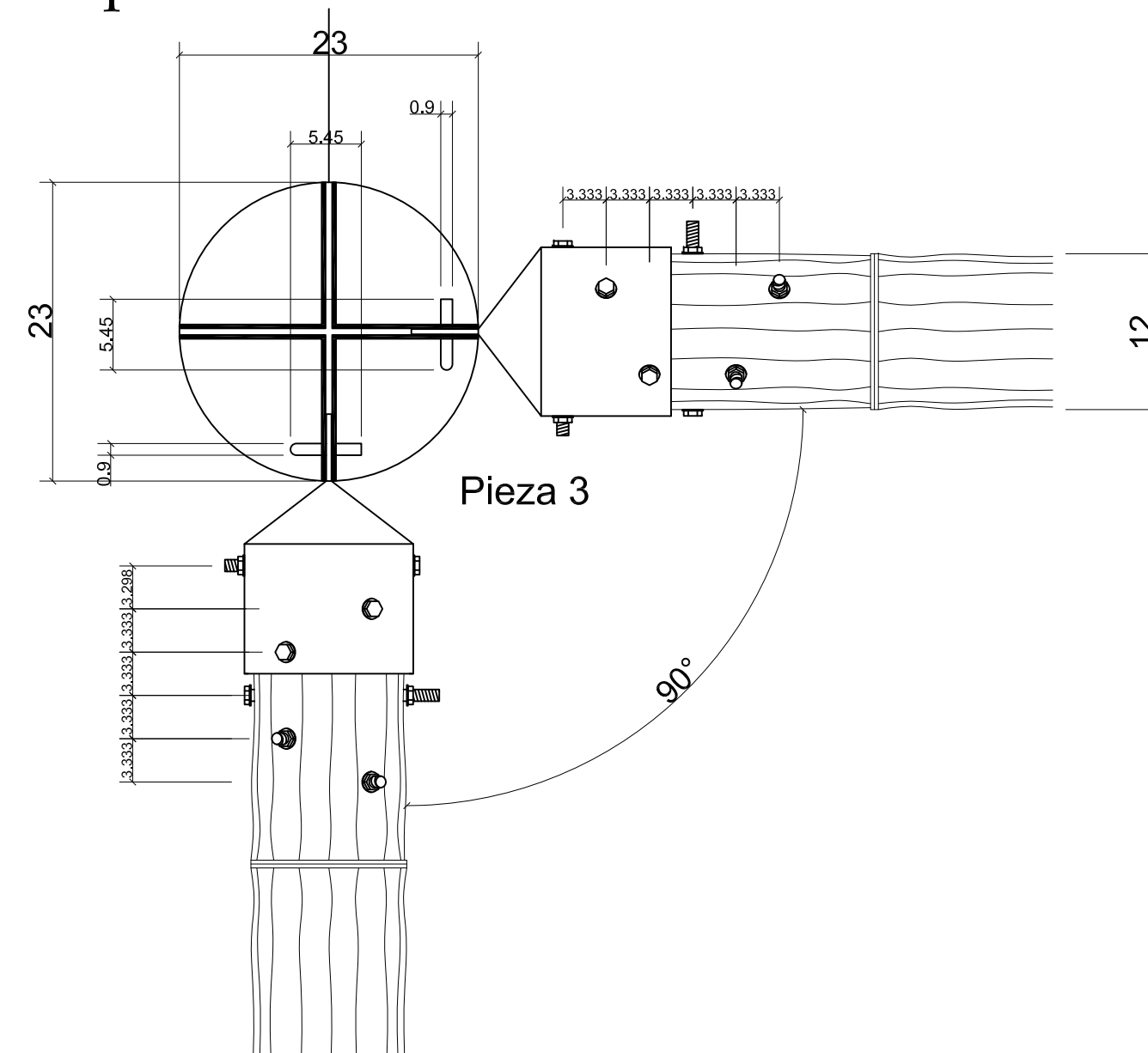


Alzado

Nodo 2 de acero inoxidable es se encuentra en la parte superior de la plataforma y sirve de conexión para la estructura horizontal como vertical de ifual manera da cabida para que entre la union de las tarimas



Corte Horizontal



Planta



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Acero de 3mm de espesor
- Tira de madera de una pulgada
- Tarima de madera de una pulgada
- Pasador de acero con rosca para atornillar de 9mm
- Bambu guadua de 12 cm de diametro exterior

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

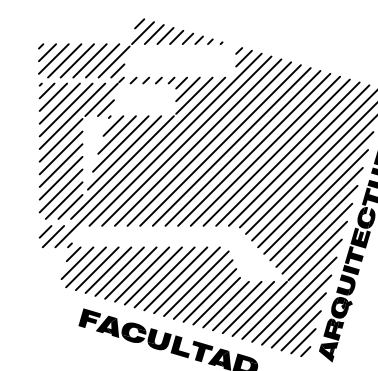
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Detalle de unio I

CLAVE:
D - I

ACOTACIÓN: ESCALA:
EN CENTÍMETROS 1: 5

FECHA:
31 DE MAYO DE 2012



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Acero de 3mm de espesor
- Tira de madera de una pulgada
- Tarima de madera de una pulgada
- Pasador de acero con rosca para atornillar de 9mm
- Bambu guadua de 12 cm de diametro exterior

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Detalle de unio 2

CLAVE:
D - 2

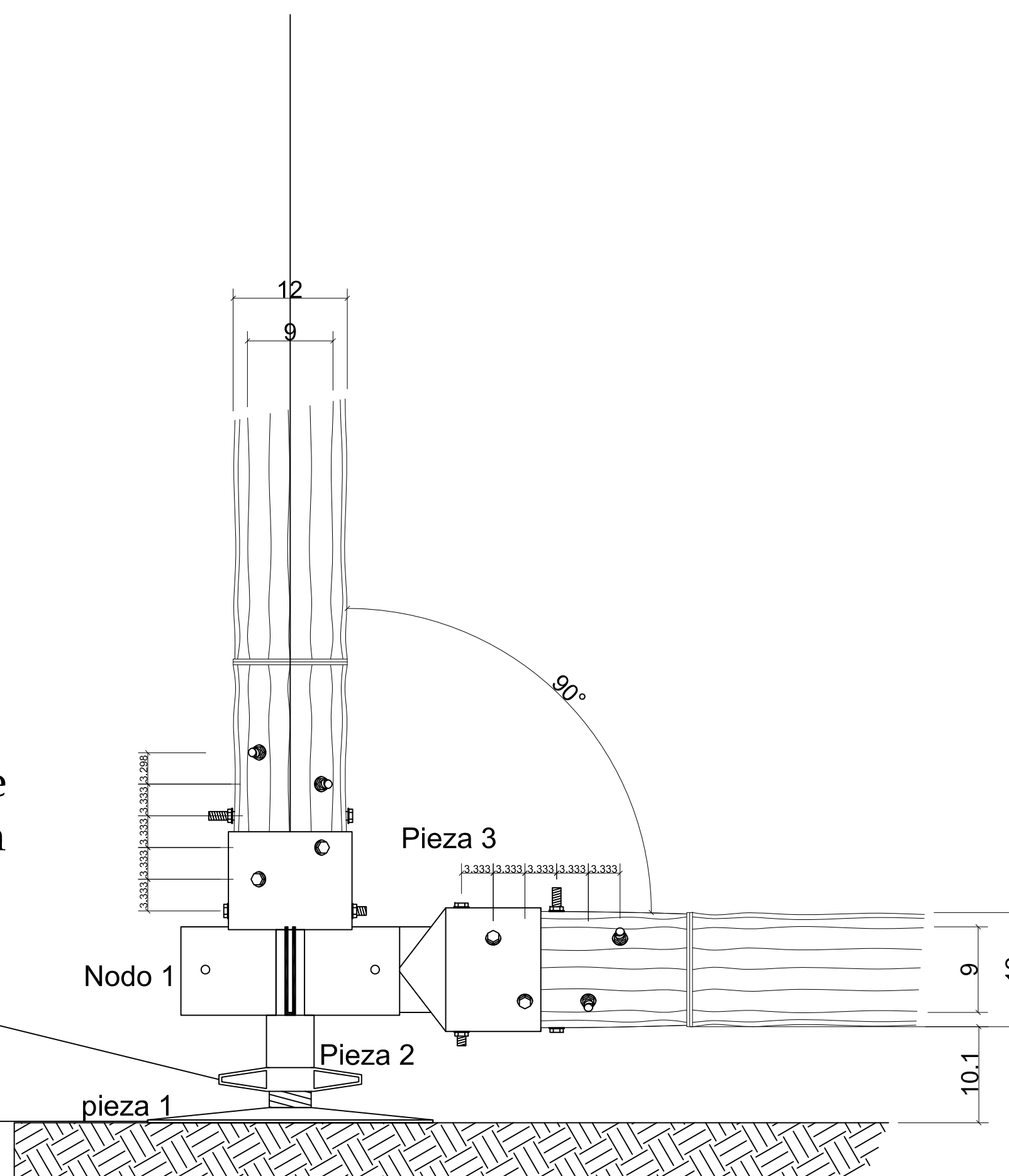
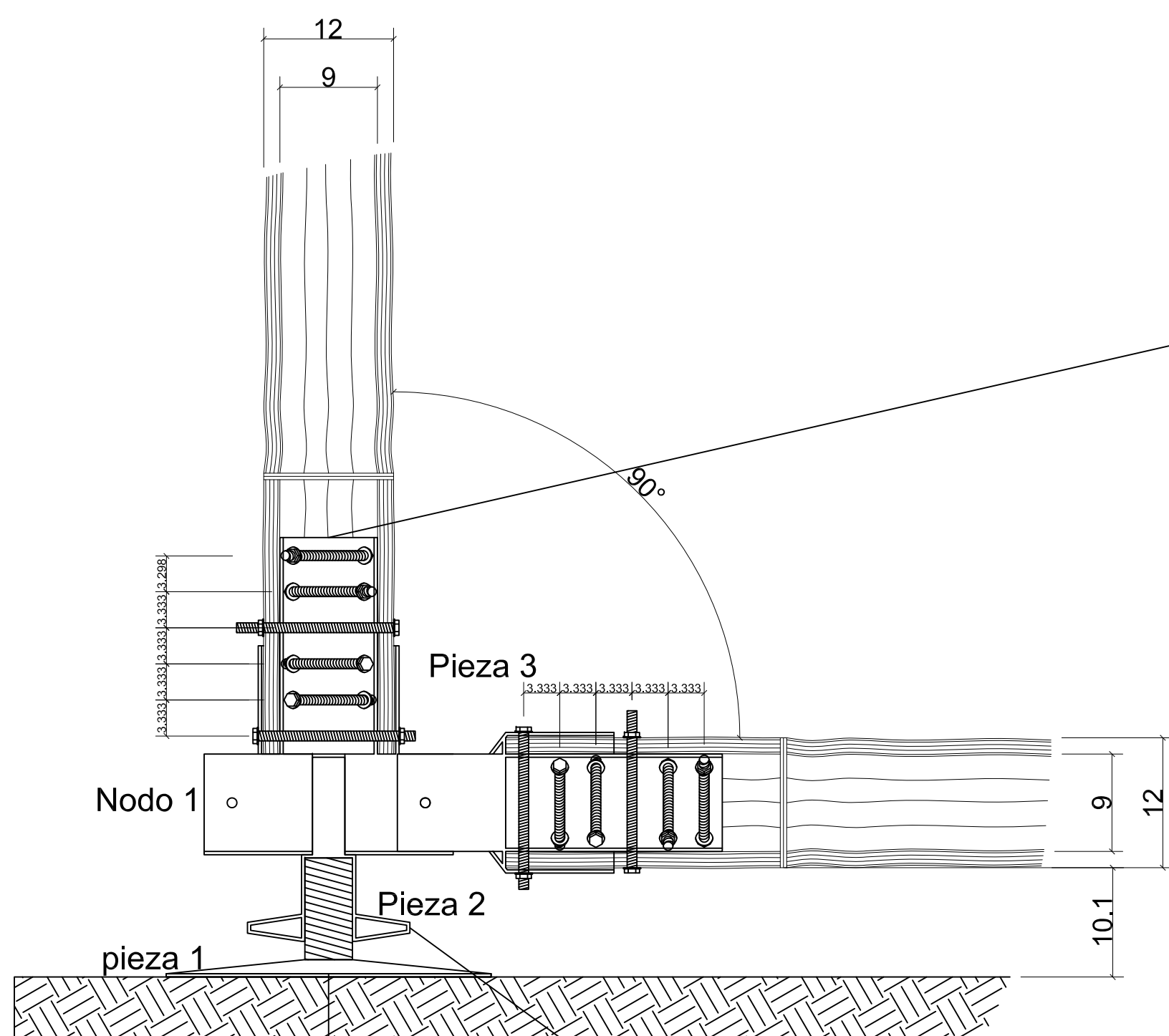
ACOTACIÓN: ESCALA:
EN CENTÍMETROS 1:5

FECHA:
31 DE MAYO DE 2012

Nodo 1 se encuentra en la parte inferior, se encuentra unido a un bambú, tiene un calibre de 3 mm

(Pieza 2) Este ayuda a la conexcion entre el torinillo y el elemento de union superior para poder nivelar el modulo

Placa de acero inoxidable de 30 x 30 cm de 3 mm de espesor con un tornillo al centro de 4 cm de diametro (pieza 1)






Corte Vertical

Alzado



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Piezoeléctrico circular
-  Tartan
-  Madera de 3 pulgadas

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

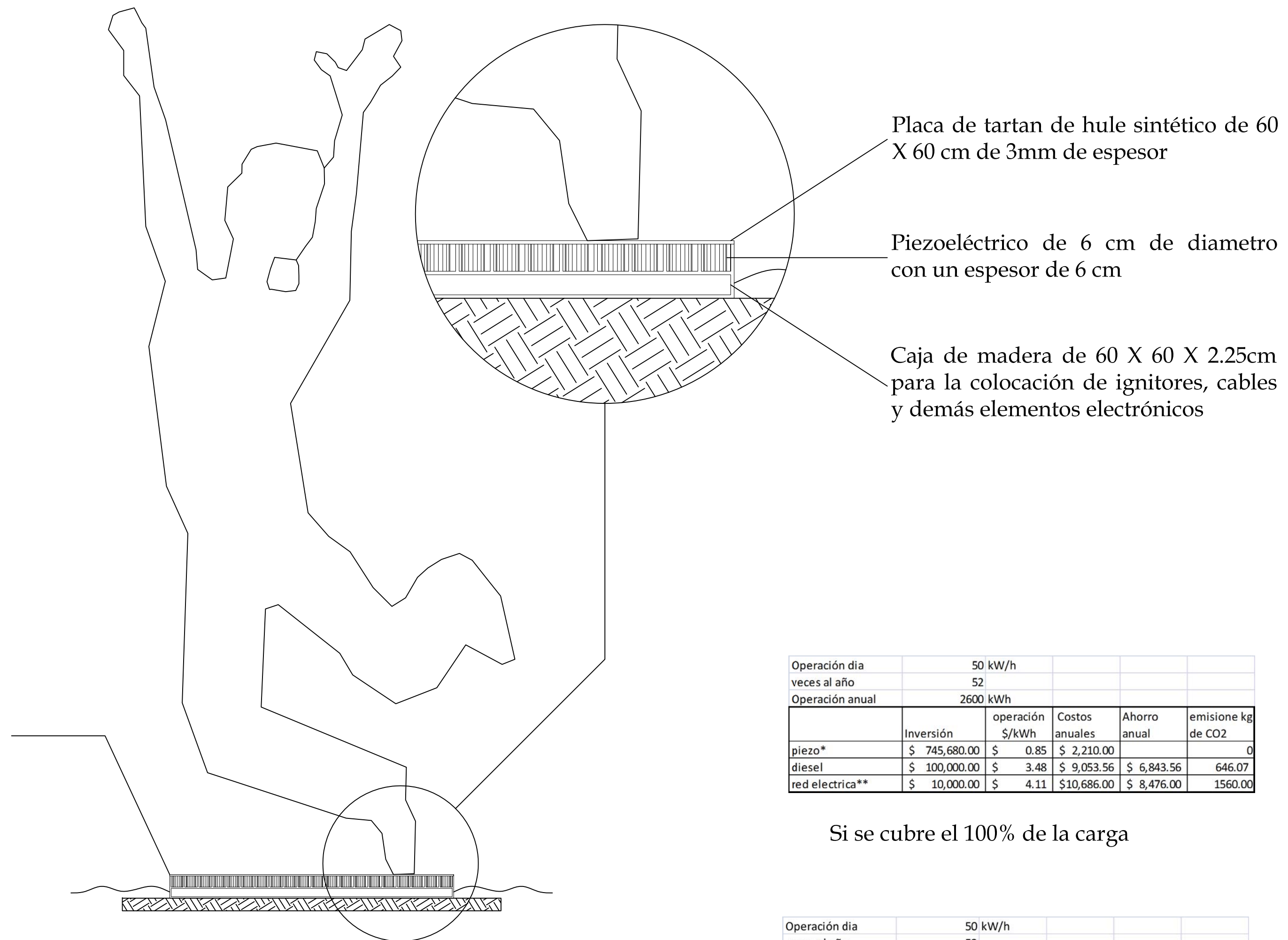
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Prototipo de generador
Piezoeléctrico
CLAVE:

D - 3

ACOTACIÓN: ESCALA:
EN CENTÍMETROS sin escala

FECHA:
31 DE MAYO DE 2012



Placa de tartan de hule sintético de 60 X 60 cm de 3mm de espesor

Piezoeléctrico de 6 cm de diametro con un espesor de 6 cm

Caja de madera de 60 X 60 X 2.25cm para la colocación de ignitores, cables y demás elementos electrónicos

Prototipo de generador piezoeléctrico 60 X 60 X 5 cm, una sola placa genera 0.012 Kwh con 50 vibraciones por minuto y tiene un costo aproximado de 240.00\$ y el costo de operación es de 0.85\$ pesos por Kwh

Operación día	50 kW/h				
veces al año	52				
Operación anual	2600 kWh				
	Inversión	operación \$/kWh	Costos anuales	Ahorro anual	emisione kg de CO2
piezo*	\$ 745,680.00	\$ 0.85	\$ 2,210.00		0
diesel	\$ 100,000.00	\$ 3.48	\$ 9,053.56	\$ 6,843.56	646.07
red electrica**	\$ 10,000.00	\$ 4.11	\$10,686.00	\$ 8,476.00	1560.00

Si se cubre el 100% de la carga

Operación día	50 kW/h				
veces al año	52				
Operación anual	2600 kWh				
	Inversión	operación \$/kWh	Costos anuales	Ahorro anual	emisione kg de CO2
piezo*	\$ 372,720.00	\$ 0.85	\$ 2,210.00		0
diesel	\$ 100,000.00	\$ 3.48	\$ 9,053.56	\$ 6,843.56	646.07
red electrica**	\$ 10,000.00	\$ 4.11	\$10,686.00	\$ 8,476.00	1560.00

Si se cubre el 50% de la carga

Dentro del conjunto de instrumentos de política existentes en México para la promoción de las energías renovables, existe uno de carácter fiscal: la depreciación acelerada para inversiones en energías renovables, establecida en 2005, que permite depreciar el 100% de las inversiones "para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables" (Ley del Impuesto sobre la Renta, artículo 40, fracción XII). Fuente: <http://www.renovables.gob.mx/renovables/portal/Default.aspx?id=1660>



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambú calihue
- Nodo 4 (N4)
- Nodo 5 (N5)
- Pieza de union 6 (P6)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

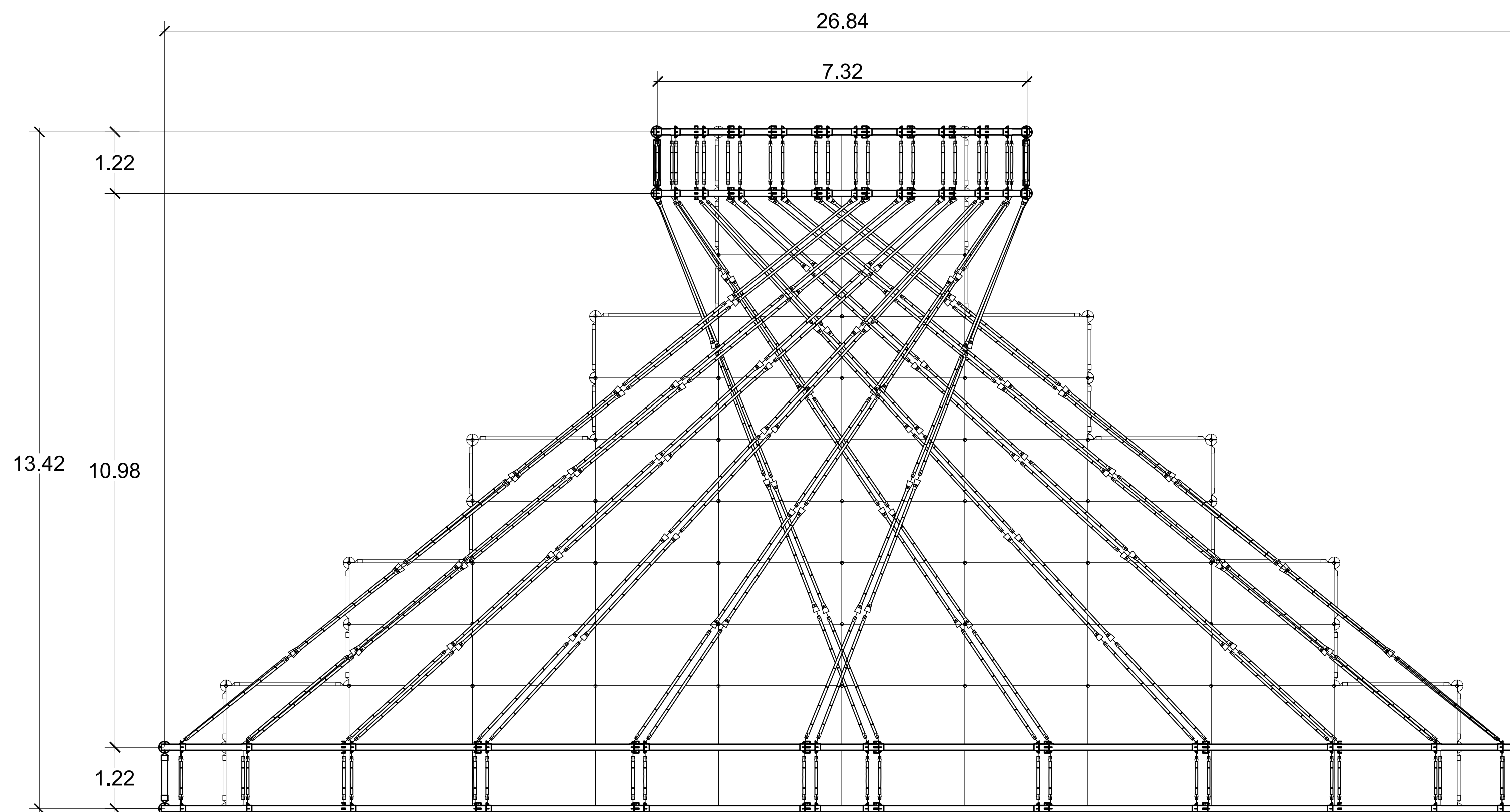
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

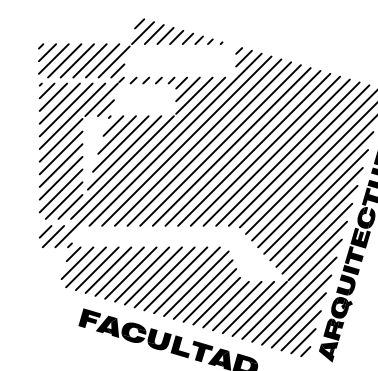
NOMBRE DE PLANO:
Planta estructural del
techo
CLAVE:

E - 2

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 75













FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Bambú Guadua
-  Bambú calihue
-  Nodo 1 (N1)
-  Nodo 2 (N2)
-  Nodo 3 (N3)
-  Nodo 4 (N4)
-  Nodo 5 (N5)
-  Pieza de union 1 (P1)
-  Pieza de union 2 (P2)
-  Pieza de union 3 (P3)
-  Pieza de union 4 (P4)
-  Pieza de union 6 (P6)

PROYECTO

Escenario de Bambú

UBICACIÓN

Espacios previamente preparados

ALUMNO

SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:

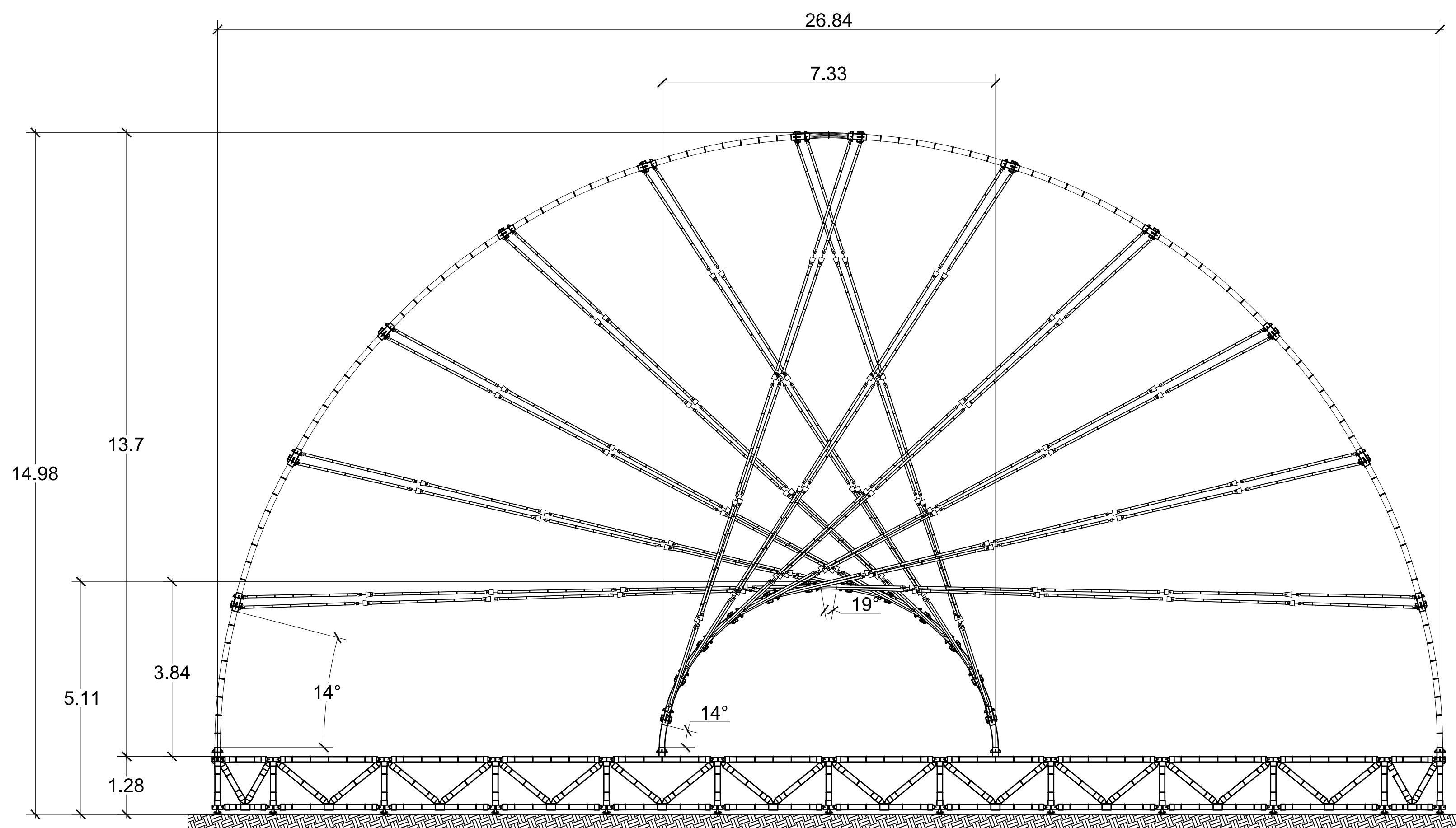
Alzado estructural frontal

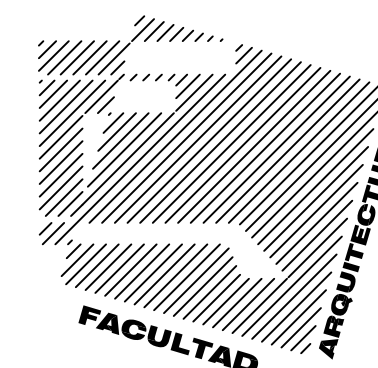
CLAVE:

E - 3

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 75













FECHA: 24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Bambú Guadua
-  Bambú calihue
-  Nodo 1 (N1)
-  Nodo 2 (N2)
-  Nodo 3 (N3)
-  Nodo 4 (N4)
-  Nodo 5 (N5)
-  Pieza de union 1 (P1)
-  Pieza de union 2 (P2)
-  Pieza de union 3 (P3)
-  Pieza de union 4 (P4)
-  Pieza de union 6 (P6)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

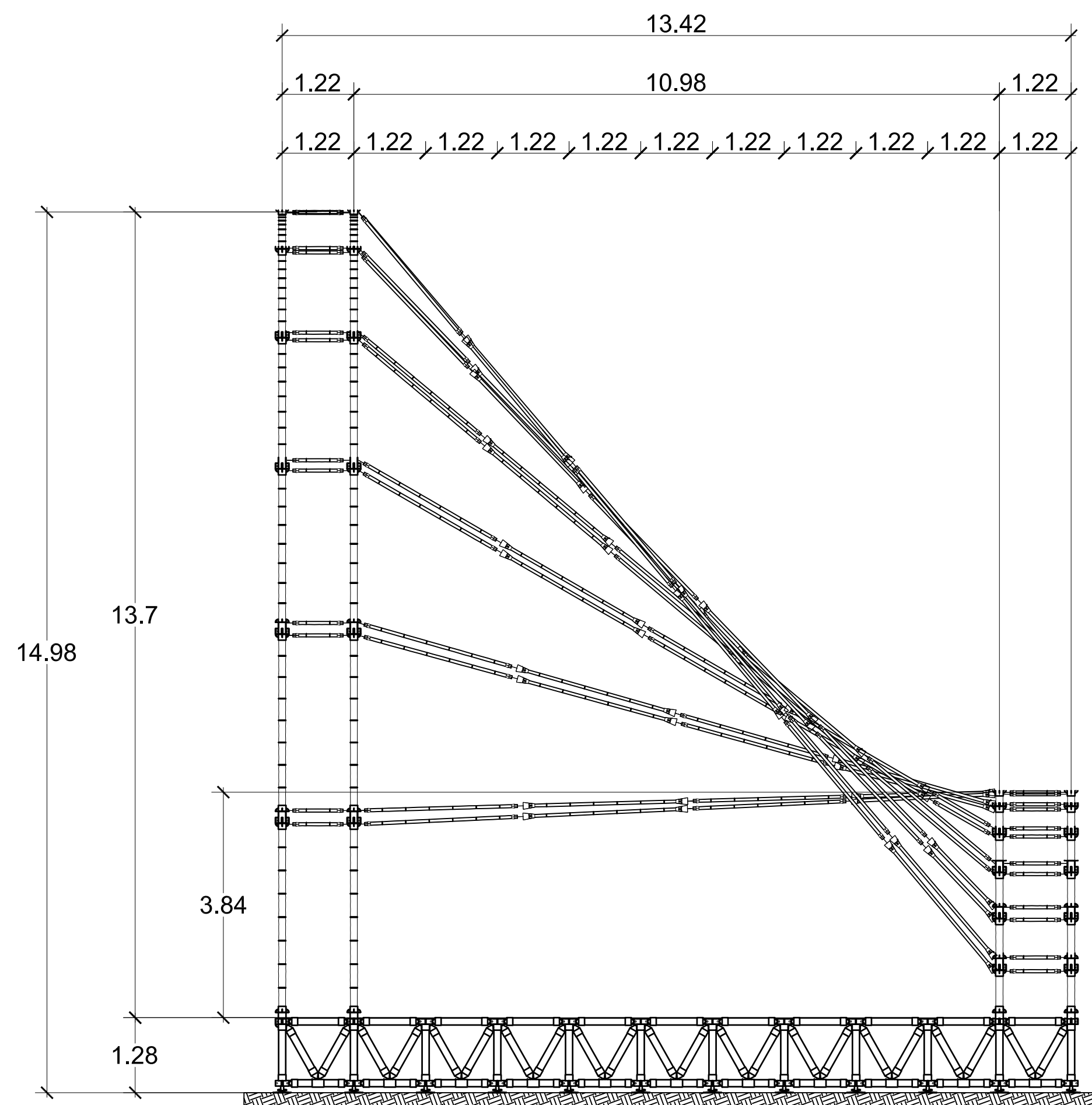
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

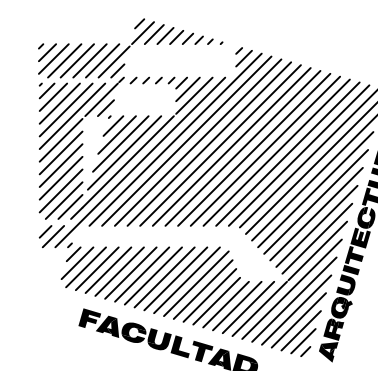
NOMBRE DE PLANO:
Alzado estructural lateral
CLAVE:

E - 4

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1:75

FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bamboú Guadua
- Nodo 2 (N2)
- Pieza de union 3 (P3)
- Pieza 1 (P1)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

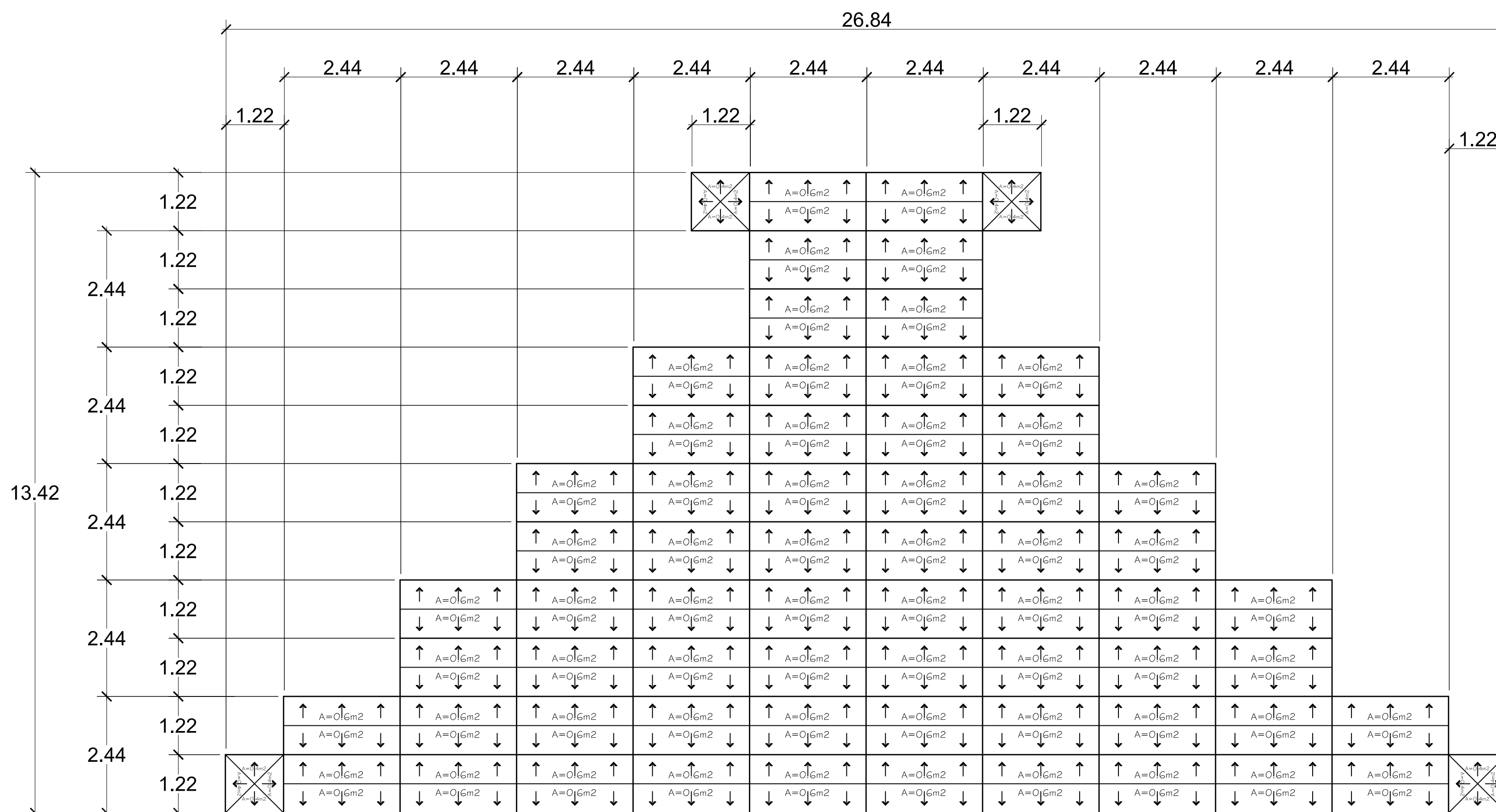
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Cargas y áreas tributareas de plataforma CLAVE:

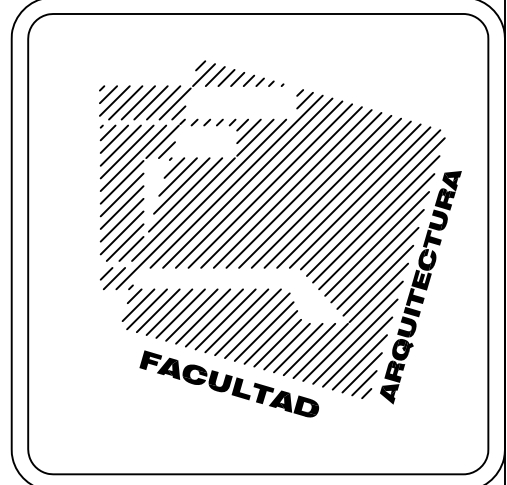
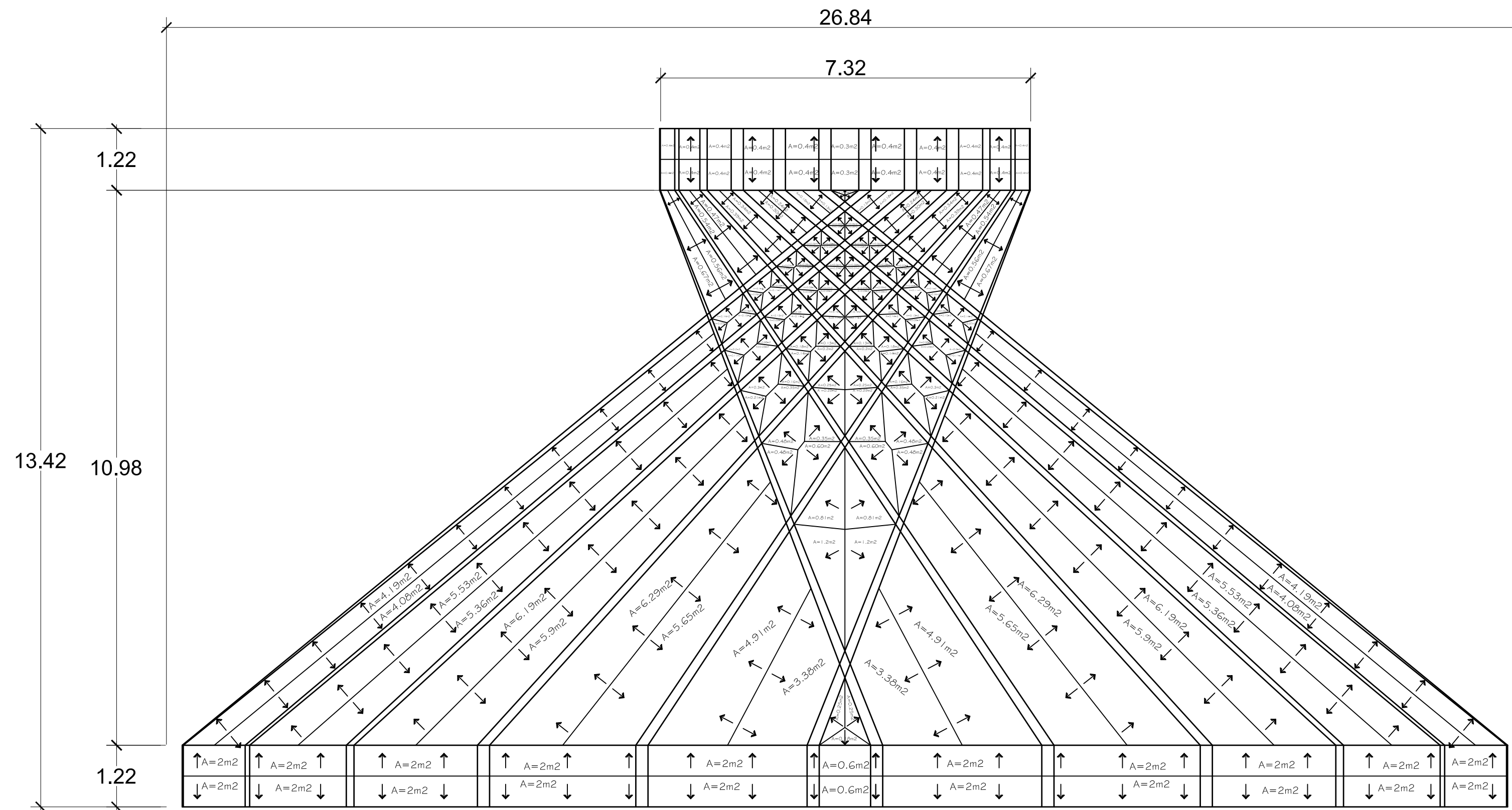
E - 5

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 75

FECHA:
24 de Mayo de 2012



Peso Estructura Superior			
material	No de piezas	M totales	W totales
Bambú Calihue 2.6m	128	332.8	83.2
Bambú Calihue .85m	48	40.8	10.08
Bambú Guada 3.2m	24	76.8	267.36
Bambú Guada .7m	28	19.6	68.208
Union de tensores	280	-	210
Union de arco	112	-	168
Velaria total	5	-	228.96
Total			1035.8096



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambú calihue
- Nodo 4 (N4)
- Nodo 5 (N5)
- Pieza de union G (PG)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

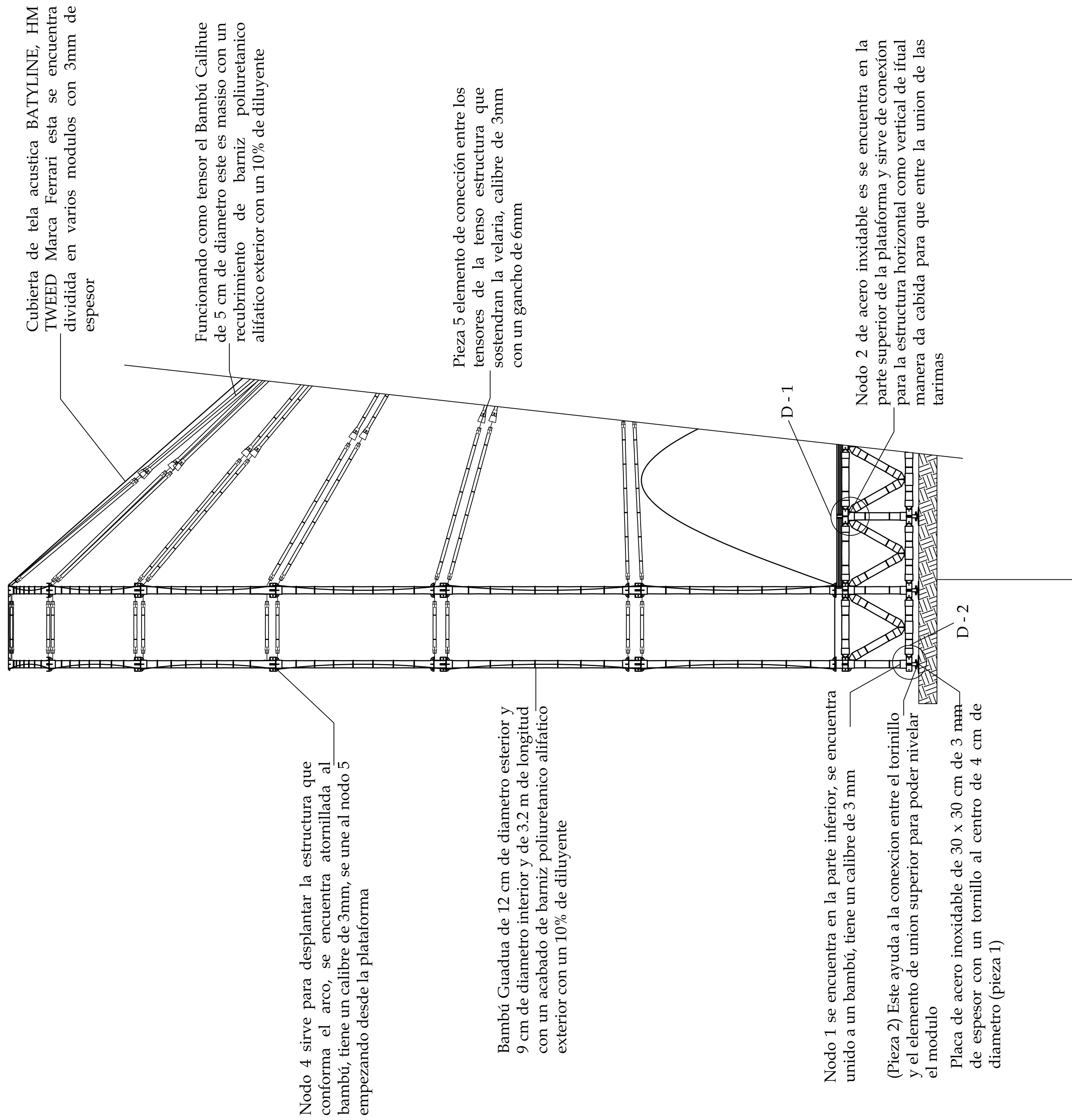
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Cargas y áreas tributareas de la tenso-estructura

CLAVE:
E - 6

ACOTACIÓN: EN METROS **ESCALA:** 1: 75

FECHA:
24 de Mayo de 2012



El tipo de suelo debe ser previamente preparado tales como canchas de juego, estadios o foros especializados para este tipo de eventos culturales



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

	Bambú Guadua
	Bambú Calihue
	Nodo 1 (N1)
	Nodo 2 (N2)
	Nodo 3 (N3)
	Nodo 4 (N4)
	Nodo 5 (N5)
	Pieza de union 1 (P1)
	Pieza de union 2 (P2)
	Pieza de union 3 (P3)
	Pieza de union 4 (P4)
	Pieza de union 6 (P6)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

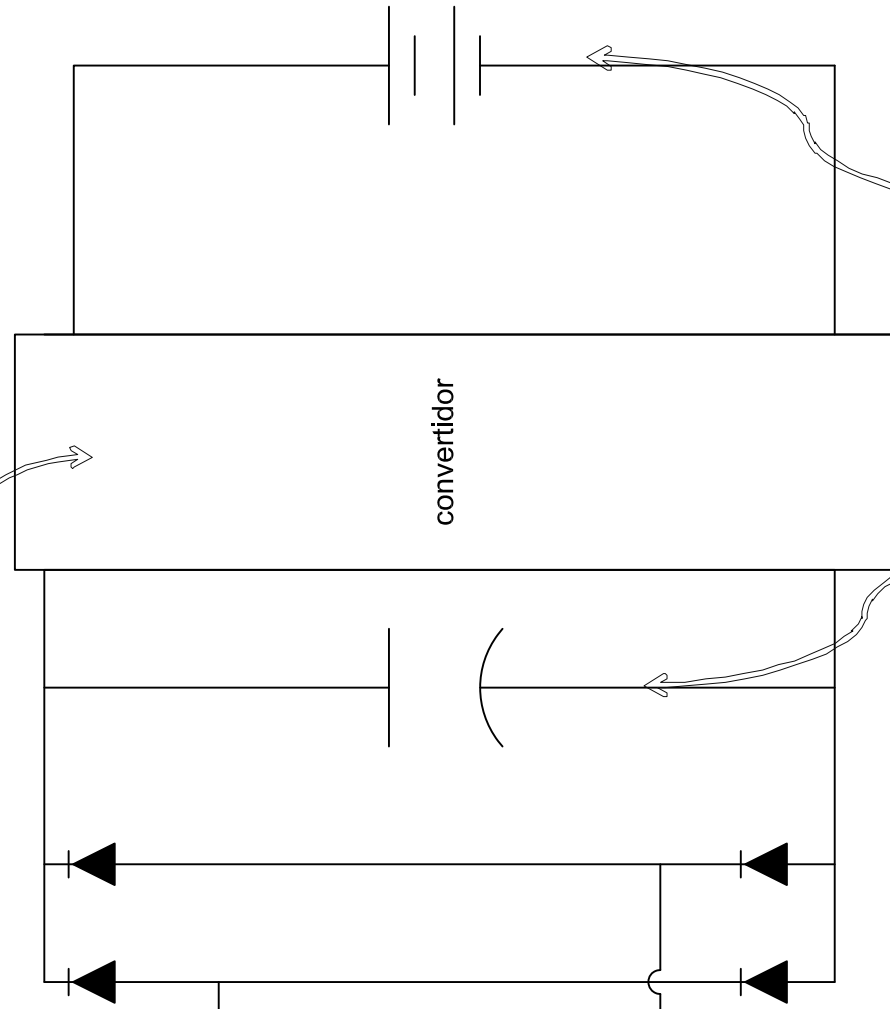
NOMBRE DE PLANO:
Corte por Fachada

CLAVE:
C X F

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 50

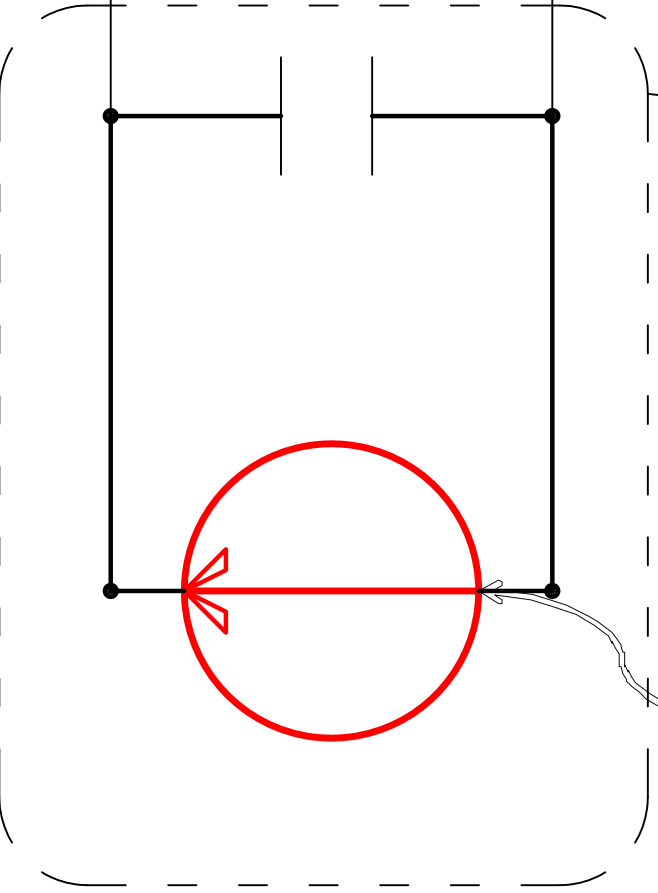
FECHA:
24 de Mayo de 2012

Regulador de cualquier tipo

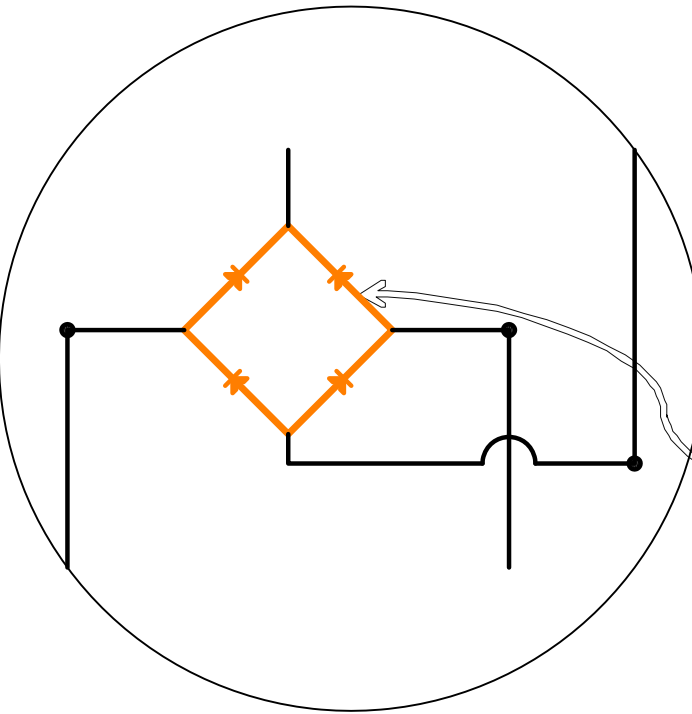


Carga eléctrica a generar 100W

Capacitor: Dependiendo de la energía acumulable



Piezoeléctricos posibles: PZT, ZnO, PVDF



Diodos: Los recomendables dependiendo del piezoeléctrico



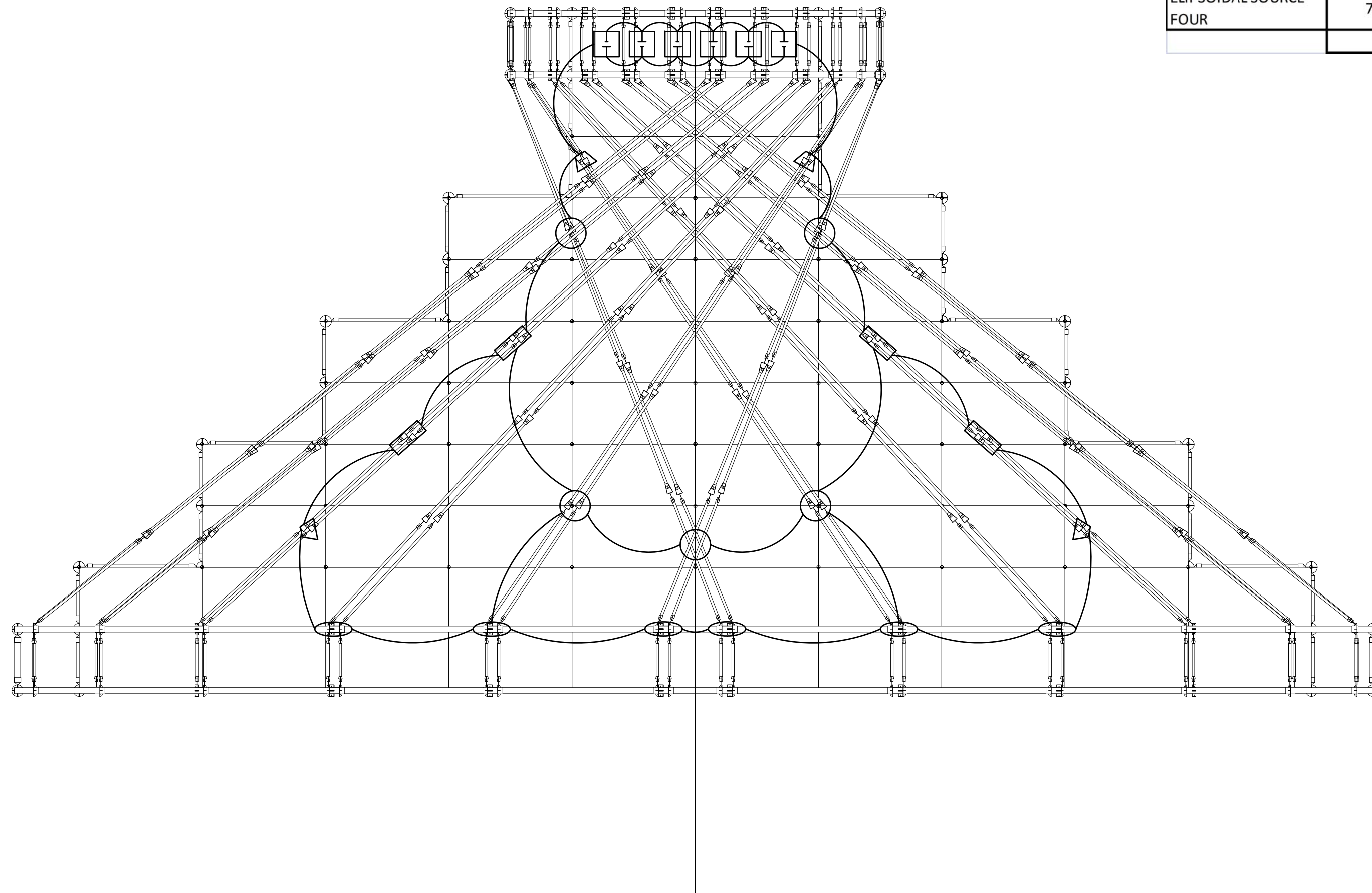
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Faculta de Arquitectura
Teller José Villagran

OBSERVACIÓN
SE ENCONTRRON ESTUDIOS QUE A LO LARGO DE UN CAMINO DE 1 KM SE LOGRARON PRODUCIR 200 KW/H SIMPLEMENTE HABIA QUE TRASPASAR EL PESO PARA COMPROBAR PERO EN PROMEDIO SE PIENSA QUE SE PODRIA ALIMENTAR A MAS DE 50 CASAS

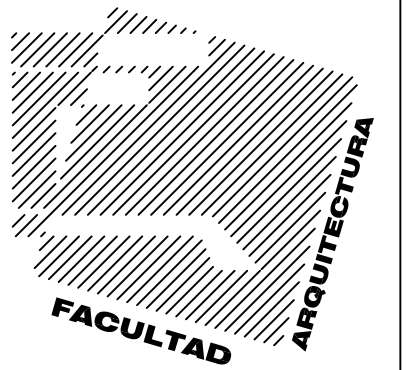
PROYECTO
Escenario de Bambú
UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
CIRCUITO ELECTRICO DEL GENERADOR PIEZO ELECTRICO
CLAVE:
IE - 1
ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: SIN ESCALA
FECHA:
31 de Mayo de 2012








Luminarias	potencia (W)	cantidad	W
SOURCE FOUR PAR	750.00	5	3,750.00
Cabezal Programable	150.00	6	900.00
Fresnel	250.00	6	1,500.00
ELIPSOIDAL SOURCE FOUR	750.00	6	4,500.00
	total	23	10,650.00



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

-  Luminaria "SOURCE FOUR PAR" de 750 W
-  Luminaria "Cabezal Programable" de 150 W
-  Luminaria "Fresnel" de 250 W
-  Luminaria "ELIPSOIDAL SOURCE FOUR" de 750 W
-  Luminaria "ELIPSOIDAL SOURCE FOUR" de 750 W

Area = 1,118.52 m² es la requerida simplemente para la luminaria propuesta que tiene un consumo total de 37.275Kwh

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

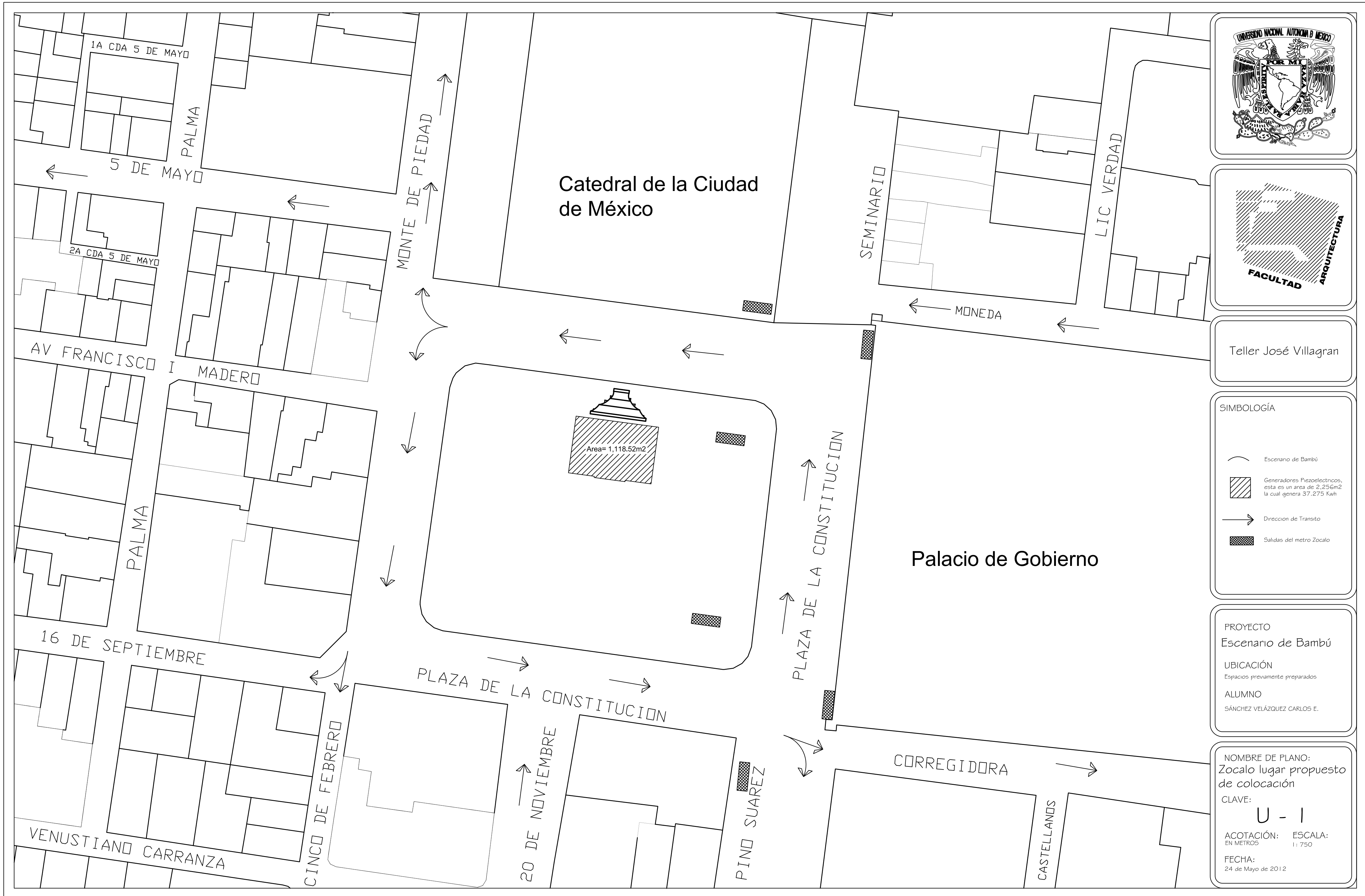
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Planta de Instalación Eléctrica
CLAVE:

IE - 2

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1:75

FECHA:
24 de Mayo de 2012



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Escenario de Bambú
- Generadores Piezoelectrnicos, esta es un area de 2,256m2 la cual genera 37.275 Kwh
- Direccion de Transito
- Salidas del metro Zocalo

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

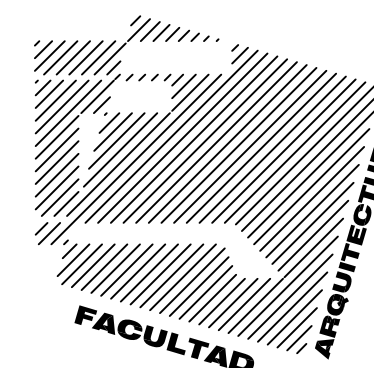
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Zocalo lugar propuesto de colocación

CLAVE:
U - I

ACOTACIÓN: EN METROS **ESCALA:** 1:750

FECHA:
24 de Mayo de 2012



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambú Guadua
- Bambú calihue
- Velana Ferran
- Tanma de Madera
- Nodo 1 (N1)
- Nodo 2 (N2)
- Nodo 3 (N3)
- Nodo 4 (N4)
- Nodo 5 (N5)
- Pieza de union 1 (F1)
- Pieza de union 2 (F2)
- Pieza de union 3 (F3)
- Pieza de union 4 (F4)
- Pieza de union 5 (F5)
- Pieza de union 6 (F6)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

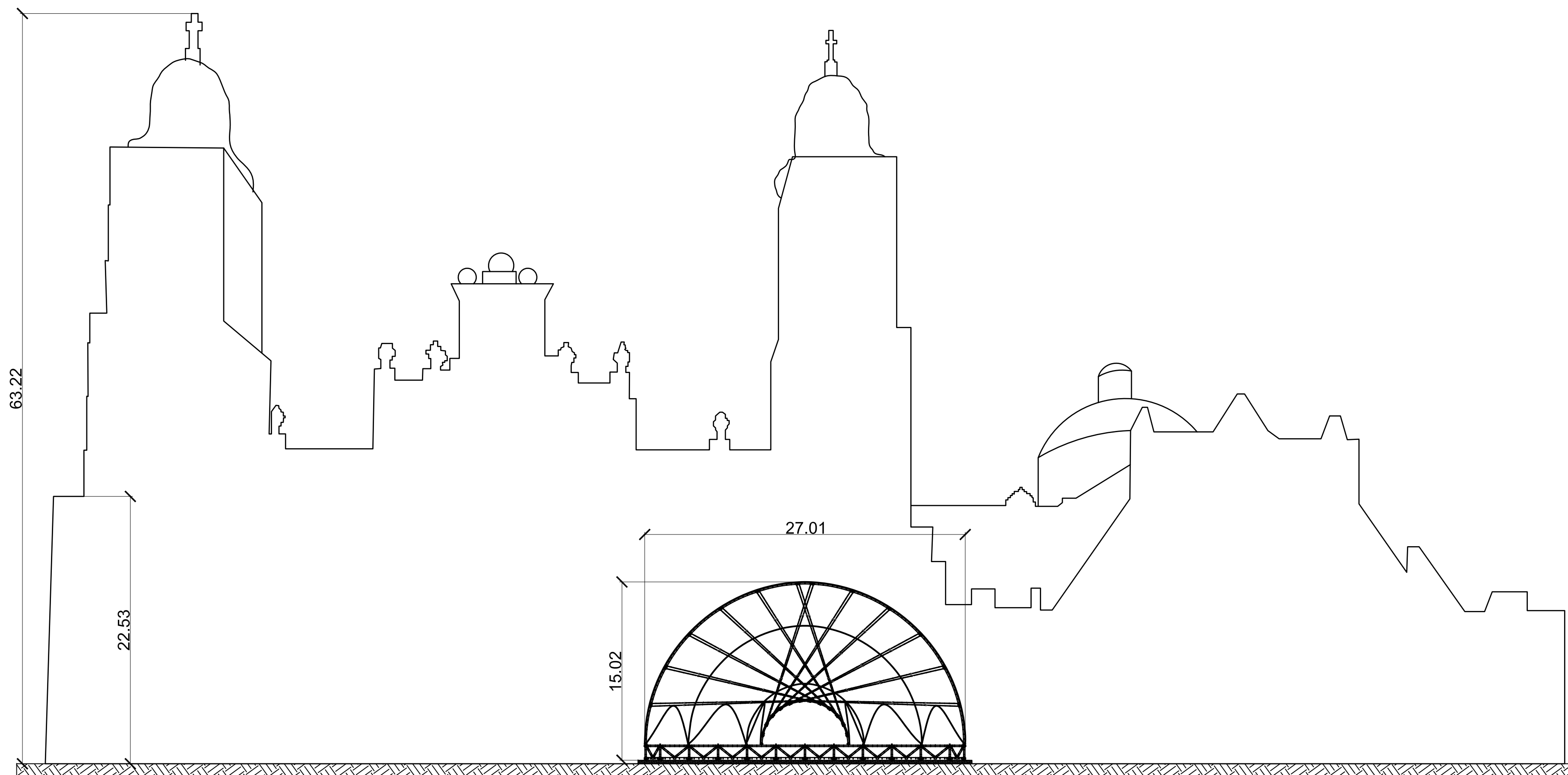
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Alzado frontal en Zocalo

CLAVE:
U - 2

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 275

FECHA:
24 de Mayo de 2012





Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

- Bambú Guadua
- Bambú calihue
- Velana Ferran
- Tanma de Madera
- Nodo 1 (N1)
- Nodo 2 (N2)
- Nodo 3 (N3)
- Nodo 4 (N4)
- Nodo 5 (N5)
- Pieza de union 1 (P1)
- Pieza de union 2 (P2)
- Pieza de union 3 (P3)
- Pieza de union 4 (P4)
- Pieza de union 5 (P5)
- Pieza de union 6 (P6)

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

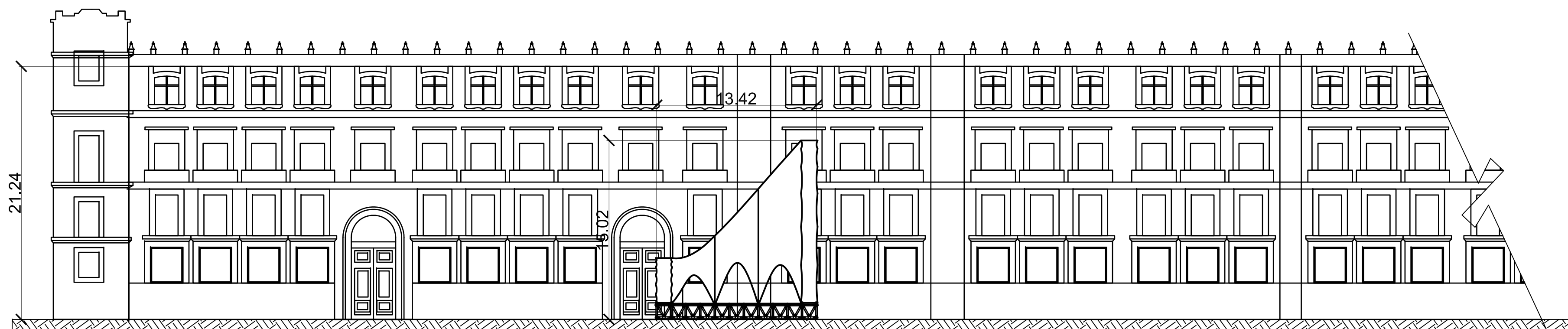
ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

NOMBRE DE PLANO:
Alzado lateral en Zocalo

CLAVE:
U - 3

ACOTACIÓN: EN METROS ESCALA: 1: 275

FECHA:
24 de Mayo de 2012





Zocalo de la Ciudad de México



Plaza de la Revolución



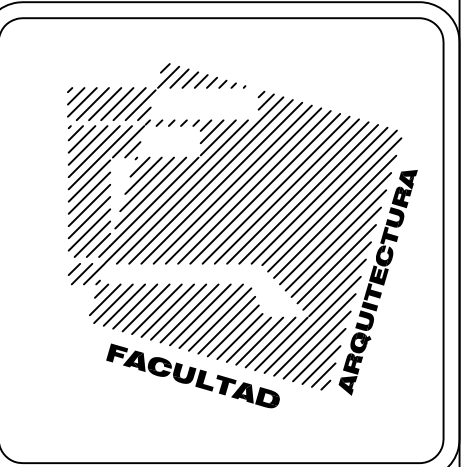
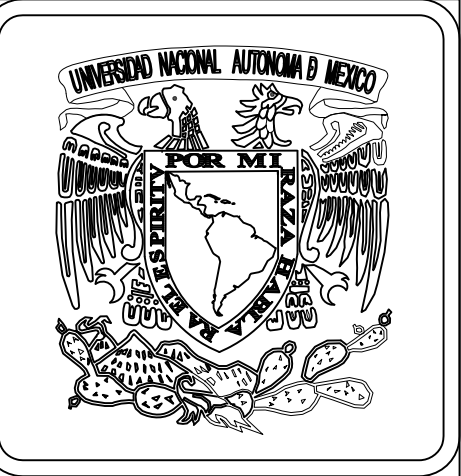
Plaza de la Revolución



El Foro Sol



El Foro Sol



Teller José Villagran

SIMBOLOGÍA

En este plano se observa la versatilidad del escenario y como es posible que este se adapte a diferentes espacios

PROYECTO
Escenario de Bambú

UBICACIÓN
Espacios previamente preparados

ALUMNO
SÁNCHEZ VELÁZQUEZ CARLOS E.

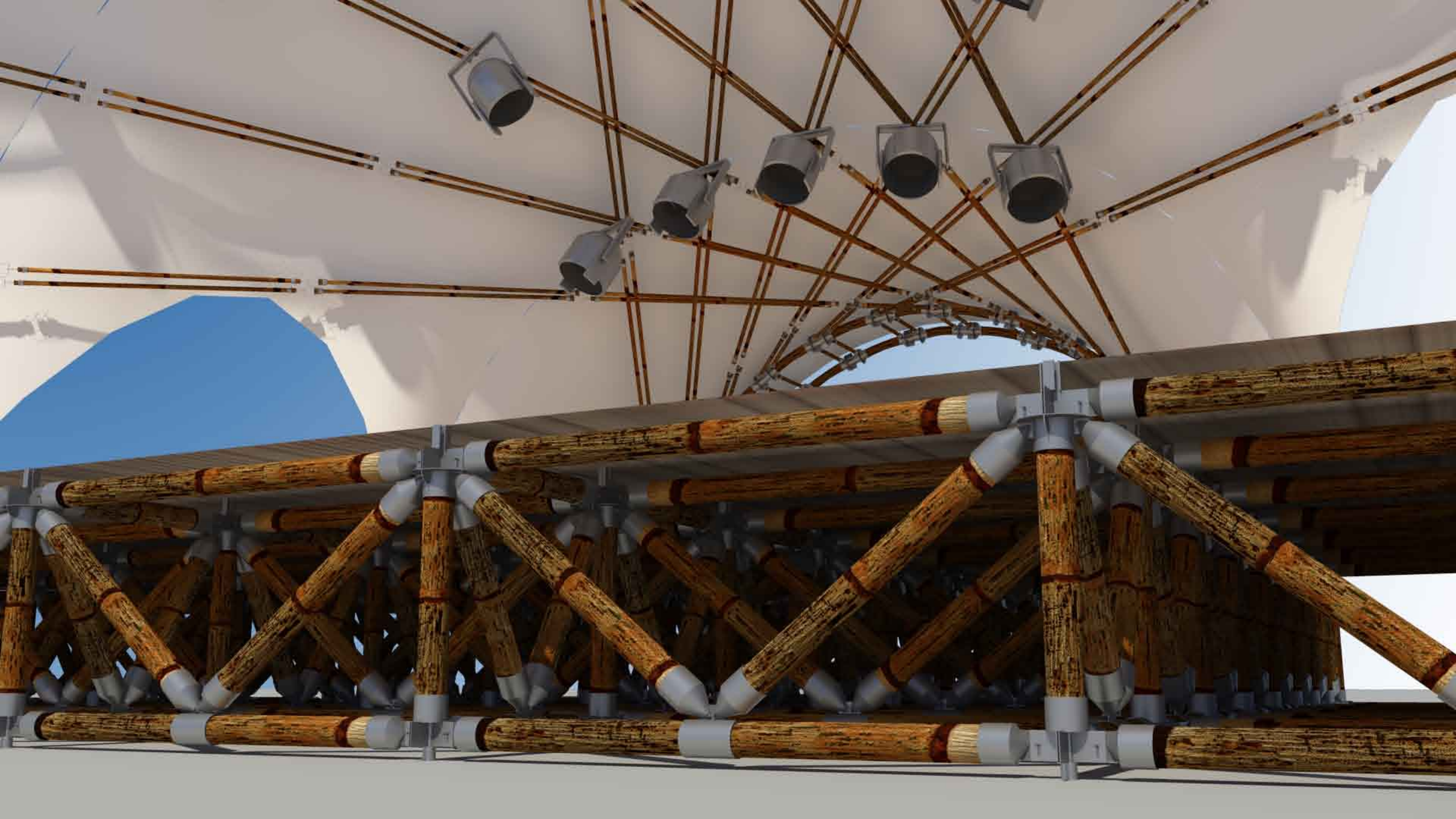
NOMBRE DE PLANO:
Perspectivas de en diferentes espacios

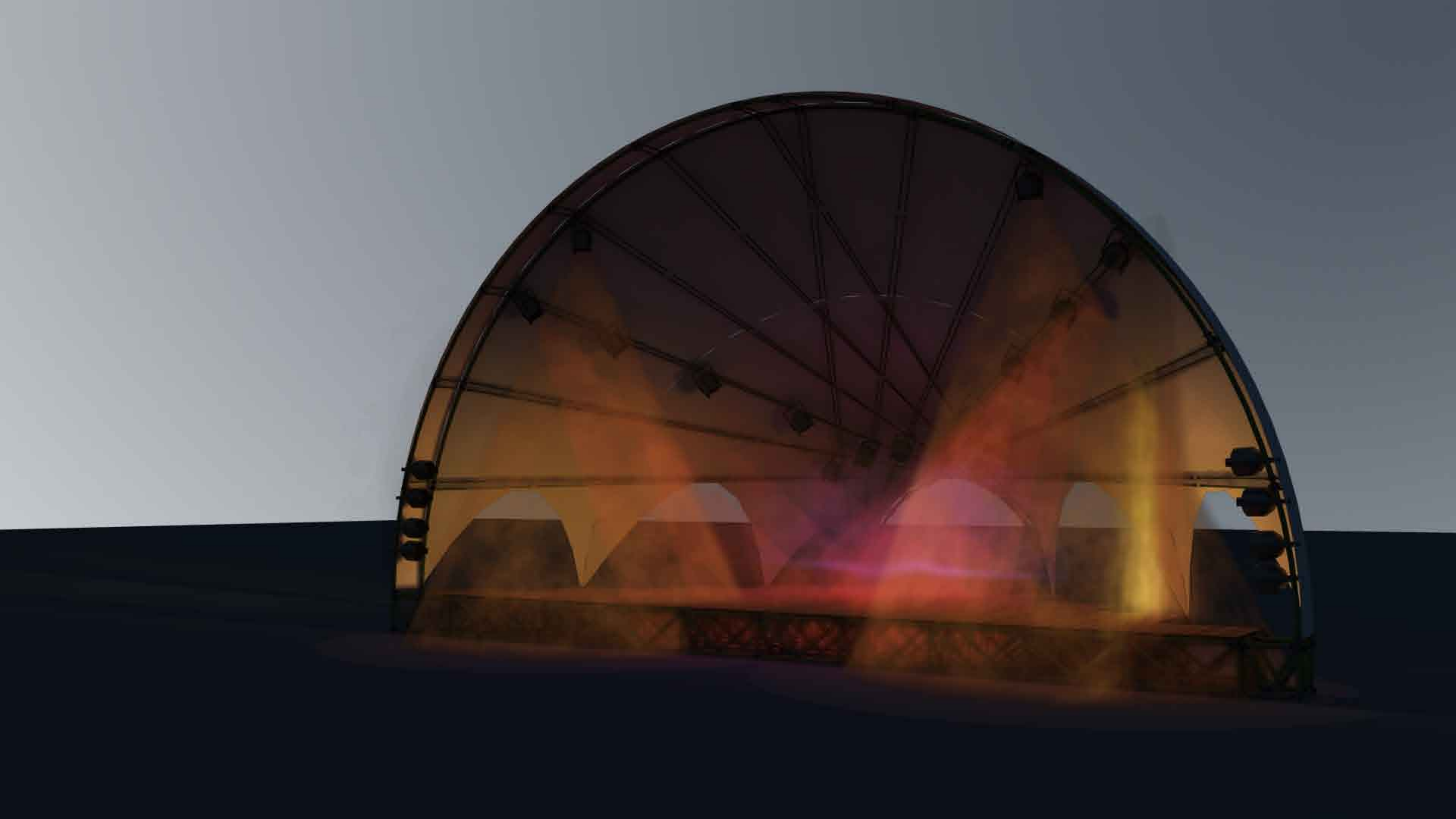
CLAVE:
U - 4

ACOTACIÓN: EN METROS **ESCALA:** sin escala

FECHA:
24 de Mayo de 2012







7.- Conclusiones

Se ha logrado un objeto arquitectónico versátil, que puede ser alimentado de energía sin la necesidad de la red eléctrica, ni la de generadores de combustible fósiles, pero lo más importante es que este tendrá un impacto mucho menor sobre el medio disminuyendo su huella tanto de carbono, como ecológica.

En este trabajo se utilizó dos tipos de bambúes uno del género Guadua que habitan en México y el otro fue del género de la Chusquea, que aunque hay varias especies de esta endémicas de México se utilizó una especie que es de Chile. Esto se debió a que de esta se encontraron varios estudios muy profundos para poder ser utilizados como cables de una tenso estructura, que era lo que se requería para el proyecto, en cambio en México no se ha llevado a cabo este tipo de análisis.

Aunque viéndolo desde un punto de vista más sustentable se puede proponer la plantación de esta especie aquí en nuestro país como una industria socialmente responsable y buscar se certifique esta empresa para poder tener una mejor explotación de esta.

Esta industria, de acuerdo con Villavicencio y Sánchez Díaz (Tecodein Villavicencio expertos en bambú), puede ser muy redituable debido a que el cultivo de bambú requiere de una moderada inversión especialmente si se logra reciclar el agua que demanda para su crecimiento. Se estima que 10.000 hectáreas sembradas generan una producción de 1.000.000 toneladas al año y que puede llegar a generar un retorno de capital de 56.32 por ciento¹.

De esta manera también se pueden generar empleos que son tan necesarios y así empezar a crear un ciclo de sustentabilidad con una industria controlada y responsables de los consumos y gastos.

Pero como parte importante de las conclusiones también es remarcar la necesidad imperante que existe de empezar a hacer mejores y más profundos estudios sobre las especies bambúes nativas de nuestro país porque a la larga todavía no se sabe que repercusión tenga el introducir una especie diferente al de medio.

¹ “Bambú en Chile, Posibilidades de industrialización y estandarización del cultivo” Autores: Verónica Figueroa, Camila Sardiña

En lo que respecta a la energía se logro utilizar generadores de energía alterna que inclusive hacen participe de una manera más directa al usuario lo que hace este se sienta más envuelto en el funcionamiento del objeto arquitectónico y lo hace más interactivo.

El ahorro económico que se logra con estos también es de gran significado ya que, como se vio durante la investigación, el costo del kilowatt-hora mediante estos generadores es de 10 ¢ de dólar lo que en pesos mexicanos se traduce como 1.28 \$ esto quiere decir que si el costo por un evento de 5 horas con un consumo de 37.275 Kwh es de 3.73 dólares en pesos sería de 47.86 \$.

En cambio si se utilizara la red de “CFE” se tendría que utilizar la tarifa 7 de “Servicio temporal” la cual marca que: “Se aplicará a todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo permitan y éste tenga líneas de distribución adecuadas para dar el servicio.”²

Según los datos dados en la página oficial de CFE esta tarifa tiene un costo de 4.39 \$ pesos el kilowatt-hora esto quiere decir que por el mismo evento de 5 horas con el mismo consumo de 37.275 este tendría un costo de alrededor de 163.64 \$ esto quiere decir que te estás ahorrando 115.78\$ esto es alrededor del 70% de ahorro económico.

Esto es solo el ahorro económico ya que el ahorro ecológico termina siendo mucho mayor ya que se evita todos los consumos de combustibles para generar energía y se cambia el ciclo productivo.

“Si usamos el combustible para obtener energía, estamos viviendo de nuestro capital y este se agotara rápidamente, este método es bárbaro y malgastador, debemos detenerlo para el bien de las generaciones futuras”.³

Aunque resulta evidente que todavía nos hace falta mucho trabajo, y a pesar que es evidentemente que la humanidad comenzó a preocuparse por el medio que la rodeaba cuando se vio afectada a sí misma, considero que la humanidad trata de tomar un buen camino en lo que respecta a su entorno. Adoptar este tipo de ideas sustentables es afirmar una solidaridad entre el presente y el futuro de la misma humanidad

²“ <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/tarifas/Tarifas.asp?Tarifa=7&Anio=2012&mes=3>”
página oficial de CFE para consulta pública

³ Nikola Tesla (1856-1943) ingeniero serbio, promotor del nacimiento de la electricidad comercial.

8.- Bibliografía

Fuentes primarias

- Rojas Orozco Cornelio, “El desarrollo sustentable: nuevo paradigma para la administración pública”, México, D.R. Instituto Nacional de Administración Pública, A.C., 2003
- Dr. H. Arcila Jorge, “El bambú como materia de construcción”, España, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la U.P. de Catalunya, 1993
- Mtro. Buzeta Busquets Daniel, Tesis: “A R Q U I T E C T U R A E N B A M B U, El Colihue como Elemento Resistente en Tenso-Estructuras”, Chile, Pontificia Universidad de Chile, 2005
- Dr. Villamar Alejandro, “Crisis Climática, Justicia Climática y responsabilidad del sector minerometalúrgico y cementero en México.”, México, Revista electrónica RMALC, 2010
- World Energy Council, “World Energy Issues Monitor”, Reino Unido Inglaterra, World Energy Council 2012
- Mtro. Uribe Alcalá José Miguel Angel, Tesis “Incorporación de la variables ambiental sustentable a la construcción de vialidades primarias. Estudio de un caso metropolitano: Distribuidor vial Zaragoza-Texcoco.”, México, IPN Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, 2007
- Jörg Stamm , “La evolución de los Métodos constructivos en Bambú”, Colombia, Segundo congreso mexicano del bambú, *Asesor técnico internacional de Bambú*, 2008
- Mtra. Flores Carranza Carmina, Tesis “Bambú: Una alternativa constructiva en México”, México, UNAM, 2009, pg 24
- Arq. Tim Martin Obermann, Ing. Civil Ronald laude “Bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales.”, Colombia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2004
- Arq. Catillo Álvaro y Arq. Cuitiño Constanza, “Colihue, Aplicación como refuerzo de materiales compuestos”, Chile, Universidad de Chile, 2005, pg. 7
- Secretaría de Energía, “Estrategia Nacional de Energía 2012-2026”, México, febrero 2012

Fuentes secundarias

- <http://www.energiaadebate.com/Articulos/Julio2009/ChavarriaJul09.htm>
- <http://www.ecologistasenaccion.org/article10057.html>
- <http://es.scribd.com/doc/34741334/Generacion-de-energia-electrica-por-medio-del-efecto-piezoelectrico>
- <http://www.wejew.com/files/24d5e1cf80255b42.swf>
- <http://web.catie.ac.cr/guadua/usos.htm>
- <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/tarifas/Tarifas.asp?Tarifa=7&Anio=2012&mes=3>
- <http://sacarte.blogspot.com/2010/08/diversion-consciente.html>
- <http://www.bambumex.org/>
- http://vidicomaudiovisuales.com/l_architect.htm
- <http://www.bestchamte.com/jp/show.asp?id=1>