



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO
DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES
DE EMERGENCIA

Alumno: Iñigo Subiés Aldunate

Tutor: Jesús Zurita Gabasa

Pamplona, junio de 2010

*Agradezco la oportunidad que me ha dado
Acción Contra el Hambre de participar en este
proyecto, en especial a Javier Indurain.*

*También quiero agradecer a todas las personas
que de manera directa, con sus aportaciones, e
indirecta, con su apoyo y ayuda han estado cerca
cuando se les ha necesitado.*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Contexto y problemática	5
1.2. Términos del convenio	5
1.3. Estrategia y competencias	6
1.4. Objetivos del proyecto de ACH y la UPNA	6
1.5. Pozos	7
1.5.1. Pozos modernos	7
1.5.2. Diseño	11
2. ESTUDIO DE LOS POSIBLES MATERIALES PARA EL KIT DE ENTIBADO	
2.1. Problemática	13
2.2. Exigencias que debe cumplir el nuevo diseño	13
2.3. ACH brainstorming pozos	14
2.4. Análisis de materiales potenciales	14
2.4.1. Hormigones	14
2.4.1.1. Hormigones ligeros modernos	14
2.4.1.2. Hormigones ligeros de partículas de madera	16
2.4.1.3. Hormigones con refuerzo textil	16
2.4.2. Materiales metálicos	17
2.4.2.1. Sistema “Armco” (acero corrugado galvanizado)	17
2.4.2.2. Chapa colaborante (o encofrado perdido, forjado compuesto...)	19
2.4.2.3. Tablestacas metálicas	21
2.4.2.4. Tubo metálico (tipo climatización)	22
2.4.3. Materiales plásticos	22
2.4.3.1. Tubo de PVC	22
2.4.3.2. Tubería de polietileno corrugado doble pared para saneamiento	23
2.4.3.3. Piezas fabricadas ad hoc en plástico inyectado (secciones rectangulares)	24
2.4.3.4. Otras ideas	24
3. DISEÑO DEL KIT DE ENTIBADO	
3.1. Introducción	25
3.2. Diseño previo	25
3.3. Diseño final	27
4. OPTIMIZACIÓN DEL MATERIAL CON CORTES	
4.1. Presentación de Corte5	31
4.1.1. Tecnología de corte	31
4.2. Optimización	32
4.2.1. Optimización previa	32
4.2.2. Optimización final	33
4.2.3. Comparación entre optimizaciones	36

5. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PEHD	37
6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	40
7. DISEÑO DE MAQUINARIA ESPECÍFICA	
7.1. Introducción	42
7.2. Diseño de máquina de taladrado	44
7.2.1. Boceto 1	45
7.2.2. Boceto 2	46
7.2.3. Boceto 3	47
7.3. Prototipo de máquina de taladrado	48
8. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	
8.1. Determinación de cargas	49
8.2. Aplicación a nuestra geometría	54
8.3. Ensayos de deformación	55
8.3.1. Ensayos con ANSYS	55
8.3.1.1. Polietileno	55
8.3.1.2. Acero	61
8.3.2. Ensayos con MARC MENTAT	63
9. PACKAGING Y TRANSPORTE	
9.1. Packaging	68
9.1.1. Palé normalizado	68
9.1.2. Palé específico	71
9.2. Transporte	74
9.2.1. Transporte aéreo	74
9.2.2. Transporte marítimo	74
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	
ANEXO 1: PLANOS DEL DISEÑO FINAL	
ANEXO 2: SIMULACIÓN 3D DEL DISEÑO FINAL	
ANEXO 3: OPTIMIZACIÓN DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS CON CORTE5	
ANEXO 4: PRESUPUESTOS DE POLIETILENO	
ANEXO 5: PRESUPUESTOS DE MAQUINARIA COMERCIAL	

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto y problemática

El agua es un recurso indispensable para la vida, pero a la vez, de manera directa o indirecta es la principal causa de mortalidad en el mundo. Es por esto que el aprovisionamiento en agua potable es uno de los objetivos fundamentales en una intervención humanitaria, y es aun más importante en casos de emergencia. En una situación de desastre natural o social, los afectados pierden sus posesiones y sus mecanismos de subsistencia; se destruyen los recursos y se ven obligados a desplazarse y concentrarse en nuevos asentamientos que no dominan. En estos asentamientos el agua potable es escasa y el riesgo de epidemias aumenta día a día.

Los pozos someros y las aguas superficiales (aguas estancadas y ríos) son las principales fuentes de aprovisionamiento en agua a nivel mundial. Si bien no se pueden considerar fuentes de agua potable, son los puntos de agua de más fácil acceso y más de la mitad de la población mundial se abastece en ellos, siendo una continúa amenaza para la salud pública. La situación se agrava en situaciones de emergencia:

- cuando en unas inundaciones se arrastran los despojos de las riberas y contaminan las aguas superficiales y los pozos cercanos.
- cuando un tsunami o terremoto destruye los puntos de abastecimientos en agua.
- cuando un conflicto desplaza y concentra comunidades en nuevos asentamiento.

Estas situaciones que implican destrucción de recursos, desplazados y refugiados, son las que enmarcan el contexto objeto de este proyecto.

1.2. Términos del convenio

El proyecto se denomina: “Proyecto de Investigación y Desarrollo de equipos de abastecimiento de agua potable en contextos complejos”. Es un convenio entre la ONG Acción Contra el Hambre (ACH) y la Universidad Pública de Navarra (UPNA), financiado por el Gobierno de Navarra.

El convenio aúna la experiencia del departamento de agua y saneamiento de ACH durante más de 25 años en proyectos humanitarios, y la capacidad investigadora de la UPNA.

La UPNA lidera la investigación poniendo a disposición del proyecto las capacidades técnicas y humanas necesarias. ACH por su parte supervisa y dirige el proyecto para alcanzar los objetivos humanitarios propuestos.

El proyecto tiene como principal objetivo mejorar el acceso al agua potable en situaciones de emergencia.

1.3. Estrategia y competencias

La estrategia elegida para abordar la problemática expuesta es el diseño de nuevas tecnologías que mejoren el abastecimiento en agua potable en situaciones de emergencia. Concretamente desarrollando un sistema nuevo para el tratamiento de aguas superficiales y un nuevo sistema de entibación de pozos someros.

ACH aporta su experiencia en construcción de pozos y tratamiento de agua a lo largo de todo el mundo durante más de 25 años. Esta experiencia está abalada por trabajos e innovaciones recogidos en el manual “Water, Sanitation and Hygiene for Populations at Risk” de uso extendido en ámbito humanitario. ACH está implicada en el diseño y seguimiento de los prototipos y es la responsable de que se alcancen los objetivos humanitarios propuestos.

La UPNA aporta, la capacidad investigadora e infraestructuras de sus departamentos de “Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales” y “Química Aplicada”. La UPNA es la responsable de la investigación y desarrollo de los prototipos en los que están implicados los laboratorios de ambos departamentos.

En el proyecto también participa la empresa SEINE especializada en el desarrollo y suministro de tecnología hidráulica adaptada a intervenciones humanitarias. Y está implicada en diseño técnico y en los procesos de fabricación y distribución.

1.4. Objetivos del proyecto de ACH y la UPNA

- **Objetivo global:** mejorar la capacidad de las ONG's para la respuesta en emergencias en términos de agua potable.
- **Objetivo específico:** desarrollo de dos nuevos equipamientos hidráulicos para dar respuesta rápida al abastecimiento de agua potable en contextos de emergencia.

Este objetivo se quiere alcanzar a través del desarrollo de:

- Una nueva unidad de decantación para el tratamiento de agua turbia.
- Un nuevo sistema de entibado para pozos someros.

Así, en este proyecto de fin carrera, se desarrolla el segundo de los dos proyectos: **el proceso de fabricación y el análisis estructural de un kit de entibado de pozos de agua potable para situaciones de emergencia.**

1.5. Pozos

Las zanjas, pozos y galerías, fueron las primeras infraestructuras hidráulicas construidas por la humanidad. En un principio, las zanjas se excavaban para drenar aguas superficiales, y los pozos y galerías se excavaban persiguiendo la retirada de las aguas superficiales en época seca.

Primeramente, los pozos se excavaron en orillas o lechos de ríos, torrentes y lagos. Después se buscaron otras evidencias de agua subterránea, fracturas del terreno, alineaciones morfológicas, presencia de árboles...

Los pozos someros son una fuente de abastecimiento de agua de bebida fundamental para la humanidad. Estos pozos realizados con técnicas tradicionales no pueden considerarse fuentes de agua potable por estar mal protegidos contra infiltraciones y derrumbes, además de ser hábitats preferentes de anfibios y roedores.

Los pozos tradicionales suelen ser propiedad familiar, con acceso regulado. Los propietarios tienen por tarea, cada época seca, el desescombro de derrumbes o de sedimentación. En ocasiones se utilizan técnicas de entibado mediante maderas o piedra.

Rehabilitar estos pozos someros o excavar nuevos pozos con técnicas modernas es una solución barata y sostenible en contextos donde se han destruido los puntos de abastecimiento tradicionales. También puede ser una buena opción para casos de emergencia donde se quiere ir reemplazando gradualmente un sistema de tratamiento de agua, caro y poco sostenible.

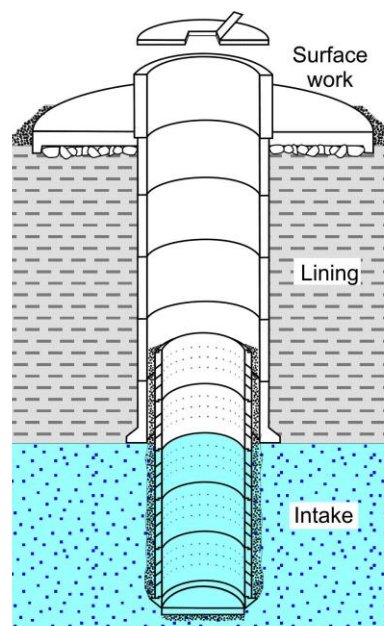
Un pozo bien entibado y bien captado, y con una plataforma de acceso firme e impermeable equipada con un brocal y cerrado, puede proporcionar agua segura ya sea mediante una bomba manual o una polea.

1.5.1 Pozos modernos

El principal aporte de las técnicas modernas a la excavación de pozos es la protección del pozo mediante hormigón armado, de esta forma se asegura su perennidad y mejora la calidad del agua.

Esta técnica se compone de tres fases fundamentales:

- el **entibado** de la parte no saturada.
- la **captación** de la parte saturada
- una **plataforma de acceso**.



Pozo moderno.
Entibado mediante encofrado.

Entibado

El entibado de la parte no saturada tiene como doble función evitar derrumbes de las paredes e infiltraciones de aguas superficiales, generalmente contaminadas.

Básicamente, hay dos formas de entibar pozos:

1. Entibado con encofrado: se realiza mediante un molde de encofrado para revestir las paredes con hormigón armado.

Este método es lento pero confiere gran solidez y estabilidad al pozo además de garantizar un buen aislamiento contra infiltraciones. En el mejor de los casos el avance máximo es de 1 m/día; cuando el terreno es blando y estable, medio día se ocupa en excavar y el otro medio en encofrar. El entibado se puede realizar de dos formas:

- Descendente: Se entiba metro a metro según se va excavando. Este es el método más seguro y cómodo para trabajar en casos de terrenos poco estables. Como inconveniente hay que señalar la necesidad de dejar una junta de 10 cm entre cada nivel de encofrado, necesaria para verter el hormigón. Estas juntas son un punto débil del pozo.
- Ascendente: Primero se excava todo el nivel no saturado hasta llegar al agua y después se encofra ascendiendo. Como ventajas hay que señalar que no hay espacio en las juntas y que en caso de no encontrar agua se ahorra el entibado. Por contra es un método arriesgado e imposible en terrenos inestables.

En el revestimiento con encofrado, los anclajes son una pieza clave: el de superficie, el de la base y los intermediarios (como mínimo cada 10 m).

2. Entibado con anillos: se realiza mediante anillos prefabricados en superficie. Con este método puede ganarse tiempo, mientras un equipo excava el otro hace los anillos. Los anillos se montan unos sobre otro mediante un engaste o atornillados mediante un estribo. El espacio anular se rellena con arcilla para aislar y evitar infiltraciones.

Como principal inconveniente es la inestabilidad ya que la columna de anillos final no es solidaria a las paredes, no hay anclajes, haciendo difícil la verticalidad y provocando desequilibrio de cargas y riesgo de rotura. No es conveniente para pozos de profundidad mayor de 15 m.

También debe tenerse en cuenta la complicación de manejar y descender los anillos de hormigón que pueden llegar a pesar 500 kg.

Al igual que en el entibado con encofrado, puede realizarse de forma ascendente o descendente:

- Ascendente: Si el terreno es estable, primero se excava hasta llegar al nivel freático y posteriormente se introducen los anillos y se ensamblan de abajo arriba.

- **Descendente:** Cuando el terreno es muy inestable se excava hasta donde es posible y luego se introduce la corona de corte como base sobre la que se va montando primero los anillos de captación y luego los de entibación. A continuación se excava desde dentro de los anillos que van descendiendo con la ayuda de la corona de corte. Así se va excavando y añadiendo anillos hasta sobrepasar el nivel del agua cuanto sea posible. En este caso, entibado y captación van unidos.

Los principales inconvenientes de este sistema son:

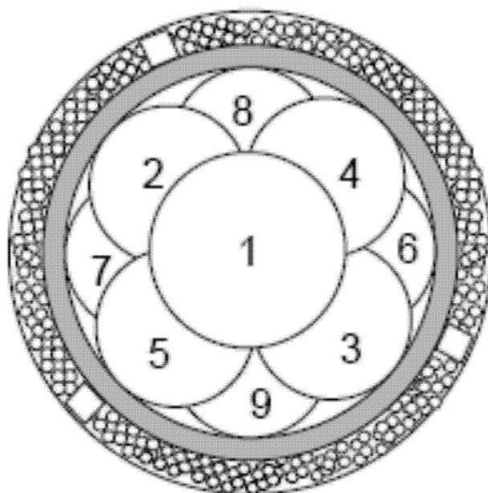
- que la base sobre la que se apoyan los anillos es poco estable.
- que es muy difícil guardar la verticalidad.
- no se puede meter la grava filtrante para la captación y se usa un tipo de anillos porosos (de arena y cemento).

Captación

Cuando la zona saturada ya esta protegida mediante un entibado se procede a realizar la captación en la zona saturada. La captación consiste en introducir anillos perforados de menor diámetro montados sobre una cuña (la corona cortante). Los anillos de captación deben tener un mínimo de 1 m de diámetro interno para poder trabajar en el un par de personas. Se excava desde dentro mientras la columna va descendiendo por su propio peso (captación telescópica). En el espacio anular abierto por la cuña se va introduciendo grava que filtra los finos del agua.

La captación es una fase muy delicada que preferiblemente ha de hacerse en época seca, cuando los niveles de agua están en mínimos. Se excava con ayuda de una bomba o una cuba para achicar el agua hasta obtener una columna de agua de al menos 3 m, cuando es posible.

Para mantener la verticalidad es importante introducir al menos 3 listones en el espacio anular que hagan de guías. También ha de seguirse un método de excavación en forma de pétalos de flor alternos como se muestra en la figura siguiente:



Esquema de excavado en el interior de los anillos

La mayoría de los pozos que vamos a intervenir se emplazan en riberas de ríos, lagos y mares, donde los caudales son grandes y el terreno muy arenoso y poco consolidado, ha de tenerse especial cuidado durante esta fase. Un bombeo excesivo puede provocar un efecto sifón que arrastra el material desde detrás de las paredes que entra por el fondo. Como resultado, los poceros extraen arenas pero los anillos no descienden, mientras se están abriendo huecos en los laterales. En estos casos es mejor bombear lo menos posible trabajando con altura de al menos un metro de agua para reducir la velocidad de entrada del agua en el pozo (por tanto su capacidad de arrastre).

Cuando se considera que la columna de agua es suficiente se acaba el pozo con una plataforma de fondo para evitar entrada de arena por efecto sifón durante la explotación del pozo.

Plataforma de acceso

En superficie, el pozo debe estar anclado y aislado por una plataforma amplia y firme. Debe haber un brocal de seguridad y, en caso de pozos de abastecimiento humano, una cubierta con trampilla de acceso.

Una de las ventajas de trabajar con un entibado descendente es comenzar con el anclaje superficial al que se puede adherir el brocal mediante un molde que queda durante todo el trabajo.

Este es un método muy seguro para trabajar. Con el pozo acabado se retira el molde y se emplaza a la cubierta. La cubierta debe tener una trampilla de acceso que se cierre mientras no se use el pozo.

En torno a la plataforma es muy conveniente preparar un área grande filtrante con piedras y gravas, para evitar encharcamientos.

La explotación se realiza mediante bomba manual o mediante polea y cubo. En este caso ha de utilizarse un único cubo que quedará siempre dentro del pozo mientras no se use para evitar contaminar el pozo.

Rehabilitación de un pozo tradicional

Rehabilitar un pozo es un trabajo arriesgado y delicado que tiene que hacerse con poceros experimentados. En algunos casos puede ser un trabajo más largo y costoso que realizar un nuevo pozo y con un resultado peor. También ha de tenerse muy en cuenta que un pozo tradicional es un bien familiar con reglas establecidas sobre su uso que serán muy difíciles de cambiar.

Cuando se trata de reparar un recubrimiento ya existente puede ser necesario trabajar desde una plataforma suspendida de un cabestrante, haciendo el trabajo especialmente complicado. En muchos casos la mejor opción es rellenar el pozo con arena y realizar un entibado descendente. Si el pozo es estable y de diámetro suficiente puede trabajarse con el método de anillos de entibado de forma ascendente y un posterior captación telescópica.

1.5.2. Diseño

Problemática

En caso de que sea necesario rehabilitar o excavar pozos someros en una situación de emergencia donde el tiempo y los medios son limitados, los principales problemas que se afrontan son:

- Necesidad de materiales pesados y logísticamente complicados de gestionar (cemento hierros, agregados, moldes).
- Necesidad de mano de obra especializada para realizar buenos encofrados.
- Tiempo excesivo para realizar el entibado y los anillos.

Exigencias que debe cumplir un nuevo diseño

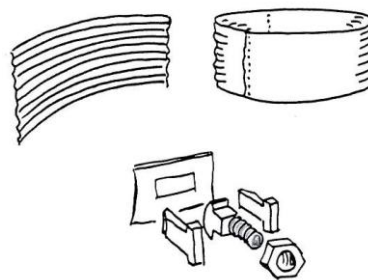
Como solución se propone diseñar un nuevo sistema de anillos de entibación y captación que deben resolver los problemas anteriores:

- Deben ser ligeros, fáciles de transportar y ensamblar, con un número reducido de piezas y elementos y herramientas los más estándares posibles.
- Deben facilitar un sistema de entibación y captación sencillo, seguro, solido y duradero.
- Deben reducir el tiempo de construcción de un pozo.

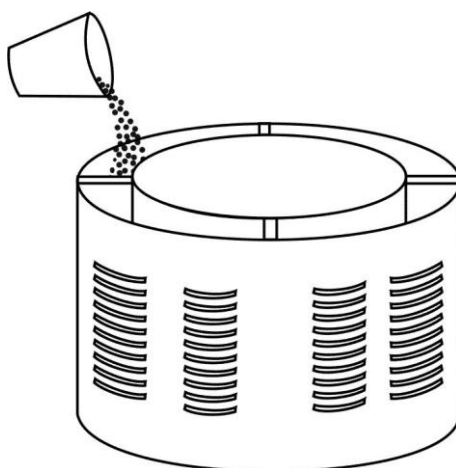
Y todo esto, como es lógico, teniendo en cuenta que el resultado final tiene que resultar en un coste igual o inferior a los sistemas actuales.

Notas

- Existe un diseño de módulos en galvanizado corrugado que pueden solucionar algunos de los problemas expuesto aunque conllevan ciertos inconvenientes: corrosión, no hay conexión vertical, por tanto debilidad ante esfuerzos verticales y dificultad para profundizar en la captación.
- Ha de tenerse en cuenta la capacidad de soportar esfuerzos verticales y laterales (estos últimos en principio son pequeños para pozos de hasta 20 m de profundidad).
- Deben dimensionarse diámetros y alturas óptimos.
- Debe haber opción a reprofundizar el pozo.
- Debe poderse trabajar de forma ascendente o descendente.



- Una opción pueden ser anillos dobles en materiales plásticos con un espacio anular. Este espacio anular puede ser, después de descendido el anillo, relleno con hormigón o con algún extruido plástico (como el poliuretano) en caso de anillos de entibado, o de grava filtrante en caso de anillos de captación. Los anillos de captación deben ser perforados y el del fondo ha de tener una base cortante para poder descender. El peso del relleno ayudará a descender la columna.



Anillo de captación

- Respecto a los elemento de la plataforma de acceso, consideramos especialmente complicado aunar el uso de materiales ligeros y portátiles con la construcción de una plataforma de acceso solida y duradera.

2. ESTUDIO DE LOS POSIBLES MATERIALES PARA EL KIT DE ENTIBADO

2.1. Problemática

En caso de que sea necesario rehabilitar o excavar pozos someros en una situación de emergencia donde el tiempo y los medios son limitados, los principales problemas que se afrontan son:

- Necesidad de materiales pesados y logísticamente complicados de gestionar (cemento, hierros, agregados, moldes...).
- Necesidad de mano de obra especializada para realizar buenos encofrados.
- Tiempo excesivo para realizar el entibado y los anillos.
- En el entibado descendente hay que señalar la necesidad de dejar una junta de 10 cm entre cada nivel de encofrado, necesaria para verter el hormigón. Estas juntas son un punto débil del pozo.
- En entibado con anillos el principal inconveniente es la inestabilidad ya que la columna de anillos final no es solidaria a las paredes, no hay anclajes, haciendo difícil la verticalidad y provocando desequilibrio de cargas y riesgo de rotura. No se recomienda para pozos mayores de 20 m. También debe tenerse en cuenta la complicación de manejar y descender los anillos de hormigón que pueden llegar a pesar 500 kg.

2.2. Exigencias que debe cumplir el nuevo diseño

Como solución se propone diseñar un nuevo sistema de anillos de entibación y captación que deben resolver los problemas anteriores, siendo:

- Ligero.
- Fáciles de transportar y de ensamblar.
- Número reducido de piezas.
- Elementos y herramientas los más estándar posible.
- Deben facilitar un sistema de entibación y captación seguro, sólido y duradero.
- Deben reducir el tiempo de construcción de un pozo (actualmente 1m/día como mucho).
- Coste igual o inferior al de los sistemas actuales.
- Ha de tenerse en cuenta la capacidad de soportar esfuerzos verticales y laterales, estos últimos en principio pequeños para pozos de hasta 20 m de profundidad.
- Deben dimensionarse diámetros y alturas óptimos.
- Debe haber opción a reprofundizar el pozo.
- Debe poderse trabajar de forma ascendente o descendente.

2.3. La lluvia de ideas de ACH, brainstorming

- Entibado que sirva como encofrado para un posterior hormigonado.
- Entibado suspendido tipo escombrera (troncocónico o no).
- PVC + PVC (doble) para rellenar de grava.
- Entibado de plástico para rellenar con hormigón.
- Entibado de plástico para rellenar con agua.
- Entibado metálico con celosía circundante.
- Entibado de acero inoxidable con refuerzos (nervios) de plástico.
- Entibado de hormigón ligero.
- Entibado mediante dovelas de hormigón.
- Entibado con encofrados perdidos o colaborantes.
- Encofrado con medias cañas de tubos plásticos.
- Entibado con piezas pequeñas de revestimiento (paneles arquitectónicos plásticos o metálicos).
- Entibado de plástico capa simple con juntas de rosca.

2.4. Análisis de materiales potenciales

A priori, existe una primera clasificación en cuanto a los principales tipos de materiales aplicados al entibado de los pozos. Esta primera clasificación es:

2.4.1. Hormigones

2.4.2. Materiales metálicos

2.4.3. Materiales plásticos

Se ha realizado una búsqueda de soluciones empleadas en el sector de la construcción principalmente, priorizando la búsqueda de soluciones comerciales ya existentes de cara a reducir los costes totales del nuevo sistema de entibación.

2.4.1. Hormigones

Es el material más ampliamente empleado en la actualidad en el entibado de pozos, tanto in situ como mediante anillos prefabricados de hormigón armado convencional (fabricados in situ o transportados). Estos se disponen comúnmente en anillos de alrededor de 1,5 m de diámetro y 1 m de altura, con pesos que rondan los 500 kg. Las ideas surgidas en lo que respecta a este material son las siguientes:

2.4.1.1. Hormigones ligeros modernos

Existen muchos tipos de hormigones ligeros, siendo varios de ellos tecnologías poco maduras. En el caso más general, se trata de hormigones en los que los áridos convencionales son sustituidos por áridos de baja densidad aparente, logrando densidades finales de hasta la cuarta parte de los hormigones de resistencia a compresión equivalentes. Este tipo de hormigones ligeros fueron usados ya por los romanos en la construcción del panteón de Agripa, utilizando piedra pómez como árido y hoy en día ocupan un lugar importante como sustitutivo de otros materiales y como material con propiedades añadidas,

usando como áridos sobretodo arcillas o pizarras expandidas (materiales obtenidos artificialmente).



Las resistencias a compresión más comunes para este tipo de hormigones son, en sus versiones más sencillas, de alrededor de 100 kg/cm^2 (los hormigones convencionales se encuentran entre 150 y 500 kg/cm^2).

Cómo **ventajas** desde la perspectiva de los objetivos del proyecto, y comparándolo siempre en todo caso con las soluciones adoptadas actualmente, se pueden mencionar:

- Es un material al que los poceros locales están habituados, el hormigón, aunque no el ligero.
- Su baja densidad implica que se puede llegar a reducir el peso en un 50% en el peor de los casos (alrededor de 1200 kg/m^3), lo que facilitará su transporte y manipulación. Podría contarse con stocks de emergencia que pueden ser transportados con reducciones significativas de tiempo (suponiendo limitaciones en peso y no en volumen) respecto a los actualmente utilizados, y por tanto el tiempo de construcción del pozo se vería reducido de manera importante.
- La reducción de peso tiene efectos positivos en el entibado con anillos prefabricados de abajo arriba. Al ser menor el peso propio, los efectos sobre la base poco estable serán inferiores.
- Como consecuencia de lo anterior, es posible que se pueda aumentar la profundidad máxima recomendada para este tipo de entibados, 15 m, pudiendo ampliarla de manera significativa hasta los 20-25 m.
- El secado es más rápido que para los hormigones convencionales y ofrecen una mayor resistencia a los efectos de los terremotos.

Como **inconvenientes** se pueden mencionar los siguientes:

- Falta de disponibilidad de áridos artificiales, no teniendo casi aplicación los áridos de origen natural (resistencias 50 y 100 kg/m^2 , habría que analizar las cargas resultantes).
- Precio: previsiblemente resultará superior al de los diseños actuales (alrededor del doble).

Precio: alrededor de 40 €/m^2 (soleras, <http://www.construmatica.com/bedec/f/5020>)

2.4.1.2. Hormigones ligeros de partículas de madera

Material compuesto elaborado con virutas de madera, cemento, agua y aditivos. Pueden lograrse densidades de entre 400 y 1700 kg/m³ (respecto a los 2350 kg/m³ del hormigón convencional). Su uso se remonta a principios del siglo XX, entonces conocido como piedra de madera, y fueron utilizados para pavimentos y revocos. Se pueden lograr resistencias a compresión de 130 kg/m² y módulos de elasticidad de 50000 kg/m² con densidades de mezcla de 1300 kg/m³.

Como **ventajas** se pueden mencionar las siguientes:

- Puede amasarse de forma manual de manera análoga al amasado de hormigones convencionales.
- Permite aserrado, clavado y atornillado, por lo que resultaría sencillo usar herramientas estándar y piezas accesibles para asegurar la estanqueidad de las juntas, etc.
- Está clasificado como hormigón ligero, con las ventajas ya mencionadas en el punto anterior en cuanto a reducción de peso.
- Áridos más fácilmente localizables que los correspondientes a los hormigones ligeros de arcilla expandida.

Y como **inconvenientes**:

- Problemas de corrosión en la armadura, necesidad de armado con fibras textiles (ver ventajas y desventajas de los hormigones con refuerzo textil).
- Alto grado de dilatación y contracción, problemas de fisuras, estanqueidad en regiones con alto contraste térmico.
- Aproximadamente un 30 % más caro que el hormigón normal debido al incremento de la cantidad de aglomerante y al bajo precio de los áridos convencionales.
- Aproximadamente un 35 % más barato que los hormigones ligeros con arcilla expandida, debido al bajo precio de los deshechos de madera, aunque siempre más caros que los hormigones convencionales.

Precio: aproximadamente 30 % más caro que el hormigón normal.

2.4.1.3. Hormigones con refuerzo textil

Es uno de los avances más notables de la tecnología contemporánea del hormigón. Utiliza como refuerzo productos textiles comerciales, de fibra de vidrio, carbono o aramida. El tamaño máximo de los áridos es 1 mm.

Como principal **ventaja**:

- Importante reducción de peso y material debida a la reducción de espesores, a su vez debida a que no son necesarios grandes espesores de recubrimiento para proteger al acero de la corrosión.

Y como **inconvenientes:**

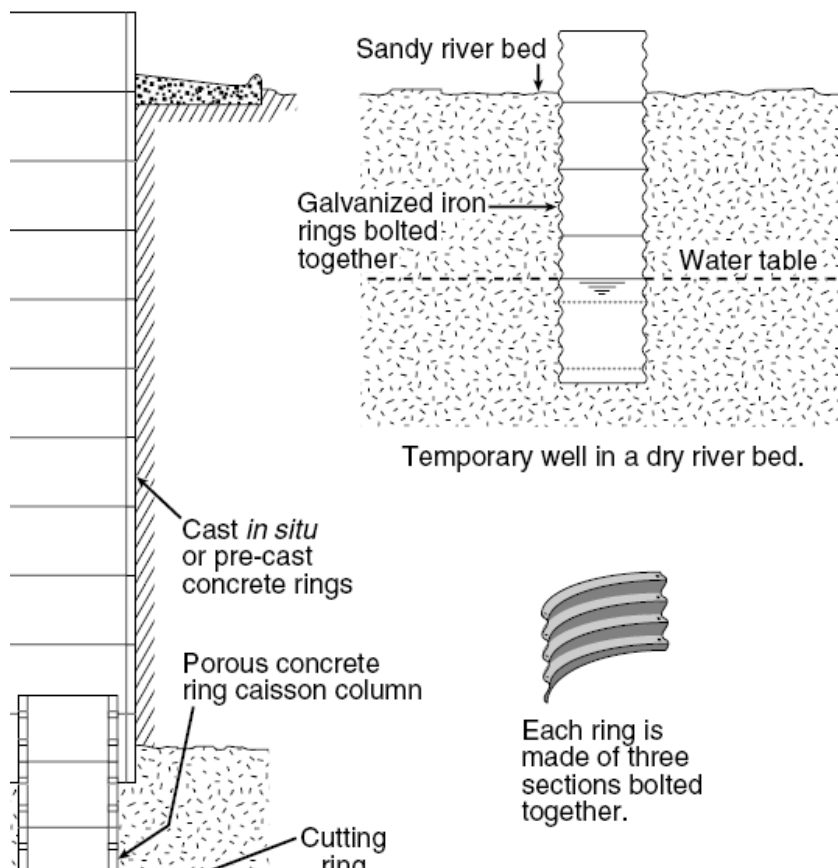
- Las materias primas empleadas para el refuerzo son fibras técnicas de alto rendimiento, y por tanto poco accesibles y caras.
- Proceso de fabricación tecnológicamente inaccesible.
- Dificultades para lograr adherencia.
- Dificultades para ubicar el refuerzo textil en su posición de plano.

Precio: aproximadamente 30 - 40% más caro que el hormigón normal.

2.4.2. Materiales metálicos

2.4.2.1. Sistema “Armco” (acero corrugado galvanizado)

Existen antecedentes en intervenciones en emergencia en cuanto al empleo de materiales metálicos para el entibado de pozos. En la imagen siguiente se observa el sistema que se describe en el libro “Engineering in emergencies”. Se trata del sistema denominado “Armco” (corrugated steel lining), que puede ser usado para entibar pozos a gran velocidad. En el párrafo en el que se menciona dicho sistema, se dice: “el potencial de uso de plástico para el entibado de pozos no ha sido todavía testado, pero a priori posee cierto atractivo”. Las hojas de entibado son relativamente fáciles de transportar y pueden ser montadas con su forma circular definitiva in situ, y pueden ser preensamblados para proporcionarles la estanqueidad necesaria.



Este mismo sistema es mencionado en los manuales de OXFAM de actuación en emergencias. Se dice: “para una muy rápida e inmediata respuesta, los pozos someros de emergencia pueden ser entibados usando este sistema. El kit incluye 2,5 metros de hojas de acero corrugado galvanizado perforado y 2,5 metros (se entiende que existe un error) del mismo material sin perforar. Este método es especialmente usado en pozos de ribera de río con formaciones arenosas o bien donde el nivel freático es alto. Propone una limitación en cuanto a la profundidad para este tipo de sistemas, 10-15 metros.”

“Las hojas de acero son de 600 mm de profundidad y se atornillan de 3 en 3 para formar anillos de 1,3 metros de diámetro. Cuando el suelo es firme, se pueden montar los 2 o 3 primeros anillos en superficie para después ser montados en el pozo. Una vez montados estos, después se pueden ir bajando por piezas para ser montados sobre los anillos de arriba. Con el kit se proporcionan hojas perforadas para la sección de captación del pozo. La sección de arriba, la que no es de captación, debe ser sellada con arcilla para prevenir la entrada de agua corrompida”.

Ignacio Marzán comenta los inconvenientes de este diseño en los términos de referencia del proyecto. Estos se incluyen en los argumentos a favor y en contra esgrimidos a continuación.

El acero corrugado galvanizado se usa en obra civil para la realización de puentes y alcantarillas desde 0,50 m hasta 13 m de luz, en formas circulares y abovedadas, y en diámetros que van desde 0,50 a 13 m. Permiten el paso de sobrecargas pesadas y son utilizables debajo de pequeñas alturas de terraplén, así como debajo de terraplenes altos. En este caso, se trata de estructuras que trabajan conjuntamente con el terreno que le rodea, por ello es imprescindible el atenerse a las recomendaciones de recubrimiento del tubo en lo que respecta a tipos de suelos, dimensiones del recubrimiento y compactación.



Sus principales **ventajas**:

- Fácilmente transportable por ser apilable y ligero.
- Número reducido de piezas y elementos y herramientas estándar, por tanto, fácilmente ensamblable.
- Capacidad para variar diámetros y alturas.
- Se puede trabajar con él tanto de manera ascendente como descendente.
- Reduce en gran medida el tiempo de entibado.
- Precio.

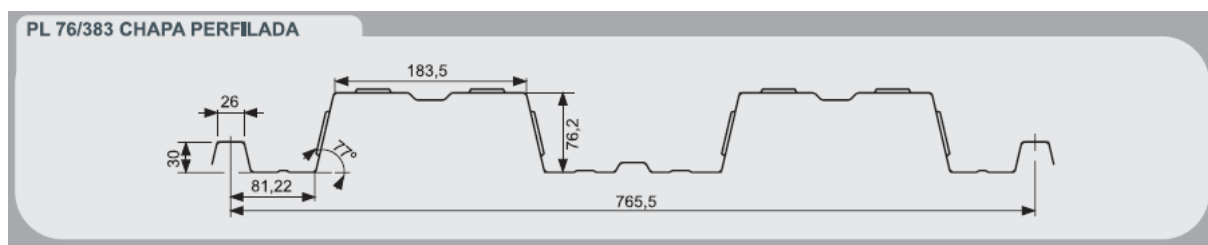
Y principales **inconvenientes**:

- Problemas de corrosión en presencia de cloruros (para paliar esto la literatura propone recubrimientos adicionales de pinturas bituminosas o resinas epoxi, entre otros).
- No hay conexión vertical (debilidad ante esfuerzos verticales).
- Dificultad para profundizar en la captación.
- No se recomienda por encima de 10-15 metros de profundidad.
- No tiene sistema de filtrado de finos en los anillos de captación.

Precio: 34 € /m lineal (oferta para 1,4 metros de diámetro y 2 mm. de espesor)

2.4.2.2. **Chapa colaborante (o encofrado perdido, forjado compuesto...)**

Un forjado compuesto es un sistema mixto de construcción formado por un perfil de acero (chapa colaborante) que además de actuar como encofrado del hormigón, colabora en la resistencia de la losa sustituyendo total o parcialmente a las armaduras de tracción del forjado. Es imprescindible conseguir una adherencia entre acero y hormigón superior al esfuerzo rasante de sollicitación (en el caso de hormigonar a posteriori, el peso propio del hormigón). Estos perfiles suelen llevar incorporadas unas embuticiones tronco piramidales repetidas indefinidamente en sus partes planas y en sus flancos inclinados. Estos alojamientos, por su forma y sus bien definidas aristas, permiten un anclaje perfecto del hormigón al perfil. Disponible (Arcelor) en 0,7 – 1,2 mm de espesor, galvanizada.



La idea de usar este tipo de productos para el entibado de pozos está basada en varios **argumentos a discutir**:

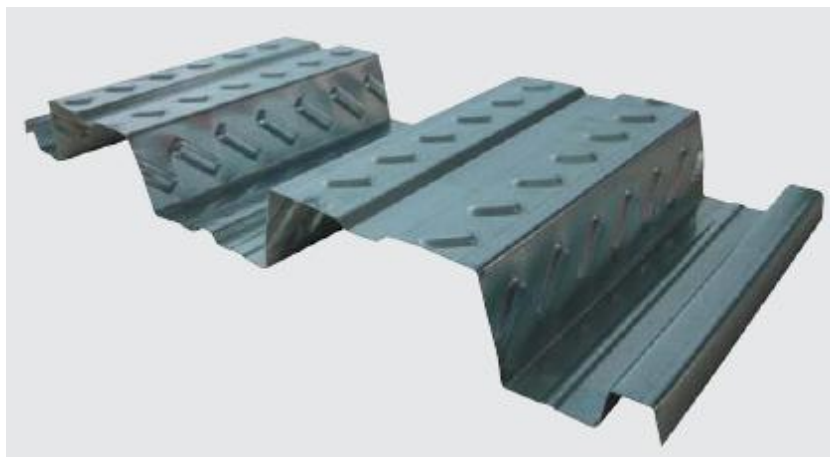
- Producto comercial con una gran gama de dimensiones, espesores...
- Está protegido contra la corrosión, ya que tiene que trabajar en conjunto con el hormigón (habría que comprobar la resistencia frente a cloruros también).
- Se puede doblar más fácilmente que las piezas de acero corrugado “armco”, ya que los nervios se sitúan en el eje del pozo.
- Lo ideal es que no fuera necesario realizar un hormigonado posterior, es decir, que pudiera trabajar en solitario, aunque teniendo la opción de hormigonar a posteriori para garantizar una mayor duración en el tiempo, y un mayor grado de estanqueidad.
- Para los anillos de captación, se podría implementar una solución añadiendo por la cara exterior otro cerramiento (lámina metálica u otro material) de manera que el espacio que dejan los nervios (previamente perforados) se pudiera rellenar con grava que hiciera las veces de material filtrante.

Las **dudas** que surgen son:

- No tenemos idea de cómo trabaja a compresión, es decir, como soportaría los esfuerzos verticales, aunque debido a su bajo peso en teoría no deberían ser importantes.
- Habría que definir una solución para asegurar la estanqueidad en las juntas verticales y para el solapamiento entre las piezas que conforman cada anillo.
- Habría que definir si para asegurar su resistencia sería o no necesario armar con redondos la estructura.
- Se podría pensar en soluciones para realizar, tal y como se indica en la bibliografía de referencia, anclajes a terreno cada 10-12 metros.
- En el caso de tener que hormigonar, tenemos la desventaja de tener que dejar juntas de hormigonado cada cierta distancia. Habría que verificar cual es la altura y espesor máximo que se puede hormigonar sin proceso de vibrado, aunque se podría pensar en aditivos compactantes para poder eliminar el vibrado.
- El material de relleno podría ser simplemente arcilla, o el propio material extraído.

Las principales **ventajas** que tiene este material son las mismas que para el caso de acero corrugado, además de las siguientes:

- En caso de posterior hormigonado, bajo espesor en comparación con hormigón armado convencional, luego menor peso y por tanto manipulación más sencilla.
- Fáciles de ensamblar (machihembrado, solapamiento estanco)
- Se puede entibar de arriba a abajo y viceversa (en el caso de no hormigonar, o de hormigonar con compactantes).
- Posibilidad de fabricarlo in situ a partir de chapa galvanizada y proceso de plegado en frío, pudiendo en este caso definir formas, dimensiones y espesores óptimos.



Y sus **desventajas**:

- Puede que poco disponible localmente, dependiendo de ubicaciones, en su versión comercial (aunque la maquinaria de plegado es comercial, no así el galvanizado).
- Si se pone sin hormigón puede ser problemático el esfuerzo debido al peso propio, ya que no está hecho para trabajar así.
- Dudas acerca de su comportamiento como arco, es decir, ¿se doblará debido a la resultante tangencial del esfuerzo del terreno?

- Juntas de estanqueidad sin resolver.
- Precio superior al acero corrugado galvanizado.
- Corrosión a analizar.

Precio: unos 30 €/m (sin hormigón) (<http://www.construmatica.com/bedec/f/1333>)

2.4.2.3. Tablestacas metálicas

Las tablestacas son perfiles, generalmente metálicos, que pueden ser utilizados para obras definitivas (muelles, defensas de cauces, etc.), o bien como entibaciones provisionales (aperturas de zanjas para colectores, ejecución de encepados bajo nivel freático, etc.)



En los primeros casos, tablestacas no recuperables, se realiza la inca de los perfiles hasta las cotas proyectadas mediante vibrohincadores o bien mediante martillos de doble efecto. En ciertos terrenos con existencia de materiales de relleno de gran tamaño, puede ser preciso proceder a un dragado previo de dichos terrenos.

En el supuesto de entibaciones provisionales, tablestacas recuperables, se realiza tanto la hincas como la extracción de las tablestacas, generalmente mediante vibrohincadores. En el caso de entibaciones para colectores, pueden ser empleados los equipos base para la realización de la excavación de zanjas o como grúas para la introducción de tuberías, labores de hormigonado, etc. Un ejemplo de aplicación práctica de entibación provisional, viene dado por la formación de recintos de tablestacas previos al vaciado necesario para la ejecución de encepados de pilas de estructuras que deban ser realizados bajo nivel freático (cauces de ríos), procediéndose a la extracción de dichas tablestacas una vez hormigonados los encepados, empleándose sucesivamente las mismas tablestacas para la realización de los siguientes encepados.

Los pequeños espesores pueden dar lugar a que los paneles o planchas metálicas que conforman las tablestacas pandeen o flecten. Para evitarlo, se alabea la sección, dotándoles de una mayor inercia. Secciones típicas son 'en Z' o 'en U'.

Sus principales **ventajas** (en relación con los encofrados perdidos):

- Más modular incluso que los encofrados perdidos (mayor variabilidad de diámetros).
- Más rígido que los encofrados perdidos (menores problemas de comportamiento frente a esfuerzo tangencial).

Y sus **inconvenientes** (en relación con los encofrados perdidos):

- Más pesado que los encofrados perdidos.
- Dudas sobre su estanqueidad.

Precio: unos 10 €/m² (<http://www.construmatica.com/bedec/f/1310>)

2.4.2.4. Tubo metálico (tipo climatización)

Sus principales **ventajas**:

- Estanqueidad garantizada.
- Ligero.
- Fácil de ensamblar.
- Pocas piezas.
- Elementos estándar.
- Sistema de entibación seguro y duradero.
- Rápido.

Y sus **inconvenientes**:

- Voluminoso, difícil de transportar.
- Precio.
- No se pueden variar los diámetros.
- No se puede trabajar de manera descendente.

2.4.3. Materiales plásticos

Otro gran grupo de materiales a estudiar son los plásticos. Suelen ser bastante ligeros, de fácil manipulación, garantizan la estanqueidad y compatibles medioambientalmente.

2.4.3.1. Tubo de PVC

Los tubos de PVC poceros son fabricados con compuestos de PVC rígido de alta resistencia mecánica. Los espesores de pared de los tubos poceros son reforzados (4,5 mm. para 140 mm. diámetro), lo que los hace aptos para su principal uso que es entibar pozos de agua, debiendo soportar la carga externa del terreno a profundidades muy grandes, mayores de 60 m.

Sus principales **ventajas** (Ídem tubo metálico):

- Estanqueidad garantizada.
- Ligero.
- Fácil de ensamblar.
- Pocas piezas.
- Elementos estándar.
- Sistema de entibación seguro y durable.
- Rápido.

Y sus **inconvenientes** (Ídem tubo metálico):

- Voluminoso, difícil de transportar.
- Precio.
- No se pueden variar los diámetros.
- No se puede trabajar de manera descendente.

2.4.3.2. Tubería de polietileno corrugado doble pared para saneamiento

Tubería de polietileno fabricada según la norma UNE-EN 13476. Clase de rigidez SN-8 (KN/m²). Los hay de varios diámetros, pero se tomaría el mayor: 1200 mm.



Referencia	DN (mm)	CLASE DE RIGIDEZ SN (KN/m ²)	PRECIO €/m.l.
0202075	160	8	10,60
0202076	200	8	13,80
02020762	250	8	21,20
02020763	315	8	Consultar
0202077	400	8	Consultar
0202078	500	8	Consultar
02020782	630	8	147,50
0202079	800	8	256,80
02020791	1.000	8	415,25
02020792	1.200	8	611,95

Sus puntos fuertes, sus **ventajas**:

- Estanqueidad garantizada.
- Rapidez de instalación.
- Bajo riesgo laboral incluso en condiciones de difícil acceso.
- Elevada resistencia al aplastamiento a pesar de su ligereza.
- Resistencia a los agentes químicos, radiaciones, agentes abrasivos y bajas temperaturas.
- Compatibilidad medioambiental.

Y sus **inconvenientes**:

- Voluminoso.
- Precio.
- No se pueden variar los diámetros.

- No se puede trabajar de manera descendente

Precio: para nuestro caso sería 611,95 €/m lineal.

2.4.3.3. Piezas fabricadas ad hoc en plástico inyectado (secciones rectangulares)

Fabricación a base de virolas compuestas por módulos rectangulares con otras más pequeñas, atornilladas entre sí y selladas con poliéster internamente. Se puede utilizar para cualquier clase de líquidos, ya sean productos: alimenticios, químicos o agua.

<http://www.aiqsa.com/productos/produccion/d epositos/depositos.htm>



2.4.3.4. Otras ideas

- Piezas de revestimiento de edificios en materiales plásticos.
- Tablestacas PVC.
<http://www.altifers.com/productos/tablestacas-pvc.htm>

Entre todas las posibilidades que se plantean, secciones rectangulares fabricadas ad hoc con polietileno de alta densidad parece una solución que cumple las exigencias planteadas:

- Ligero.
- Fáciles de transportar y de ensamblar.
- Número reducido de piezas.
- Elementos y herramientas los más estándar posible.
- Deben facilitar un sistema de entibación y captación seguro, sólido y duradero.
- Deben reducir el tiempo de construcción de un pozo (actualmente 1m/día como mucho).
- Coste igual o inferior al de los sistemas actuales.
- Ha de tenerse en cuenta la capacidad de soportar esfuerzos verticales y laterales, estos últimos en principio pequeños para pozos de hasta 20 m de profundidad.
- Deben dimensionarse diámetros y alturas óptimos.
- Debe haber opción a reprofundizar el pozo.
- Debe poderse trabajar de forma ascendente o descendente.

3. DISEÑO DE UN KIT DE ENTIBADO

3.1. Introducción

Después del estudio de las distintas alternativas de materiales que nos propone el mercado, la solución con la que vamos a diseñar el entibado de pozos es: **secciones rectangulares fabricadas ad hoc con polietileno de alta densidad.**

En este punto de proyecto se presentan los dos últimos diseños que se denominan diseño previo y diseño final.

3.2. Diseño previo

Características de las piezas

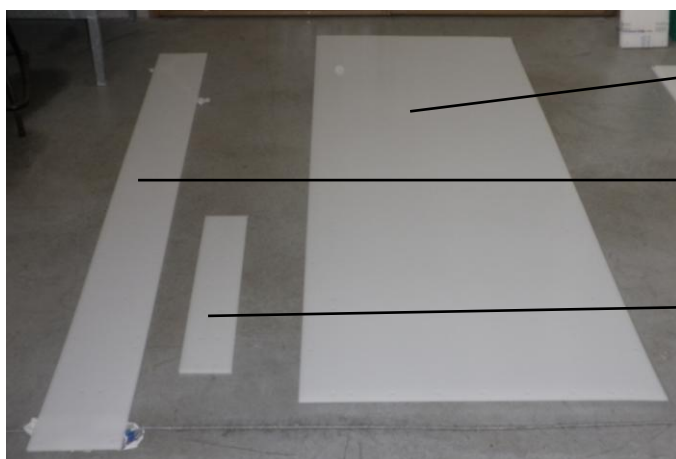
	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)
Parte exterior (ciego y captación)	Virola interna	1978	2	1259,2	8	190
	Paño	2000	2	1273,2	6	800
	Montante	120,0	2	1259,2	8	610
	Espesor filtrante	100				
Parte interior (captación)	Montante	102,5	2	1075,2	8	610
	Paño	1667	2	1061,2	6	800
	Virola externa	1689	2	1075,2	8	190

Las piezas son de estas dimensiones porque, partiendo de planchas de polietileno de alta densidad de 2000 x 1000 (mm):

- El paño de 2000 x 800 es una medida relativamente manejable para transportar y montar.
- En el caso de tener el mismo espesor para paños y virolas, podríamos aprovechar para un paño y una virola interna, respetando 10 mm de anchura de corte.
- Las virolas internas tienen que ser más pequeñas que los paños porque van por dentro. En cambio, las virolas externas tienen que ser más grandes que los paños porque van por fuera.

Especificaciones generales

- La altura planteada con 24 virolas internas, 24 paños y 24 montantes es 9,60 m de entibado. (aprox.10 m). Si bien, aumentando a 38 alcanzaremos 15,2 m (aprox. 15 m).
- Diámetro interior superior a 1000 mm, suficiente para que puedan trabajar dos personas dentro.
- Aprovecha al máximo el material de partida, las planchas de polietileno.
- 2 piezas de 3 referencias distintas por tramo, logísticamente no parece complicado.
- Piezas simétricas, para facilitar el montaje.
- Necesidad de accesorio de montaje, estilo fleje.
- Usaremos tornillos y tuercas para los montantes y autorroscantes para el resto (tornillos 8 x 25 mm de Nylon)
- El número de taladros por pieza son: 36 en las virolas, 50 en los paños y 14 en los montantes. Como es lógico, la suma de los taladros de virola y montante es igual a los taladros del paño.



Paño

Virola

Montante



Detalle del interior



Dos tramos ciegos de entibado

Montaje

Muy sencillo. Montando desde el interior, se une un paño con el otro del mismo tramo por medio de dos montantes. Este tramo se unirá con el siguiente por medio de las virolas. Las uniones se realizan con tornillos de Nylon.

3.3. Diseño final

El primer tema a tratar es el espesor de las piezas, sin duda, para realizar una correcta optimización de material hay que unificarlo. Según los estudios de ANSYS, apartado 9 del proyecto, (ANÁLISIS ESTRUCTURAL) con 6 mm de espesor es más que suficiente, porque las deformaciones que sufre son asumibles y no permanentes, y en las uniones en realidad se tendría 12 mm de espesor.

Características de las piezas

Ciego	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	Nº tramos	Nº piezas	Altura total	
	Virola interna	1981	2	1261,2	6	150	9	18	7515	
	Paño	2000	2	1273,2	6	835		18		
	Montante	150	2	1261,2	6	685		18		
Captación	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	Nº tramos	Nº piezas	Altura total	
	Virola interna	1981	2	1261,2	6	150	2	4	1670	
	Paño	2000	2	1273,2	6	835		4		
	Espeor filtrante					100				
	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)		Nº piezas		
	Paño	1667	2	1061,2	6	835		4		
Cuña	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)		Nº tramos		Nº piezas
	Virola interna	1981,2	2	1261,2	6	150	1	2	1000	
	Paño	2000	2	1273,2	6	1000		2		
	Virola interna 2	1981,2	4	1261,2	6	50		4		
	Espeor filtrante					100				
	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)		Nº piezas		
	Virola externa	1685,8	4	1073,2	6	50		4		
	Paño	1667	2	1061,2	6	880,5		2		

El tamaño de las piezas ha variado para una mejor optimización del material, en este caso pensado en utilizar planchas de 2000 x 3000 (mm), salvo en el caso del paño de cuña que directamente sería una plancha de polietileno de 2000 x 1000 (mm):

- Los paños del tramos ciego y el de captación son más altos, 2000 x 835 (mm), por los 2000 x 800 (mm) del anterior diseño.
- Las virolas internas de todos los tramos también han cambiado, 1981 x 150 (mm), por los 1978 x 190 (mm)
- Las virolas internas tienen que ser más pequeñas que los paños porque van por dentro. En cambio, las virolas externas tienen que ser más grandes que los paños porque van por fuera.
- El espesor filtrante de la zona de captación y cuña se mantiene en 100 mm.
- En la tabla anterior, faltaría por definir los perfiles que hacen las veces de montantes tanto en el tramo de captación como en el de cuña, 4 en el de captación y otros 2 en el de cuña.
- Así mismo, falta por describir las 3 piezas que sirven de remate del tramo de cuña.

Otra opción, para un entibado de tipo telescópico, para reprofundizar el pozo:

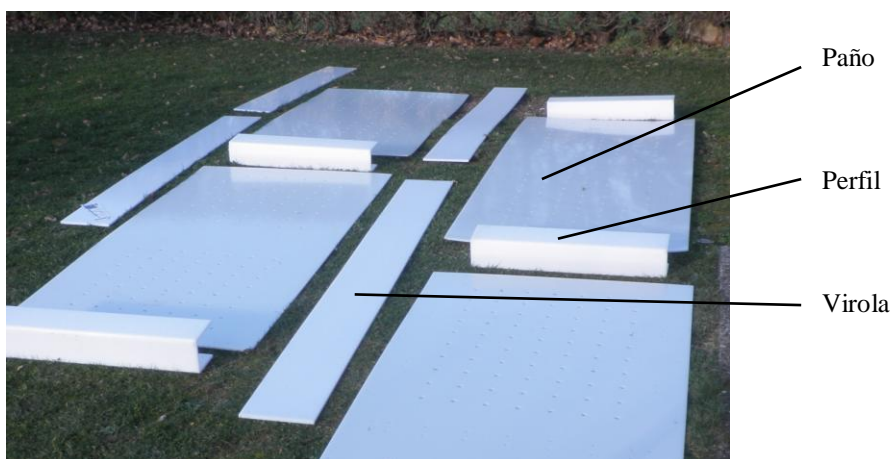
Captación telescópica	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	Nº tramos	Nº piezas	Altura total	
	Virola interna	1940,3	2	1235,2	6	150	2	4	1670	
Paño	1959,2	2	1247,2	6	835	4				
Espesor filtrante				100						
Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	Nº piezas				
Paño	1626,2	2	1035,2	6	835	4				
Cuña Telescópica	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	Nº tramos	Nº piezas	Altura total	
	Virola interna	1940,3	2	1235,2	6	150	1	2	1000	
	Paño	1959,2	2	1247,2	6	1000		2		
	Virola interna 2	1940,3	4	1235,2	6	50		4		
	Espesor filtrante				100					
	Pieza	Longitud (mm)	Piezas por tramo	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)		Nº piezas		
	Virola externa	1645	4	1047,2	6	50		4		
Paño	1626,2	2	1035,2	6	880,5	2				

El diámetro del paño de la captación telescópica es igual al diámetro de la virola interna (1261,2) menos dos veces el espesor y menos una cierta holgura (2 mm). Obteniendo un diámetro de 1247,2 mm. En función de este se determina el resto de medidas.

NOTA: los planos de un kit de entibado de pozos se muestran en el ANEXO 1 y una simulación en 3D en el ANEXO 2.

Especificaciones generales

- Este diseño se plantea con 9 tramos ciegos, 2 de captación y 1 de cuña, alcanzado 10,185 m (aprox. 10 m). Si bien, aumentando hasta 15 tramos ciegos, alcanzaremos 15,195 m (aprox. 15 m).
- Diámetro interior superior a 1000 mm, suficiente para que puedan trabajar dos personas dentro.
- Aprovecha al máximo el material de partida, las planchas de polietileno.
- Piezas simétricas, para facilitar el montaje.
- Necesidad de accesorio de montaje, estilo fleje.
- Usaremos únicamente autorroscantes (tornillos 8 x 25 mm de Nylon)
- El número total de uniones es 906 para el kit básico de 10,185 m.
- El volumen de un kit de entibado es 0,35375 m³.
- Si el polietileno tiene una densidad de 950 kg/m³, se tendrán 336,06 kg.



Despiece de la captación exterior

Montaje

El **entibado de la parte no saturada** tiene como doble función evitar derrumbes de las paredes e infiltraciones de aguas superficiales, generalmente contaminadas.

Al igual que el otro diseño, puede ganarse tiempo, mientras un equipo excava, el otro monta los anillos. Se montan desde el interior, se une un paño con el otro del mismo tramo por medio de dos montantes. Este tramo se unirá con el siguiente por medio de las virolas. Las uniones se realizan con tornillos de Nylon.

Como principal inconveniente es la inestabilidad ya que la columna de anillos final no es solidaria a las paredes, no hay anclajes, haciendo difícil la verticalidad y provocando desequilibrio de cargas y riesgo de rotura. No es conveniente para pozos de profundidad mayor de 15 m.

Hay dos posibilidades según el tipo de terreno en que se quiera hacer el entibado:

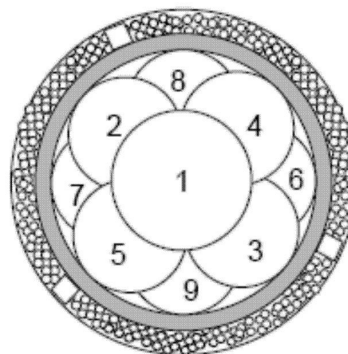
- **Ascendente:** Si el terreno es estable, primero se excava hasta llegar al nivel freático y posteriormente se introducen los anillos y se ensamblan de abajo arriba.

- **Descendente:** Cuando el terreno es muy inestable se excava hasta donde es posible y luego se introduce la corona de corte como base sobre la que se va montando primero los anillos de captación y luego los de entibación. A continuación se excava desde dentro de los anillos que van descendiendo con la ayuda de la corona de corte. Así se va excavando y añadiendo anillos hasta sobrepasar el nivel agua cuanto sea posible. En este caso, **entibado y captación van unidos**.

Cuando la zona saturada ya esta protegida mediante un entibado se procede a realizar la **captación en la zona saturada**. La captación consiste en introducir anillos taladrados de menor diámetro montados sobre una cuña (la corona cortante). Se excava desde dentro mientras la columna va descendiendo por su propio peso (captación telescópica). En el espacio anular abierto por la cuña se va introduciendo grava que filtra los finos del agua.

La captación es una fase muy delicada que preferiblemente ha de hacerse en época seca, cuando los niveles de agua están en mínimos. Se excava con ayuda de una bomba o una cuba para achicar el agua hasta obtener una columna de agua de unos 3 m.

Para mantener la verticalidad es importante introducir al menos 3 listones en el espacio anular que hagan de guías. También ha de seguirse un método de excavación en forma de pétalos de flor alternos como se muestra en la figura.



Cuando se considera que la columna de agua es suficiente se acaba el pozo con una plataforma de fondo para evitar entrada de arena por efecto sifón durante la explotación del pozo.

Criticas

- Cambiar el tipo de tornillos porque es difícil encontrar cabeza atornilladora.
- Si no se cambia de tornillo, al menos, aumentar su diámetro, en ocasiones se les rompe la cabeza si se montan con los agujeros no totalmente alineados.
- Disminuir la distancia entre los tornillos de las juntas para que haya menos holgura en la unión entre virolas.

4. OPTIMIZACIÓN DEL MATERIAL CON CORTE5

4.1. Presentación de Corte5

Corte5 es un programa de optimización para la elaboración automática de planes de corte de materiales en forma de planchas y barras con la singularidad de haber sido especialmente diseñado para ofrecer a sus usuarios la posibilidad real de acceder a soluciones óptimas verdaderas de las tareas planteadas. Se soporta en un poderoso modelo matemático que permite cumplir este objetivo, garantizando si no soluciones muy cercanas al óptimo, brindando en la mayoría de los casos, aprovechamientos por encima del 95% del material.

El programa puede aplicarse de manera efectiva al corte de diferentes tipos de material como metal, vidrio, papel, madera u otros, en situaciones prácticas diferentes. Ello se logra mediante la definición de opciones tecnológicas que permiten ajustar los patrones de corte, tanto sea posible, a las características del material y a la herramienta de corte.

No podrá utilizar piezas de formas complejas, con contornos poligonales o curvos, a menos que defina cubrimientos rectangulares pero a sabiendas de la pérdida de material que ello implicaría y que pudiera evitarse encajando las ubicaciones.

4.1.1. Tecnología de corte

La tecnología de corte es el conjunto de opciones y parámetros que condicionan la geometría de los patrones de corte con el objeto de que cumplan con los requisitos exigidos por la herramienta de corte y el material.

- Corte con guillotina: la primera restricción tecnológica es la extracción de piezas rectangulares mediante el llamado corte de guillotina, es decir, de lado a lado del material y en ángulo recto en relación al borde cortado. Nótese que esta restricción no condiciona la maquina de corte a utilizar sino solo la topología de las variantes.
- Tipo de corte: define tanto la forma de las piezas como las dimensiones cortables del material. Se utilizan, o planchas, o barras.
- Sobrante reutilizable: permite activar la detección del sobrante reutilizable y definir mínimas, las cuales se aplicarán independientemente de la orientación de los retazos de material.
- Ancho de corte: ancho de la tira de material que desbasta la herramienta de corte. Geométricamente define una distancia o separación entre las piezas de los patrones de corte.
- Sobrante mínimo: longitud del sobrante que puede quedar en la dirección perpendicular al corte, los menores que dicha longitud no se consideran.



- Corte máximo: longitud máxima que puede alcanzar la herramienta. Por ejemplo en el corte con cizalla dicha longitud sería el largo de la cuchilla.
- Longitud de agarre: longitud mínima de una zona segura para sujetar el material antes de cortarlo.
- Niveles de corte: un nivel de corte es la ejecución de cortes paralelos a una dimensión del rectángulo. Cada vez que cambie la dirección del corte la cantidad de niveles de corte se incrementa en 1. Al restringir los niveles de corte se reduce la complejidad.
- Otras consideraciones pueden ser el número de piezas por patrón y la posibilidad de rotar las piezas.

4.2. Optimización

Una vez presentado el software de optimización de material Corte5, este se utilizo para optimizar los dos últimos prototipos, el de la optimización previa y el de la optimización final.

4.2.1. Optimización previa

Especificaciones:

- Ancho de corte de 10 mm.
- 2 niveles de corte.
- Tramo de captación de cuña sin un diseño específico. Para la optimización se consideran las mismas medidas del resto de tramos de captación, en principio, no tiene porque cambiar mucho.
- Se tienen en cuenta tres posibles casos según el tamaño de las planchas de polietileno que se usen:
 - a) 1m x 2m
 - b) 2m x 3m
 - c) 1m x 2m y 2m x 3m

Resultados y análisis para la optimización X kits completos (de 1 a 10)

a) 1m x 2m

El aprovechamiento del material se mantiene constante: 95.11% (nº de planchas)

1 kit	95.11(41)	6 kits	95.11(246)
2 kits	95.11(82)	7 kits	95.11(287)
3 kits	95.11(123)	8 kits	95.11(328)
4 kits	95.11(164)	9 kits	95.11(369)
5 kits	95.11(205)	10 kits	95.11(410)

b) 2m x 3m

Es la optimización que peores resultados proporciona: 92.84% de 1 a 8 kits y un poco más para 9 y 10 kits, consiguiendo el máximo para 9 kits 93.58(125).

1 kit	92.84(14)	6 kits	92.84(84)
2 kits	92.84(28)	7 kits	92.84(98)
3 kits	92.84(42)	8 kits	92.84(112)
4 kits	92.84(56)	9 kits	93.58(125)
5 kits	92.84(70)	10 kits	93.51(139)

c) 1m x 2m y 2m x 3m

Se obtienen resultados de aprovechamiento muy similares a los de 1m x 2m.

1 kit	95.11(41,0)	6 kits	95.49(185,20)
2 kits	95.11(70,4)	7 kits	95.44(217,23)
3 kits	95.11(105,6)	8 kits	95.40(249,26)
4 kits	95.11(140,8)	9 kits	95.36(278,30)
5 kits	95.11(175,10)	10 kits	95.34(346,21)

Por el porcentaje de aprovechamiento del material se utilizaría la 1ª alternativa (1m x 2m) o la 3ª alternativa (1m x 2m y 2m x 3m). Se obtienen los mismos resultados de aprovechamiento de 1 a 5 kits y luego algo mejor para la 3ª alternativa de 6 a 10 kits. Apenas influye la posibilidad de poder usar el de 2m x 3m. Solo para los casos de 6 a 10 kits en un 0.38%. Se obtiene un máximo para 6 kits: 95.49 (185,20)

Por tanto, la 2ª alternativa (2m x 3m) quedaría completamente desechada debido a sus menores porcentajes de aprovechamiento de material.

4.2.2. Optimización final

Especificaciones:

- Ancho de corte de 10mm.
- 2 niveles de corte.
- Cambios en el diseño de las piezas, con su ahorro de material. El diseño final está pensado para usar las planchas de 2m x 3m.
- Pozo de 10m de profundidad.
- Por las limitaciones del software, no se tiene en cuenta las tres piezas del remate de cuña. Una solución es utilizar los sobrantes o añadir al material una plancha más de 1m x 2m.
- Se tienen en cuenta tres posibles casos según el tamaño de las planchas de polietileno que se usen:
 - a) 1m x 2m
 - b) 2m x 3m
 - c) 1m x 2m y 2m x 3m
- Aunque el programa Corte5 no guarda los resultados al incluir los precios de cada plancha, se toman, para tener una idea aproximada, los siguientes valores:
 - a) Plancha de 1m x 2m a 45 €/Ud.
 - b) Plancha de 2m x 3m a 135 €/Ud.

Tecnología

Tipo de corte

Corte de planchas

Corte de barras

Sobranse reutilizable

Habilitar

Dimensiones mínimas: x

Parámetros de corte

Rotar las piezas

Ancho de corte

Sobranse mínimo

Corte máximo

Longitud de agarre

Niveles de corte

Piezas por patrón

Cortes por patrón

Márgenes material (Izq, Der, Inf, Sup)

Cantidad de veces que puede cambiar la dirección del corte antes de alcanzar semiproductos de piezas o sobrantes.

Lanzamiento
Unidades
Tecnología
Salida
Cálculo
Entorno
Apariencia
Hojas

Cálculo

Optimización vs Rendimiento

Solución Teórica

Nivel de optimización:

Inicial Final

Optimización máxima, Rendimiento inferior.

Aceleración

Auto acelerar cada segs

Extender dimensiones de piezas al % del largo o ancho del material

Excluir piezas que no cubran el % del área del material

Cota de Redondeo (x1000)

Cota de Completamiento

Criterio de Optimización

Minimizar el consumo

Minimizar el costo

Criterio de Redondeo

Minimizar desviación del pedido

Minimizar desviación del área

Criterio de Completamiento

Maximizar área completada

Ponderar costo y aprovechamiento

Fases

Solución Teórica

Redondeo

Completamiento

En la nueva solución

Mantener patrones actuales

Ajustar cortes automáticamente

Lanzamiento
Unidades
Tecnología
Salida
Cálculo
Entorno
Apariencia
Hojas

Resultados y análisis para la optimización X kits completos (de 1 a 10)a) 1m x 2m

El aprovechamiento del material se mantiene más o menos constante, siendo la peor posibilidad.

1 kit	83.63(36)	6 kits	84.42(214)
2 kits	83.63(72)	7 kits	84.30(250)
3 kits	84.42(107)	8 kits	84.51(285)
4 kits	84.22(143)	9 kits	84.42(321)
5 kits	84.57(178)	10 kits	84.57(356)

b) 2m x 3m

El aprovechamiento de material está entre el 91.24 y 94.09%, siendo el máximo para 6 kits.

1 kit	91.24(11)	6 kits	94.09(64)
2 kits	91.24(22)	7 kits	93.67(75)
3 kits	91.24(33)	8 kits	93.36(86)
4 kits	93.36(43)	9 kits	93.12(97)
5 kits	92.93(54)	10 kits	93.79(107)

c) 1m x 2m y 2m x 3m

El aprovechamiento de material está entre el 91.24 y 94.09%, siendo el máximo de 3 a 10 kits, son resultados de aprovechamiento muy similares a los de 2m x 3m.

1 kit	91.24(3,10)	6 kits	94.09(12,60)
2 kits	92.64(5,20)	7 kits	94.09(14,70)
3 kits	94.09(6,30)	8 kits	94.09(16,80)
4 kits	94.09(8,40)	9 kits	94.09(18,90)
5 kits	94.09(10,50)	10 kits	94.09(20,100)

También se ha optimizado limitando en cada caso las planchas de 1m x 2m obteniendo niveles de aprovechamiento de 94.09%, así se puede decir que es indiferente el número de kits para un mayor aprovechamiento del material.

1 kit	94.09(2,10)
2 kits	94.09(4,20)

Por el porcentaje de aprovechamiento del material se utilizaría la 2ª alternativa (2m x 3m) o la 3ª alternativa (1m x 2m y 2m x 3m). Se puede observar como influye la posibilidad de poder utilizar la plancha de 1m x 2m, parece lógico, pues hay una pieza del kit que tiene exactamente 1m x 2m. Así la mejor optimización es la 3ª alternativa (1m x 2m y 2m x 3m), con un aprovechamiento de material del 94.09 %.

Por tanto, la 1ª alternativa (1m x 2m) quedaría completamente desechada debido a sus bajísimos porcentajes de aprovechamiento.

Los precios obtenidos para X kits completos:

- 1 kit vale: 1485 € (1440 €)
- 2 kits con 2925 € en total, por tanto cada kit vale: 1462.25 € (1440 €)
- 3 kits con 4320 € en total, por tanto cada kit vale: 1440 €
- 4 kits con 5760 € en total, por tanto cada kit vale: 1440 €
- 5 kits con 7200 € en total, por tanto cada kit vale: 1440 €
- 10 kits con 14400 € en total, por tanto cada kit vale: 1440 €
- Para otros conjuntos de kits (6-9) se obtiene que cada kit vale: 1440 €

4.2.3. Comparación entre optimizaciones

Ahora, se puede hacer una comparación entre la optimización previa a la final con 205 planchas y la optimización final con unas 160 planchas, en ambos casos para el caso de 5 kits de entibado:

Optimización previa:

- 205 planchas de 1m x 2m con 95.11%, o 175 planchas de 1m x 2m y 10 planchas de 2m x 3m, que al cambio son también 205 planchas de 1m x 2m.

Optimización final:

- 54 planchas de 2m x 3m con 92.93% de aprovechamiento de material, que al cambio son 162 planchas de 1m x 2m, con lo que se puede observar el ahorro de material: **43 planchas de 1m x 2m.**
- 10 planchas de 1m x 2m y 50 planchas de 2m x 3m con 94.09% de aprovechamiento de material, que al cambio son 160 planchas de 1m x 2m, con lo que se puede observar un ahorro aún mayor de material: **45 planchas de 1m x 2m.**

NOTA: la optimización de un kit de entibado de pozos con Corte5 está completamente detallada en el ANEXO 3.

5. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PEHD

Después del diseño del kit de entibado y la optimización del mismo, se plantea el análisis económico del material necesario para fabricarlo. O lo que es lo mismo, el precio de las planchas de polietileno de alta densidad de 2000 x 1000 x 6 (mm) que son necesarias para las 89 piezas que conforman cada kit de entibado.

Para el montaje y prueba de los distintos kits de entibado de pozos hasta llegar al prototipo final hemos tenido como suministrador de las piezas de polietileno a la empresa:

Martínez Iñigo S.A.
Polígono Comarca 2 calle B-18
31191 Esquiroz - Navarra
Tfno. 948 188544 Fax. 948 188563
www.martinezi.com
ami@martinezi.com

Los presupuestos y posteriores encargos han sido varios, pero nunca nos detallaban la parte correspondiente a la materia prima y al resto. Martínez Iñigo S.A. alegaba que era preferible para que no les hiciéramos competencia, o lo que es lo mismo, no produjéramos nosotros mismos el kit de entibado, que es en realidad lo que pretendíamos.

Así planteamos a otros muchos distribuidores y fabricantes pedidos de planchas de polietileno de alta densidad de 6 mm de espesor, para de este modo saber el precio de una plancha. Pero, como los precios de una plancha de polietileno de esas características variaban mucho, desde los 34,85 € hasta los 56,56 €, dudábamos de que la calidad del pedido fuera la misma en todos los casos.

Así, para solucionar todo esto y saber el precio de mercado de una plancha, realizamos un pedido de material a Martínez Iñigo S.A. como al resto de empresas desde otra ubicación y perfil consiguiendo así el precio tan ansiado.

Existen gran cantidad de fabricantes de planchas de polietileno de alta densidad a lo largo de la geografía española. De todas las respuestas recibidas, en la tabla de la página siguiente se muestran las que se consideran más verosímiles.

En la tabla se indica la empresa y su localización, así como el precio de una plancha de polietileno de alta densidad de 2000 x 1000 x 6 (mm) de color blanco o gris. Sabiendo el precio de una plancha se presenta el estudio comparativo entre la optimización final y la optimización previa a la final, o lo que es lo mismo entre las 160 planchas finales y las 205 planchas que se presumían necesarias para 5 kits. El orden de las empresas es por fecha de recepción del presupuesto.

EMPRESA	LUGAR	PRECIO	OPT. Previa	IVA (+ 16%)	UN KIT	OPT. Final	IVA (+ 16%)	UN KIT
Durplastics	Bañeres (Alicante)	35,2	7.216	8.370,6	1.674	5.632	6.533	1.307
Martínez Iñigo	Esquiroz (Navarra)	46,8	9.594	11.129	2.226	7.488	8.686	1.737
Innova	Mejorada del Campo (Madrid)	55,61	11.400	13.224	2.645	8.898	10.321	2.064
Pladinsa	Tres cantos (Madrid)	41,6	8.528	9.892	1.979	6.656	7.721	1.544
Molderdisnova	Paterna (Valencia)	44,59	9.141	10.604	2.121	7.134	8.276	1.655
Complas	Barcelona	43,01	8.817	10.228	2.046	6.882	7.983	1.597
Elaplas	Castelbisbal (Barcelona)	40,82	8.368	9.707	1.941	6.531	7.576	1.515
Manipulats Plastics Clon	Terrasa (Barcelona)	45,58	9.344	10.839	2.168	7.293	8.460	1.692
Cir62	San Sebastián de los Reyes (Madrid)	45	9.225	10.701	2.140	7.200	8.352	1.670
Cisa	Badalona (Barcelona)	49,4	10.127	11.747	2.349	7.904	9.169	1.834
Argos	Valencia	56,56	11.595	13.451	2.690	9.050	10.498	2.100
Ferplast	Terrasa (Barcelona)	38	7.790	9.036	1.807	6.080	7.053	1.411
Coyma	Amurrio (Alava)	34,85	7.144	8.287	1.657	5.576	6.468	1.294
Industria de la goma	Tarragona	37,5	7.688	8.918	1.783	6.000	6.960	1.392
Maniplasticic	Burgos	35,6	7.298	8.466	1.693	5.696	6.607	1.321

PRECIOS MEDIOS	43,34	8.885	10.307	2.061	6.935	8.044	1.609
-----------------------	--------------	-------	--------	--------------	-------	-------	--------------

NOTA: algunos presupuestos se muestran en el ANEXO 4.

Analizando la tabla anterior se puede decir que el precio medio de una plancha de polietileno de las características ya citadas es de **43,34 €** y el precio medio para un kit es de tan solo **1609 €** con el IVA incluido en el caso de la optimización final y de 2061 € con el IVA incluido en el caso de la optimización previa a la final.

Como ya he dicho, los precios varían mucho entre una empresa y otra, pero exceptuando los valores outlier, la mayoría de los precios rondan los **45 €**. Con este precio el valor de un kit es de **1670 €** con el IVA incluido en el caso de la optimización final.

Para completar el estudio económico, solicitamos a Martínez Iñigo S.A. el precio de 3, 5 y 10 kits de entibado, recibiendo el siguiente presupuesto:

	Martínez Iñigo, s.a. Polígono Comarca 2 calle B-18 31191 ESQUIROZ - NAVARRA Tfno. 948 188544 Fax. 948 188563 CIF. A/31/240971 ami@martinezi.com www.martinezi.com	PRESUPUESTO NÚMERO: 6411 FECHA: 11/02/2010
	CLIENTE CÓDIGO: 01141 S/REF. FORMA DE PAGO: GIRO A 30 DIAS	

ACCION CONTRA EL HAMBRE A la atención de: Javier Indurain Plaza del Castillo, 28-5º. 31001 PAMPLONA (NAVARRA) Fax :	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

IVA	EMBALAJES	TRANSPORTE	PORTES	FECHA ENTREGA
16% no incluido	Incluidos	N/MEDIOS	Pagados	

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
3	Fabricación de Kit para entibación pozo compuesto por 89 piezas cortadas y mecanizadas s/plano en polietileno blanco de 8 mm. de espesor.	2.125,00	6.375,00
5	Fabricación de Kit para entibación pozo compuesto por 89 piezas cortadas y mecanizadas s/plano en polietileno blanco de 8 mm. de espesor.	2.050,00	10.250,00
10	Fabricación de Kit para entibación pozo compuesto por 89 piezas cortadas y mecanizadas s/plano en polietileno blanco de 8 mm. de espesor.	1.980,00	19.800,00

Se puede observar la poca variación en el precio de un kit al aumentar el pedido de kits, el precio sin IVA ronda los 2000 € en cualquiera de los casos.

Así mismo, sabiendo que el precio presupuestado de una plancha de polietileno por Martínez Iñigo S.A. es **46,8 €**, se puede hacer para la última optimización una cuenta muy sencilla:

- 160 Ud. x 46.80 €/Ud. = 7488 €,
- Con el 16% de IVA nos queda 8686 € para 5 kits,
- Por lo tanto, **1737 €/kit (material necesario)**

Ahora, si hacemos algo similar con el presupuesto de 3, 5 y 10 kits:

- 10250 €,
- Con el 16% de IVA nos queda 11890 € para 5 kits,
- Por lo tanto, **2378 €/kit (material necesario + mano de obra + maquinaria +...)**

Por tanto, la diferencia entre uno y otro presupuesto es:

- 2378 €- 1737 € = **641 €/kit (mano de obra + maquinaria +...)**

6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación de un kit es realmente sencillo. Partiendo del material base, planchas de polietileno de alta densidad de 6 mm de espesor, se corta, taladra y pliega en el caso de los perfiles, para obtener las 89 piezas del kit.

Características de las piezas (ver ANEXO 1: Planos del diseño final)

Paños

Ciego	2000 x 835 (mm)	18	pocos agujeros
Captación exterior	2000 x 835 (mm)	4	
Captación interior	1667 x 835 (mm)	4	
Cuña exterior	2000 x 1000 (mm)	2	plancha de 2000 x 1000
Cuña interior	1667 x 880,5 (mm)	2	

Virolas

Ciego	1981 x 150 (mm)	18	pocos agujeros
Captación exterior	1981 x 150 (mm)	4	
Cuña exterior	1981,2 x 150 (mm)	2	
Cuña exterior 2	1981,2 x 50 (mm)	4	
Cuña interior	1685,8 x 50 (mm)	4	

Montante

Ciego	150 x 685 (mm)	18	pocos agujeros
-------	----------------	----	----------------

Perfiles

Captación perfiles en U	4	plegado
Cuña perfiles en U	2	plegado

Remate del tramo de cuña	3	no tiene agujeros
--------------------------	---	-------------------

Corte

La primera actividad a realizar es el corte de las 89 piezas. Todas son secciones rectangulares salvo las 3 que tienen forma curva y hacen de remate del tramo de cuña.

Tal y como se explica en el punto 7 (DISEÑO DE MAQUINARIA ESPECÍFICA), parece razonable pedir el material cortado a Martínez Iñigo S.A. Además, si llegamos a un acuerdo para los próximos años puede que incluso se reduzca más el precio y salga aún más rentable externalizar el corte de las 89 piezas de un kit.

La forma de realizar el corte optimizando el material queda detallada en el ANEXO 3: Optimización de un kit de entibado de pozos con Corte5. Para la optimización de más de un kit de entibado bastará con realizar una optimización similar con el mencionado programa.

Taladrado

La segunda acción para obtener el kit completo es el taladrado de las 86 piezas que tiene agujeros, bien para unir unas con otras, o bien para zona de captación y cuña. Estos Son agujeros son de 8 mm de diámetro.

Al igual que en el corte, en el apartado 7 (DISEÑO DE MAQUINARIA ESPECÍFICA), se razona el externalizar o no esta labor. Según las indicaciones de Martínez Iñigo S.A. y los precios dados, parece que todo indica a que el taladrado de las piezas se realice internamente.

Plegado

Una vez cortadas y taladradas las piezas del kit, solo hay que doblar las piezas que conforman los 6 perfiles en U. Cada pieza de 320,5 x 685 (mm) se plegará a lo largo de los 320,5 mm a 100 mm y a 200,5 mm, marcando el origen a la izquierda.

Para evitar esta labor de plegado, se propone como mejora pedir los perfiles a fábrica. No solo no hace falta el plegado, también se ahorra material y la optimización de material es distinta.

NOTA: el inventario de máquina comercial para obtener el kit de entibado, así como los presupuestos de la misma, están completamente detallados en el ANEXO 5.

7. DISEÑO DE MAQUINARIA ESPECÍFICA

7.1. Introducción

Una vez recogido multitud de presupuestos de maquinaria comercial para corte, taladrado, fresado... se quiere saber si merece la pena un diseño de maquinaria para, partiendo del material base, las planchas de polietileno de alta densidad, nosotros mismos confeccionar las 89 piezas del kit de entibado. Otra solución posible es mixta: solo taladrar. Este punto del proyecto no es otra cosa que un estudio de viabilidad económica de la maquinaria.

Tal y como se analiza en el punto 5 (ESTUDIO ECONÓMICO DEL PEHD), según Martínez Iñigo S.A. la diferencia entre la materia prima en planchas de polietileno y las 89 piezas de un kit ya manufacturadas es del orden de 650 €:

$$2378 \text{ €} - 1737 \text{ €} = 641 \text{ €/kit}$$

Teniendo en cuenta un área de trabajo de 2000 x 1000 (mm), los presupuestos de maquinaria comercial para corte, taladrado, fresado... serían:

- **Cortadora CRT150**: según sus prestaciones, su precio es 2950 € o 3650 €. Si que es cierto, que la cortadora es relativamente económica, pero tiene el inconveniente que tan solo corta y nos quedaría por hacer los agujeros de las uniones y de los tramos de captación y cuña. Por lo que necesitaríamos otra maquina de taladrado.
- **Fresadora FR210**: según sus prestaciones, su precio varía mucho, desde 9270 € hasta 14170 €. La fresadora FR210, además de cortar, también taladra y fresa, en ese sentido es apta, pero sus prestaciones son excesivas para el material a utilizar, las piezas a desarrollar y el acabado a conseguir.

Por tanto, viendo los precios de maquinaria comercial para corte, taladrado, fresado... para que fuera rentable tendríamos que tener un volumen de producción muy grande.

Según nuestras previsiones, en la fase inicial del producto se producirán del orden de 5 kits de entibado al año y cuando el producto alcance la maduración, y se llegue al máximo de producción, se producirán entorno a 30 kits al año. Así pues, estaríamos muy lejos de una producción en serie con volúmenes de producción grandes.

En la página siguiente se plantea un estudio de viabilidad para los 5 primeros años con las siguientes condiciones:

- Opciones de trabajo:
 - La primera opción es pedir los kits completos a Martínez Iñigo (89 piezas cortadas y taladradas).
 - La segunda opción es pedir las planchas de polietileno y nosotros confeccionar el kit (cortar + taladrar).

La tercera opción es pedir las piezas del kit cortadas y nosotros taladrar. Opción mixta.

- El número de kits cada año, teniendo en cuenta la etapa inicial y la posterior etapa de maduración del producto:

Primer año	5 kits
Segundo año	5 kits
Tercer año	12 kits
Cuarto año	15 kits
Quinto año	20 kits

- Los precios que nos da nuestro proveedor son:

Coste de un kit completo, las 89 piezas cortadas y taladradas:	2378 €
Coste del material para un kit completo:	1737 €
Coste de un kit cortado, pero no taladrado:	1950 €

- Los costes de maquinaria de corte y taladrado, según los presupuestos recibidos, son:

Coste de maquinaria de corte y taladrado:	14500 €,	16820 € (IVA incluido)
Coste de maquinaria de taladrado:	2000 €,	2320 € (IVA incluido)

- El coste de mano de obra por kit con 10 €/hora:

En el caso de la 2ª opción:	50 €
En el caso de la 3ª opción:	20 €

	Costes			1er año	2º año	3er año		4º año		5º año				
	Maq. corte	Maq. taladrado	Mano de obra	Coste 1 año	5	Coste 2 años	12	Coste 3 años	15	Coste 4 años	Coste medio por kit	20	Coste 5 años	Coste medio por kit
1ª opción	0	0	0	11890	11890	23780	28536	52316	35670	87986	2378	47560	135546	2378
2ª opción	16820		50	25755	8935	34690	21444	56134	26805	82939	2242	35740	118679	2082
3ª opción	0	2320	20	12170	9850	22020	23640	45660	29550	75210	2033	39400	114610	2011

El precio de un kit de entibado en la 1ª opción se mantiene constante a lo largo de los años, 2378 € cada kit. Marca el máximo de las tres opciones.

Tanto en la 2ª, como la 3ª opción el coste de cada kit disminuye con el paso del tiempo. En el 4º año la diferencia entre una y otra opción es de 209 € por kit. Y en el

quinto año la diferencia se reduce, siendo de tan solo 71 € por kit, luego a la larga la 2ª y 3ª opción se igualan o bien al aumentar el número de kits.

Así, parece razonable el hecho de pedir las 89 piezas de cada kit de entibado ya cortadas, para posteriormente nosotros realizar los agujeros con la adquisición de una máquina comercial de taladrado.

Otra posibilidad es, en lugar de comprar la máquina de taladrado, diseñar y montar la máquina nosotros mismos. En lugar de comprarla por unos 2000 €, se puede conseguir montar una máquina apta por tan solo 600 €, reduciendo el coste medio de un kit a ni tan siquiera 2000 €: **1981 €**.

7.2. Diseño de máquina de taladrado

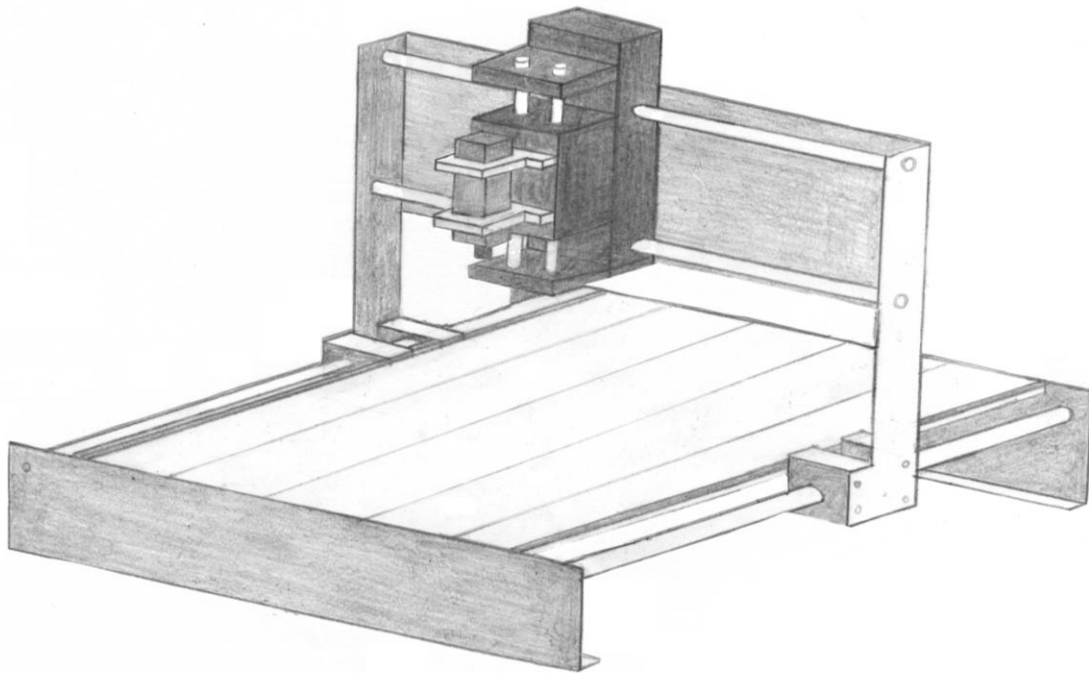
Antes de diseñar la máquina de taladrado, se plantean las condiciones generales:

- Como en la mayoría de productos, se pueden distinguir 3 etapas:
 - Etapa inicial con 5 kits anuales.
 - Etapa intermedia con unos 10 kits anuales
 - Etapa final en la que el producto alcanza su esplendor, 20-30 kits anuales.
- 1 kit se compone de 89 piezas, de las cuales, 3 piezas sirven de remate del tramo de cuña, piezas que forman una corona circular y las únicas que no tienen agujeros.
- Área de trabajo: 2000 x 1000 (mm), las medidas de la pieza más grande.
- Espesor común de las planchas: 6 mm.

Características del material, planchas de polietileno de alta densidad:

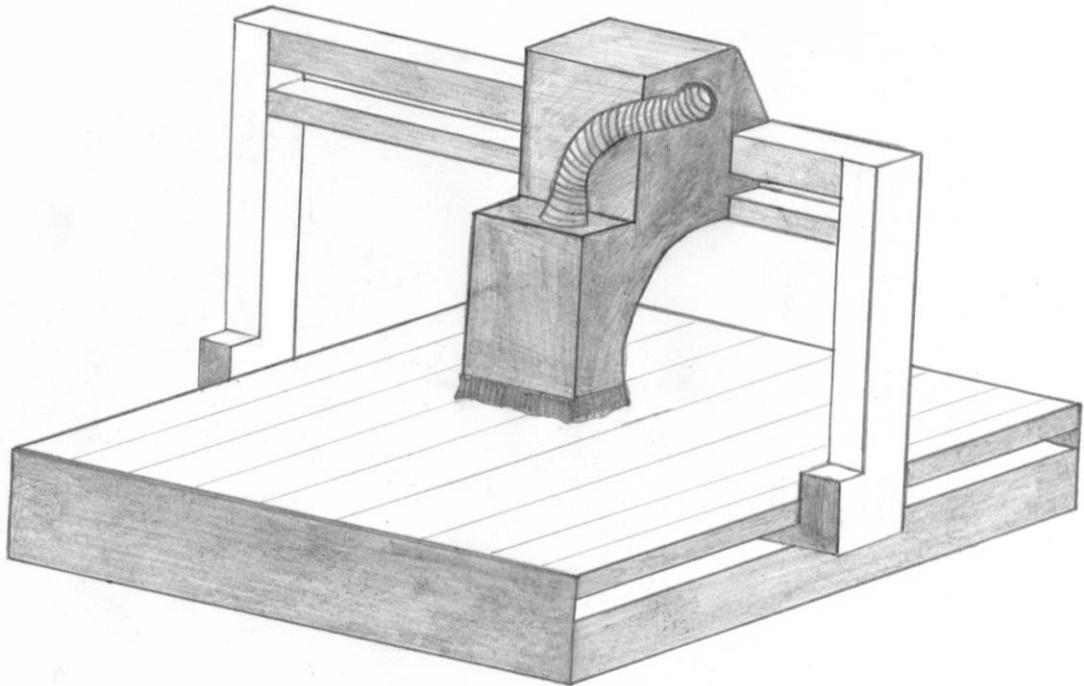
- Densidad: 950 kg/m³
- Resistencia a la tracción: 28 MPa
- Resistencia al alargamiento: 8 %
- Alargamiento de la rotura: 300 %
- Modulo de Young: 1100 MPa
- Resistencia al impacto: sin rotura
- Resistencia al impacto en probeta: 50 KJ/m²
- Dureza superficial: 45 MPa
- Coeficiente de expansión lineal: 1,8 10⁻⁴
- Conductividad térmica: 0,38 W/m-K
- Comportamiento ante el fuego: normal inflamable.
- Rigidez dieléctrica: 44 KV/mm
- Resistencia superficial: 10¹⁴
- Rango de temperatura: -100°C, 80°C
- Resistencia a los productos químicos: alta resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes.

7.2.1. Boceto 1



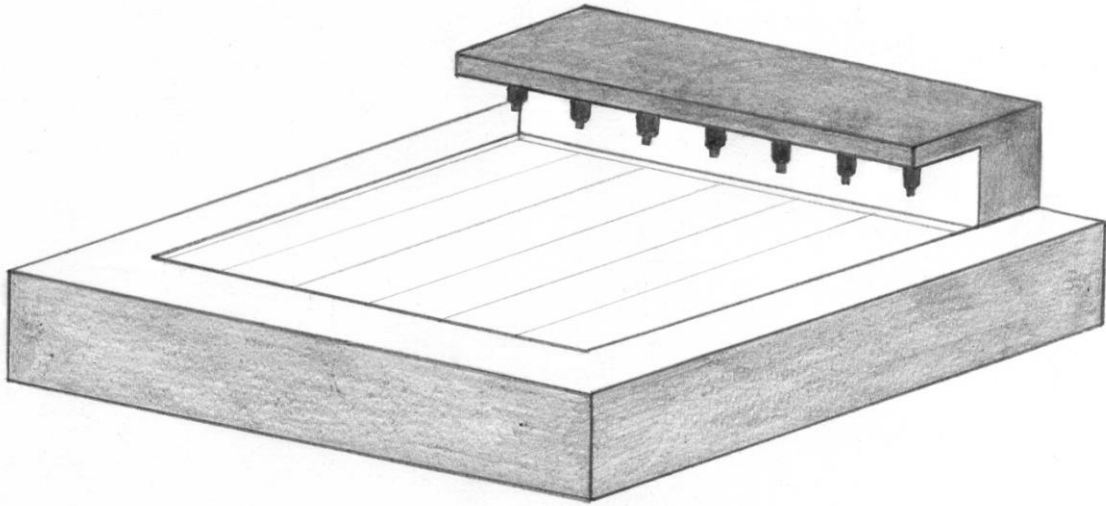
- Taladrar 5 piezas iguales en cada repetición, menos repeticiones de tarea, por tanto, ahorro de tiempo. Suman 30 mm.
- Broca metal duro para de este modo evitar alta temperatura de trabajo. El polietileno es un material vivo y por ello la temperatura no debe ser mucho mayor que la temperatura ambiente.
- Mesa fija de acero con puente móvil de aluminio.
- Velocidad máxima de desplazamiento en trabajo: 6 m/min.
- Recorrido en el eje Z: 100 mm.
- Resolución: 0,1 mm.
- Motor 1500 W brushless con inversor de frecuencia. Hasta 20.000 revoluciones.
- Software de control remoto.
- Sensor automático para captar la altura de Z.
- Sistema de lubricación y refrigeración de herramienta.
- Bajo consumo eléctrico a 220 V.
- Mesa de vacío.

7.2.2. Boceto 2



- Taladrar 5 piezas iguales en cada repetición, menos repeticiones de tarea, por tanto, ahorro de tiempo. Suman 30 mm.
- Broca metal duro para de este modo evitar alta temperatura de trabajo. El polietileno es un material vivo y por ello la temperatura no debe ser mucho mayor que la temperatura ambiente.
- Mesa fija de acero con puente móvil de aluminio.
- Velocidad máxima de desplazamiento en trabajo: 6 m/min.
- Recorrido en el eje Z: 100 mm.
- Resolución: 0,1 mm.
- Motor 1500 W brushless con inversor de frecuencia. Hasta 20.000 revoluciones.
- Software de control remoto.
- Sensor automático para captar la altura de Z.
- Sistema de lubricación y refrigeración de herramienta.
- Sistema de aspiración de virutas de gran capacidad de 1000 W.
- Bajo consumo eléctrico a 220 V.
- Mesa de vacío.

7.2.3. Boceto 3



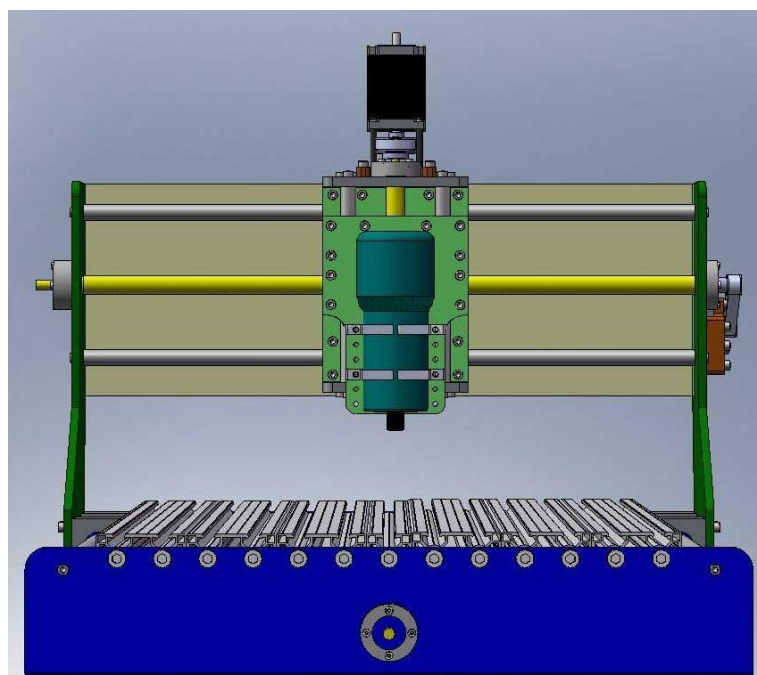
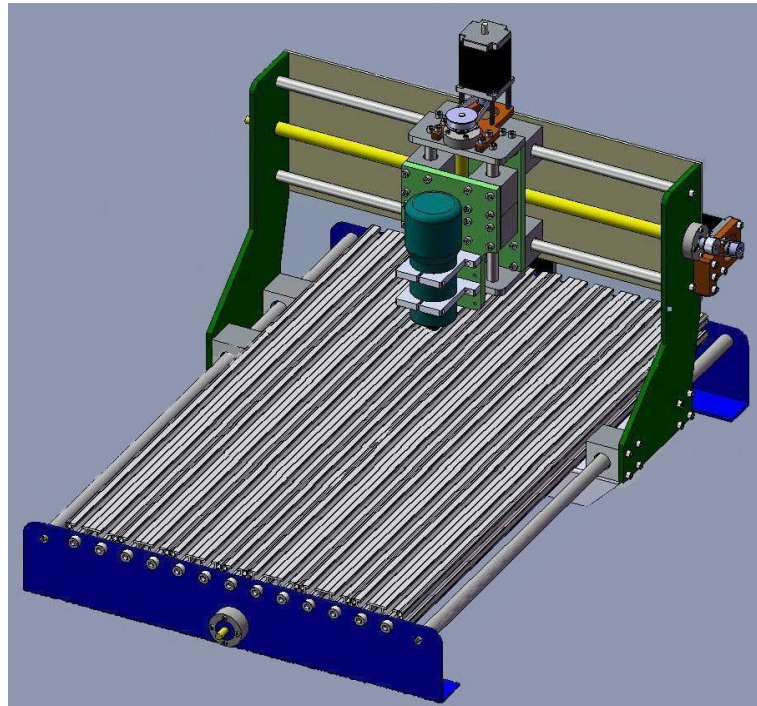
- Taladrar 5 piezas iguales en cada repetición, menos repeticiones de tarea, por tanto, ahorro de tiempo. Suman 30 mm.
- Broca de metal duro para de este modo evitar alta temperatura de trabajo. El polietileno es un material vivo y por ello la temperatura no debe ser mucho mayor que la temperatura ambiente.
- Multibrocas alineadas para realizar agujeros de forma simultánea.
- Mesa fija de acero
- Velocidad máxima de desplazamiento en trabajo: 6 m/min.
- Recorrido en el eje Z: 100 mm.
- Resolución: 0,1 mm.
- Motor 1500 W brushless con inversor de frecuencia. Hasta 20.000 revoluciones.
- Software de control remoto.
- Sensor automático para captar la altura de Z.
- Sistema de lubricación y refrigeración de herramienta.
- Bajo consumo eléctrico a 220 V.
- Mesa de vacío.

7.3. Prototipo de máquina de taladrado

La idea era hacer una máquina lo mas profesional posible, con reducidas dimensiones y sobre todo económica valiéndonos, si se puede, del reciclado de varios elementos. Una máquina que se pueda utilizar en producción

El diseño empezó planteando los materiales a trabajar y el tamaño del área de trabajo, es una maquina pensada para materiales blandos, como plásticos.

En base a esto se elige el boceto 1:



8. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En este apartado se plasman los análisis realizados para diferentes geometrías de secciones de entibado, analizando las deformaciones sufridas por las mismas ante cargas laterales debidas a la presión ejercida por el terreno.

8.1. Determinación de cargas

Los terrenos se clasifican en: rocas, terrenos sin cohesión, terrenos coherentes y terrenos deficientes (aplicamos la norma NBE-88 por ser más restrictiva que su versión actualizada). El cálculo de los empujes se realiza utilizando los métodos de la Mecánica de Suelos. Las características de cada terreno: peso específico aparente γ' , índice de huecos n , ángulo de rozamiento interno ϕ' y cohesión c , se determinan experimentalmente. No obstante, y teniendo en cuenta que en el caso que nos ocupa la estructura debe ser "universal" (apta para todo tipo de terrenos), los cálculos se realizarán tomando como referencia el caso más desfavorable encontrado para los parámetros mencionados.

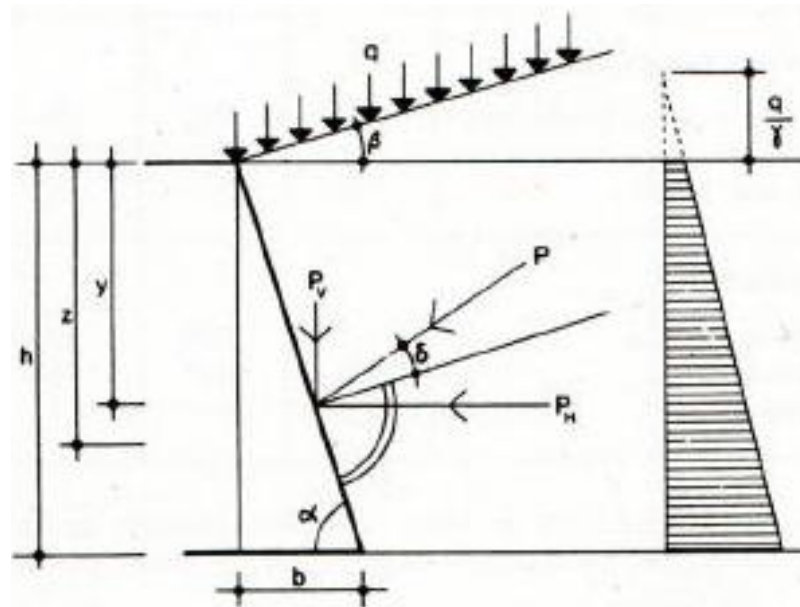
En terrenos coherentes debe procederse con gran prudencia al fijar el valor de la cohesión, ya que varía con el grado de humedad del terreno, disminuyendo rápidamente cuando éste pasa de un cierto límite, así como a causa de posibles acciones perturbadoras de los agentes climatológicos. Por ello, teniendo en cuenta que en nuestro caso hay que prever que el terreno pueda estar completamente anegado, se supondrá cohesión nula (valores de la tabla siguiente).

Tabla 9.1
Características empíricas de los terrenos

Clase de terreno	Peso específico aparente γ' t/m ³	Angulo de rozamiento interno ϕ' Grados	Índice de huecos n %
Terrenos naturales			
Grava y arena compacta	2,0	30°	30
Grava y arena suelta	1,7	30°	40
Arcilla	2,1	20°	—
Rellenos			
Tierra vegetal	1,7	25°	40
Terraplén	1,7	30°	40
Pedraplén	1,8	40°	35

El ángulo de rozamiento δ entre un terreno y un muro depende principalmente: del ángulo de rozamiento interno del terreno, de su grado de humedad y de la rugosidad del paramento del muro. En los casos más desfavorables, como, por ejemplo, en terrenos coherentes, anegados o en muros de superficie lisa, se tomará un ángulo de rozamiento $\delta = 0^\circ$.

Para el cálculo de los empujes activos de terrenos sin cohesión se recomienda aplicar la teoría de Coulomb, que proporciona valores suficientemente aproximados.



Las componentes horizontal p_H y vertical p_V de la presión sobre el muro, a la profundidad z contada a partir de la coronación del muro, tienen las expresiones siguientes:

$$p_H = (\gamma_z + q) \lambda_H$$

$$p_V = (\gamma_z + q) \lambda_V$$

Los coeficientes de empuje activo λ_H y λ_V vienen dados por las expresiones:

$$\lambda_H = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \varphi)}{\text{sen}^2\alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta)\text{sen}(\varphi - \beta)}{\text{sen}(\alpha - \delta)\text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$\lambda_V = \lambda_H \cot(\alpha - \delta)$$

Se pueden tomar los que aparecen en las tablas de las páginas siguientes. Como valor del ángulo de talud, β , de la superficie libre del terreno, respecto a la horizontal, se tomará el valor 0, que es el adecuado en el caso de pozos.

En los terrenos constituidos por estratos de diversas características se determinará el empuje total obteniendo la resultante de los empujes parciales correspondientes a cada uno de los estratos. A este efecto, cada uno de ellos se considerará como un terreno homogéneo, sobre cuya superficie superior actúa una carga igual a la suma de los pesos de los estratos superiores, más la que pueda existir sobre la superficie libre.

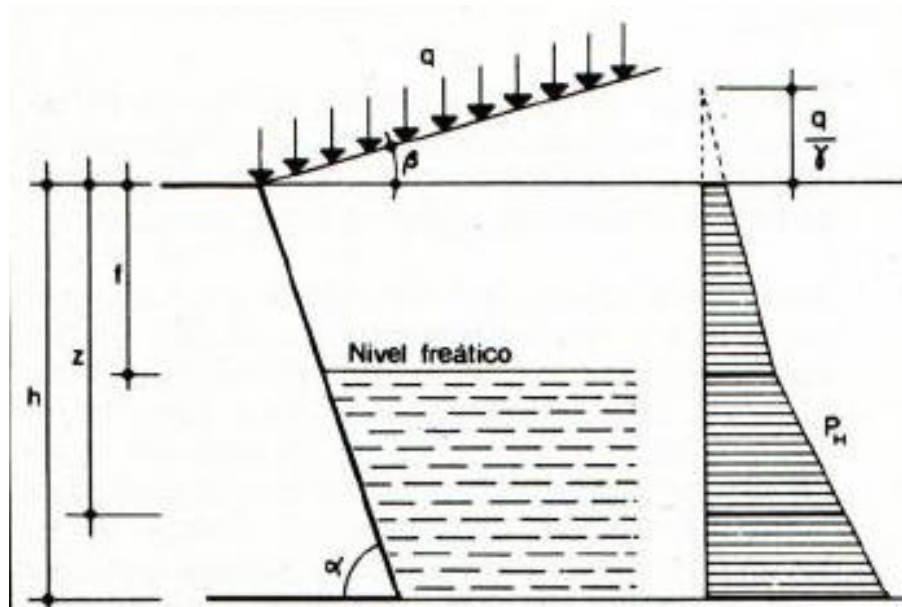
En los terrenos permeables anegados se calculará el peso específico aparente del terreno, teniendo en cuenta la disminución originada por el empuje ascensional del agua, que se valorará a partir del índice de huecos.

El peso específico virtual γ' de un terreno anegado viene dado por la fórmula:

$$\gamma' = \gamma - \left(1 - \frac{n}{100}\right) \gamma_a$$

Siendo γ el peso específico aparente del terreno seco, n el índice de huecos, en tanto por ciento, y γ_a el peso específico del agua. Al empuje del terreno sobre el muro, calculado con el peso específico virtual γ' , se superpondrá el empuje hidrostático del agua.

Si el terreno está anegado solamente desde cierta profundidad, se procederá como en el caso de terrenos estratificados.



Los componentes horizontal p_H y vertical p_V de la presión sobre el muro, a una profundidad z por debajo del nivel freático, pueden calcularse con las fórmulas:

$$p_H = [\gamma'(z - f) + \gamma' + q] \lambda_H + \gamma_a(z - f) \operatorname{sen} \alpha$$

$$p_V = [\gamma'(z - f) + \gamma' + q] \lambda_V + \gamma_a(z - f) \operatorname{cos} \alpha$$

Tabla 9.2
Coeficientes de empuje activo

Angulo de rozamiento interno del terreno φ	Angulo de rozamiento de terreno y muro δ	Angulo del talud del terreno β	Coeficiente λ_H de empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $b : h = \text{cota} =$					Coeficiente λ_V de empuje activo vertical siendo la inclinación del muro: $b : h = \text{cota} =$						
			0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2
			20°	0°	0°	0,71	0,67	0,62	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25
5°	0,76	0,73			0,67	0,60	0,52	0,44	0,62	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09
10°	0,88	0,81			0,74	0,65	0,57	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10
15°	1,01	0,92			0,83	0,74	0,64	0,54	0,81	0,55	0,33	0,15	0,00	-0,11
20°	1,47	1,31			1,16	1,02	0,88	0,76	1,18	0,79	0,46	0,20	0,00	-0,15
$\frac{\varphi}{3}$	0°	0,63		0,60	0,56	0,51	0,45	0,39	0,64	0,46	0,28	0,16	0,05	-0,03
	5°	0,70		0,66	0,62	0,56	0,48	0,42	0,71	0,51	0,31	0,18	0,06	-0,03
	10°	0,80		0,75	0,68	0,61	0,54	0,46	0,81	0,58	0,34	0,20	0,06	-0,04
	15°	0,95		0,87	0,79	0,70	0,61	0,52	0,96	0,67	0,39	0,23	0,07	-0,04
6° 40'	0°	1,47		1,21	1,16	1,02	0,88	0,76	1,49	1,01	0,58	0,33	0,10	-0,06
	5°	0,56		0,54	0,52	0,48	0,42	0,37	0,72	0,53	0,36	0,22	0,10	0,01
	10°	0,63		0,61	0,57	0,52	0,46	0,40	0,81	0,60	0,40	0,24	0,11	0,01
	15°	0,73	0,69	0,64	0,58	0,51	0,44	0,93	0,67	0,45	0,27	0,12	0,02	
13° 20'	0°	0,88	0,82	0,75	0,67	0,59	0,50	1,13	0,81	0,53	0,31	0,14	0,02	
	5°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	1,88	1,28	0,82	0,47	0,21	0,03	
	10°	0,49	0,49	0,47	0,44	0,40	0,35	0,80	0,60	0,42	0,27	0,15	0,05	
	15°	0,56	0,55	0,53	0,48	0,44	0,38	0,92	0,69	0,47	0,29	0,16	0,06	
$\varphi = 20^\circ$	0°	0,66	0,64	0,60	0,55	0,49	0,42	1,08	0,78	0,54	0,33	0,18	0,06	
	5°	0,82	0,77	0,71	0,64	0,57	0,48	1,35	1,01	0,69	0,39	0,21	0,07	
	10°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	2,42	1,62	1,04	0,60	0,32	0,12	
	15°	0,65	0,60	0,55	0,48	0,41	0,33	0,52	0,36	0,22	0,10	0,00	-0,07	
25°	0°	0°	0,65	0,60	0,55	0,48	0,41	0,33	0,52	0,36	0,22	0,10	0,00	-0,07
		5°	0,79	0,72	0,64	0,55	0,46	0,37	0,63	0,43	0,26	0,11	0,00	-0,07
		10°	0,89	0,80	0,70	0,60	0,50	0,41	0,71	0,48	0,28	0,12	0,00	-0,08
		15°	1,03	0,92	0,80	0,69	0,57	0,46	0,82	0,55	0,32	0,14	0,00	-0,09
		20°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	1,24	0,81	0,46	0,20	0,00	-0,14
	$\frac{\varphi}{3}$	0°	0,56	0,53	0,49	0,44	0,37	0,30	0,60	0,43	0,28	0,16	0,05	-0,02
		5°	0,70	0,65	0,58	0,51	0,43	0,34	0,75	0,53	0,34	0,18	0,06	-0,02
		10°	0,80	0,73	0,65	0,56	0,47	0,38	0,86	0,60	0,38	0,20	0,07	-0,02
		15°	0,96	0,86	0,76	0,65	0,55	0,44	1,03	0,70	0,44	0,23	0,08	-0,02
	8° 20'	0°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	1,66	1,10	0,67	0,35	0,12	-0,03
		5°	0,48	0,47	0,44	0,40	0,35	0,29	0,69	0,51	0,35	0,21	0,10	0,03
		10°	0,61	0,58	0,53	0,47	0,40	0,33	0,88	0,64	0,42	0,25	0,12	0,03
15°		0,72	0,67	0,60	0,53	0,45	0,37	1,04	0,73	0,48	0,28	0,14	0,03	
16° 40'	0°	0,88	0,80	0,71	0,62	0,52	0,42	1,27	0,88	0,56	0,33	0,16	0,04	
	5°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	2,24	1,47	0,92	0,52	0,25	0,06	
	10°	0,40	0,41	0,39	0,37	0,32	0,27	0,81	0,60	0,42	0,27	0,15	0,07	
	15°	0,53	0,52	0,48	0,44	0,38	0,31	1,07	0,77	0,51	0,32	0,18	0,07	
$\varphi = 25^\circ$	0°	0,63	0,60	0,56	0,50	0,43	0,35	1,27	0,89	0,60	0,37	0,20	0,08	
	5°	0,79	0,74	0,67	0,59	0,50	0,41	1,60	1,10	0,71	0,43	0,23	0,10	
	10°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	3,13	1,99	1,23	0,72	0,38	0,17	
	15°	0,40	0,41	0,39	0,37	0,32	0,27	0,81	0,60	0,42	0,27	0,15	0,07	
30°	0°	0°	0,60	0,54	0,48	0,41	0,33	0,26	0,48	0,33	0,19	0,08	0,00	-0,06
		5°	0,71	0,64	0,55	0,46	0,37	0,28	0,57	0,38	0,22	0,09	0,00	-0,06
		10°	0,89	0,78	0,67	0,55	0,44	0,33	0,71	0,47	0,27	0,11	0,00	-0,07
		15°	1,04	0,90	0,77	0,63	0,50	0,38	0,83	0,54	0,31	0,13	0,00	-0,08
		20°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	1,28	0,82	0,45	0,19	0,00	-0,12
	$\frac{\varphi}{3}$	0°	0,50	0,47	0,42	0,37	0,30	0,24	0,57	0,41	0,26	0,14	0,05	-0,01
		5°	0,61	0,56	0,50	0,42	0,34	0,27	0,69	0,49	0,31	0,16	0,06	-0,01
		10°	0,79	0,71	0,61	0,51	0,41	0,32	0,90	0,62	0,38	0,20	0,07	-0,01
		15°	0,95	0,84	0,72	0,60	0,48	0,37	1,08	0,73	0,45	0,23	0,08	-0,01
	10°	0°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	0,82	1,18	0,71	0,36	0,13	-0,01
		5°	0,41	0,40	0,37	0,33	0,28	0,22	0,68	0,49	0,33	0,20	0,10	0,03
		10°	0,52	0,49	0,44	0,39	0,32	0,25	0,85	0,60	0,39	0,24	0,12	0,04
15°		0,69	0,63	0,56	0,48	0,39	0,30	1,13	0,78	0,50	0,29	0,14	0,05	
20°	0°	0,86	0,77	0,67	0,57	0,46	0,35	1,41	0,96	0,60	0,35	0,17	0,05	
	5°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	2,63	1,68	1,02	0,57	0,27	0,09	
	10°	0,32	0,33	0,33	0,30	0,26	0,21	0,82	0,60	0,41	0,26	0,15	0,07	
	15°	0,42	0,42	0,39	0,35	0,30	0,24	1,07	0,76	0,50	0,31	0,17	0,08	
$\frac{\varphi}{30^\circ}$	0°	0,58	0,56	0,51	0,44	0,37	0,29	1,48	1,01	0,65	0,39	0,21	0,10	
	5°	0,75	0,70	0,62	0,53	0,44	0,34	1,92	1,26	0,79	0,47	0,25	0,12	
	10°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	4,10	2,45	1,44	0,82	0,43	0,20	
	15°	0,32	0,33	0,33	0,30	0,26	0,21	0,82	0,60	0,41	0,26	0,15	0,07	

Tabla 9.2 (Continuación)
Coeficientes de empuje activo

Angulo de rozamiento interno del terreno φ	Angulo de rozamiento de terreno y muro δ	Angulo del talud del terreno β	Coeficiente λ_H de empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $b : h = \text{cota} =$					Coeficiente λ_V de empuje activo vertical siendo la inclinación del muro: $b : h = \text{cota} =$							
			0,8	0,6	0,4	0,2	0	0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	0,2	
			35°	0°	0°	0,54	0,49	0,42	0,35	0,27	0,20	0,43	0,29	0,17	0,07
15°	0,70	0,61			0,51	0,42	0,32	0,23	0,56	0,37	0,20	0,08	0,00	-0,05	
25°	0,88	0,75			0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,06	
30°	1,04	0,88			0,72	0,57	0,44	0,31	0,83	0,53	0,29	0,11	0,00	-0,06	
35°	1,63	1,35			1,10	0,87	0,67	0,50	1,31	0,81	0,44	0,17	0,00	-0,10	
$\frac{\varphi}{3}$	15°	0,44		0,41	0,37	0,31	0,25	0,18	0,53	0,38	0,24	0,13	0,05	0,00	
	25°	0,60		0,53	0,46	0,38	0,29	0,21	0,72	0,49	0,30	0,16	0,06	0,00	
	30°	0,77		0,67	0,57	0,46	0,35	0,25	0,93	0,62	0,38	0,19	0,07	0,00	
	35°	0,94		0,81	0,67	0,54	0,41	0,30	1,13	0,75	0,44	0,23	0,08	0,00	
11° 40'	35°	1,63		1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	1,96	1,24	0,73	0,37	0,14	0,00	
	$\frac{2\varphi}{3}$	15°		0,35	0,34	0,32	0,28	0,22	0,17	0,81	0,47	0,32	0,19	0,10	0,04
		25°		0,49	0,46	0,41	0,34	0,27	0,20	0,92	0,64	0,41	0,23	0,12	0,04
		30°	0,66	0,60	0,52	0,43	0,33	0,24	1,24	0,83	0,52	0,30	0,14	0,05	
35°		0,83	0,73	0,62	0,51	0,39	0,29	1,56	1,02	0,62	0,35	0,17	0,06		
23° 20'	35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	3,07	1,88	1,10	0,60	0,29	0,11		
	$\varphi = 35^\circ$	0°	0,25	0,27	0,27	0,24	0,21	0,16	0,85	0,60	0,41	0,26	0,14	0,07	
		15°	0,36	0,37	0,35	0,31	0,25	0,19	1,23	0,83	0,53	0,30	0,17	0,08	
		25°	0,52	0,51	0,46	0,39	0,31	0,23	1,77	1,14	0,70	0,37	0,22	0,10	
30°		0,69	0,64	0,57	0,48	0,37	0,27	2,35	1,43	0,87	0,46	0,26	0,12		
35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	5,57	3,03	1,68	0,91	0,47	0,22			
40°	0°	0°	0,49	0,44	0,37	0,29	0,22	0,15	0,39	0,26	0,15	0,06	0,00	-0,03	
		15°	0,63	0,53	0,44	0,34	0,25	0,17	0,50	0,32	0,18	0,07	0,00	-0,03	
		25°	0,76	0,64	0,52	0,40	0,29	0,19	0,61	0,38	0,21	0,08	0,00	-0,04	
		35°	1,02	0,84	0,67	0,51	0,37	0,24	0,82	0,50	0,27	0,10	0,00	-0,05	
		40°	1,64	1,32	1,05	0,80	0,59	0,41	1,31	0,79	0,42	0,16	0,00	-0,08	
	$\frac{\varphi}{3}$	15°	0,40	0,36	0,31	0,26	0,20	0,14	0,51	0,35	0,22	0,12	0,05	0,00	
		25°	0,52	0,46	0,39	0,31	0,23	0,16	0,66	0,45	0,27	0,14	0,05	0,01	
		35°	0,65	0,56	0,46	0,36	0,27	0,18	0,83	0,55	0,32	0,16	0,06	0,01	
		40°	0,92	0,77	0,62	0,48	0,35	0,23	1,18	0,76	0,44	0,22	0,08	0,01	
	13° 20'	40°	1,64	1,32	1,05	0,80	0,59	0,41	2,10	1,30	0,74	0,37	0,14	0,01	
		$\frac{2\varphi}{3}$	15°	0,30	0,29	0,27	0,23	0,18	0,13	0,65	0,46	0,30	0,18	0,09	0,04
			25°	0,41	0,38	0,33	0,28	0,21	0,15	0,89	0,60	0,37	0,22	0,10	0,04
35°			0,52	0,48	0,41	0,33	0,25	0,17	1,13	0,76	0,46	0,26	0,12	0,05	
40°	0,79		0,69	0,58	0,45	0,33	0,22	1,72	1,09	0,65	0,35	0,17	0,06		
26° 40'	40°	1,64	1,32	1,05	0,80	0,59	0,41	3,57	2,08	1,19	0,62	0,30	0,11		
	$\varphi = 40^\circ$	0°	0,18	0,21	0,22	0,20	0,16	0,12	0,89	0,61	0,40	0,25	0,14	0,07	
		15°	0,26	0,29	0,28	0,24	0,19	0,14	1,30	0,84	0,52	0,30	0,16	0,08	
		25°	0,35	0,37	0,35	0,29	0,23	0,16	1,74	1,07	0,65	0,36	0,19	0,09	
35°		0,59	0,58	0,51	0,42	0,31	0,21	2,94	1,68	0,95	0,52	0,26	0,11		
40°	1,64	1,32	1,05	0,80	0,59	0,41	8,17	3,83	1,95	1,00	0,49	0,22			
45°	0°	0°	0,45	0,38	0,32	0,24	0,17	0,11	0,36	0,23	0,13	0,05	0,00	-0,02	
		15°	0,56	0,47	0,37	0,28	0,19	0,12	0,45	0,28	0,15	0,06	0,00	-0,02	
		30°	0,73	0,60	0,47	0,34	0,23	0,14	0,58	0,36	0,19	0,07	0,00	-0,03	
		40°	0,99	0,79	0,61	0,45	0,30	0,18	0,79	0,47	0,24	0,09	0,00	-0,04	
		45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	1,30	0,77	0,39	0,14	0,00	-0,06	
	$\frac{\varphi}{3}$	15°	0,35	0,32	0,27	0,21	0,14	0,10	0,48	0,33	0,20	0,10	0,04	0,01	
		30°	0,45	0,39	0,32	0,25	0,18	0,11	0,61	0,40	0,24	0,12	0,05	0,01	
		40°	0,55	0,52	0,42	0,31	0,22	0,13	0,75	0,54	0,31	0,15	0,06	0,01	
		45°	0,88	0,72	0,57	0,42	0,29	0,17	1,20	0,74	0,43	0,21	0,08	0,01	
	15°	45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	2,20	1,32	0,73	0,36	0,13	0,02	
		$\frac{2\varphi}{3}$	15°	0,25	0,25	0,22	0,19	0,14	0,09	0,64	0,44	0,28	0,16	0,08	0,03
			30°	0,33	0,31	0,27	0,22	0,16	0,10	0,84	0,56	0,34	0,19	0,09	0,03
40°			0,48	0,43	0,36	0,28	0,20	0,13	1,23	0,77	0,46	0,25	0,11	0,04	
45°	0,74		0,64	0,52	0,39	0,27	0,17	1,89	1,15	0,66	0,34	0,16	0,06		
30°	45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	4,15	2,31	1,25	0,63	0,29	0,11		
	$\varphi = 45^\circ$	0°	0,11	0,16	0,17	0,16	0,13	0,09	0,97	0,63	0,40	0,24	0,13	0,06	
		15°	0,16	0,21	0,22	0,19	0,15	0,10	1,44	0,84	0,51	0,28	0,15	0,07	
		30°	0,25	0,31	0,30	0,25	0,18	0,12	2,25	1,24	0,70	0,37	0,18	0,08	
40°		0,45	0,50	0,45	0,35	0,25	0,16	4,05	2,00	1,05	0,52	0,25	0,11		
45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	14,60	5,12	2,29	1,08	0,50	0,21			

8.2. Aplicación a nuestra geometría

Tomamos los **casos más desfavorables**, realizando varias combinaciones para dar con la combinación de los mismos que proporciona el mayor valor posible para la presión sobre el entibado, que se produce en la parte inferior del pozo:

- Peso específico aparente arcilla (γ'): $2,1 \text{ Tn./m}^3 = 2100 \text{ kg/m}^3$
- Ángulo de rozamiento interno en terrenos coherentes y anegados (φ') = 20° .
- Ángulo de rozamiento entre terreno y muro, $\delta = 0^\circ$ (valor utilizado con terrenos coherentes, anegados y con superficie muy lisa).
- Ángulo de talud, $\beta = 90^\circ$

Con estos valores, acudimos a la tabla, obteniendo un valor de $\lambda_H = 0,71$ (tabla). Utilizando la fórmula, obtenemos $\lambda_H = \text{tg}^2(\pi/4 - \varphi'/2) = 0,49$ (fórmula). Usaremos la anterior por ser más conservadora.

- Tomando como profundidad (H) = 10 metros.

$$P_a = \lambda_H \cdot \gamma' \cdot H = 0,71 \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m} = 14910 \text{ kg/m}^2$$

Este es el empuje máximo que soportará la última sección del pozo, es decir, en la zona de captación, sin tener en cuenta el empuje debido al agua. Para introducir el peso del agua, introducimos los parámetros correspondientes a la arena o grava suelta (la arcilla no tiene huecos teóricamente), con un 40 % de huecos. En estas condiciones, y suponiendo anegado el pozo en toda su profundidad:

- Peso específico aparente arena o grava suelta (γ'): $2,0 \text{ Tn./m}^3 = 2000 \text{ kg/m}^3$
- Ángulo de rozamiento interno en terrenos coherentes y anegados, $\varphi' = 30^\circ$.
- Ángulo de rozamiento entre terreno y muro, $\delta = 0^\circ$ (valor utilizado con terrenos coherentes, anegados y con superficie muy lisa).
- Ángulo de talud, $\beta = 90^\circ$

Con estos valores, acudimos a la tabla, obteniendo un valor de $\lambda_H = 0,60$ (tabla). Utilizando la fórmula, obtenemos $\lambda_H = \text{tg}^2(\pi/4 - \varphi'/2) = 0,33$ (fórmula). Usaremos la anterior por ser más conservadora.

Para introducir la carga correspondiente al terreno anegado, en primer lugar modificamos el peso específico aparente mediante la fórmula:

$$\gamma' = \gamma \left(1 - \frac{n}{100} \right) \gamma_a$$

- El peso específico aparente del terreno seco, $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$
- El índice de huecos en tanto por ciento, $n = 40 \%$
- El peso específico del agua, $\gamma_a = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$P_a (\text{con terreno anegado}) = \lambda_H \cdot \gamma' \cdot H = 0,60 \cdot 1400 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m} = 8400 \text{ kg/m}^2$$

Al empuje del terreno sobre el muro, calculado con el peso específico virtual γ' , se superpondrá el empuje hidrostático del agua:

$$P_a \text{ (con terreno anegado + hidrostática)} = 8400 \text{ kg/m}^2 + 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m.} = 18400 \text{ kg/m}^2$$

8.3. Ensayos de deformación

Una vez planteado los parámetros del estudio de deformaciones del entibado, se realizaron dos estudios para la determinación de las deformaciones sufridas. Para ello se usaron softwares para tal estudio, programas de cálculo finito.

- El primer estudio se realizó sobre un cilindro de 10 m de largo que simulaba todo el conjunto, el entibado del pozo. Se le sometió a la presión del terreno y a la del agua. Se utilizó el programa ANSYS en su versión 11.0.
- El segundo estudio se realizó sobre medio cilindro de 10 m de largo. Se le sometió a fuerzas distribuidas. Se cambió de programa de cálculo debido a la dificultad de imponer las condiciones de contorno en los apoyos, utilizándose MARC MENTAT.

8.3.1. Ensayos con ANSYS

Sabiendo que la opción más recomendable, sin duda alguna, por su reducido peso, bajo precio, facilidad de obtención y manejo, y respuesta a esfuerzos y tensiones, es la del polietileno, comprobamos que sus deformaciones entran dentro de unos parámetros: entorno a los 3 cm.

A pesar de que el polietileno es la solución escogida para el kit de entibado, además de variar el espesor de la columna de entibado, se ensayó con polietileno y acero.

8.3.1.1 Polietileno

Polyethylene		
<input type="checkbox"/> Structural Add/Remove Properties		
<input type="checkbox"/> Young's Modulus	1,1e+009 Pa	
<input type="checkbox"/> Poisson's Ratio	0,42	
<input type="checkbox"/> Density	950, kg/m ³	
<input type="checkbox"/> Thermal Expansion	2,3e-004 1/°C	
<input type="checkbox"/> Tensile Yield Strength	2,5e+007 Pa	
<input type="checkbox"/> Compressive Yield Strength	0, Pa	
<input type="checkbox"/> Tensile Ultimate Strength	3,3e+007 Pa	
<input type="checkbox"/> Compressive Ultimate Strength	0, Pa	
<input type="checkbox"/> Thermal Add/Remove Properties		
<input type="checkbox"/> Thermal Conductivity	0,28 W/m·°C	
<input type="checkbox"/> Specific Heat	296, J/kg·°C	

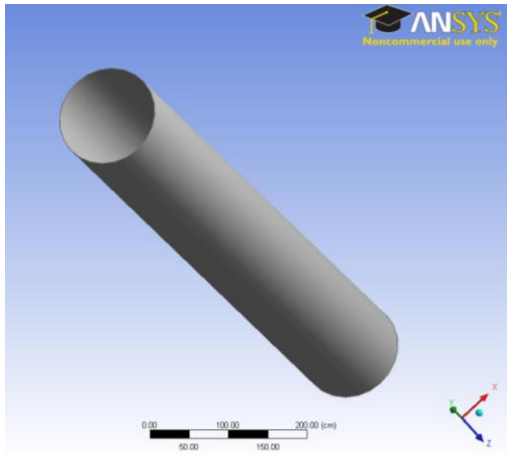
El polietileno que se utiliza para el ensayo es de alta densidad con las siguientes propiedades:

- Densidad = 950 kg/m³
- Modulo de Young = 1,1 10⁹ Pa = 1100 MPa
- Coeficiente de Poisson = 0,42

Polietileno, 1ª simulación

Geometría

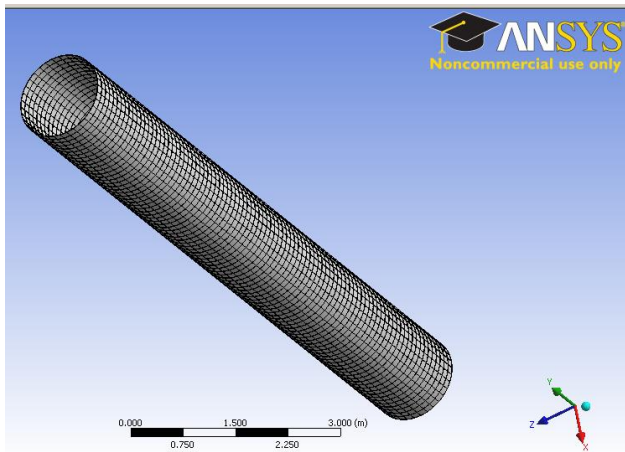
- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 0,4 cm de espesor



Details of Cylinder1	
Cylinder	Cylinder1
Base Plane	XYPlane
Operation	Add Material
Origin Definition	Coordinates
<input type="checkbox"/> FD3, Origin X Coordinate	0 cm
<input type="checkbox"/> FD4, Origin Y Coordinate	0 cm
<input type="checkbox"/> FD5, Origin Z Coordinate	0 cm
Axis Definition	Components
<input type="checkbox"/> FD6, Axis X Component	0 cm
<input type="checkbox"/> FD7, Axis Y Component	-1000 cm
<input type="checkbox"/> FD8, Axis Z Component	0 cm
<input type="checkbox"/> FD10, Radius (>0)	64,06 cm
As Thin/Surface?	Yes
<input type="checkbox"/> FD1, Inner Thickness (>=0)	0,4 cm
<input type="checkbox"/> FD2, Outer Thickness (>=0)	0 cm

Mallado

Como el coste computacional es bajo, por la geometría tan sencilla, se ha utilizado el mallado por defecto a todo el cuerpo, es decir, sin fijar el tamaño del elemento. Se obtienen 22860 nodos y 3240 elementos.



Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Advanced	
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Shape Checking	Standard Mechanical
Solid Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Low
Transition	Fast
Statistics	
Nodes	22860
Elements	3240

Generalidades del preproceso

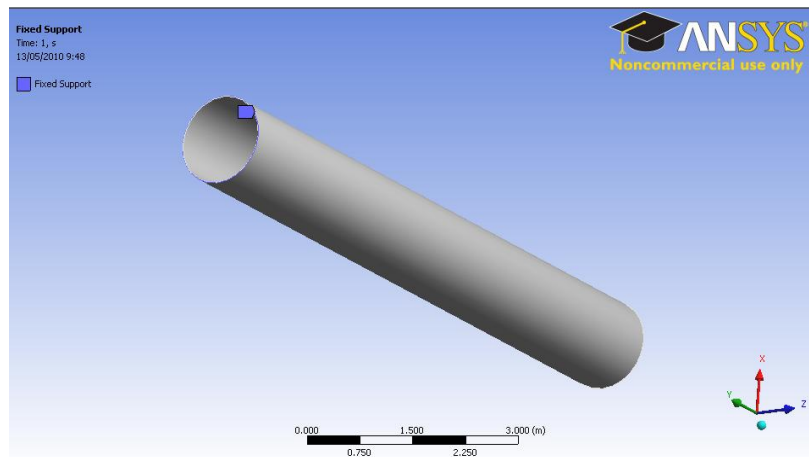
La longitud es 10 m y el diámetro 1,2812 m, aproximadamente 1,3 m.

La masa en realidad es de 336 kg, en estas simulaciones tomamos un espesor constante a lo largo toda la columna, lo cual no es cierto, porque en las juntas, además del paño, tenemos un montante del mismo espesor. Lo que nos proporciona en las juntas un espesor de 12 mm.

Definition	
<input type="checkbox"/> Suppressed	No
Material	Polyethylene
Stiffness Behavior	Flexible
Nonlinear Material Effects	No
Bounding Box	
Length X	1,2812 m
Length Y	10, m
Length Z	1,2812 m
Properties	
<input type="checkbox"/> Volume	0,1605 m³
<input type="checkbox"/> Mass	152,47 kg
Centroid X	7,8261e-016 m
Centroid Y	-5, m
Centroid Z	2,1522e-016 m
Moment of Inertia Ip1	1286,5 kg·m²
Moment of Inertia Ip2	60,774 kg·m²
Moment of Inertia Ip3	1286,5 kg·m²

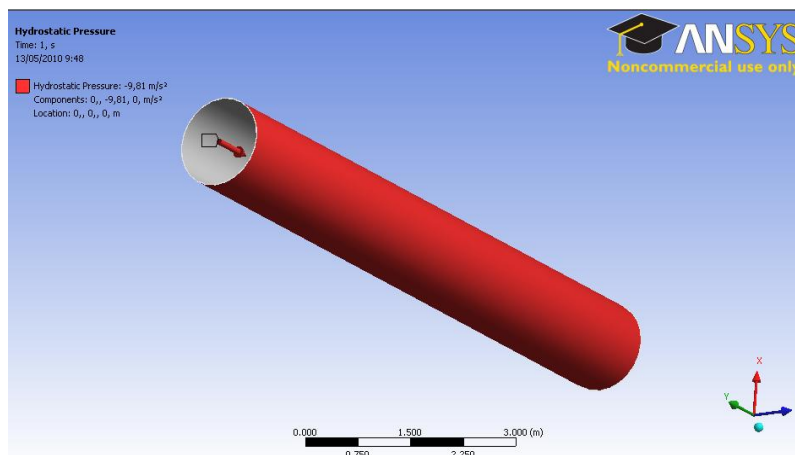
Apoyos

Como se pretende simular un pozo real, cubierto por tierra a su alrededor y con agua en su parte inferior, el único apoyo es en la arista que limita el cilindro en la parte superior, se encuentra completamente fijada.

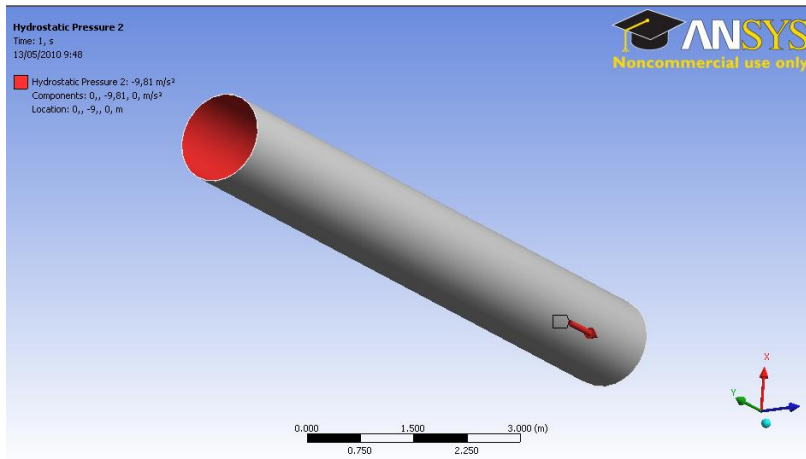


Presiones

- Una presión debida al terreno en su cara exterior, tomando como superficie libre la arista fija y como densidad 2100 kg/m³.
- Otra presión debida al agua en su cara interior, tomando como superficie libre a un metro del fondo (hasta donde llegaría el agua) y como densidad 1000 kg/m³.



Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Hydrostatic Acceleration	
Define By	Vector
Magnitude	-9,81 m/s²
Direction	Click to Change
Definition	
Type	Hydrostatic Pressure
Suppressed	No
Fluid Density	2100, kg/m³
Free Surface Location	
X Coordinate	0, m
Y Coordinate	0, m
Z Coordinate	0, m



Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Hydrostatic Acceleration	
Define By	Vector
Magnitude	-9,81 m/s ²
Direction	Click to Change
Definition	
Type	Hydrostatic Pressure
Suppressed	No
Fluid Density	1000, kg/m ³
Free Surface Location	
X Coordinate	0, m
Y Coordinate	-9, m
Z Coordinate	0, m

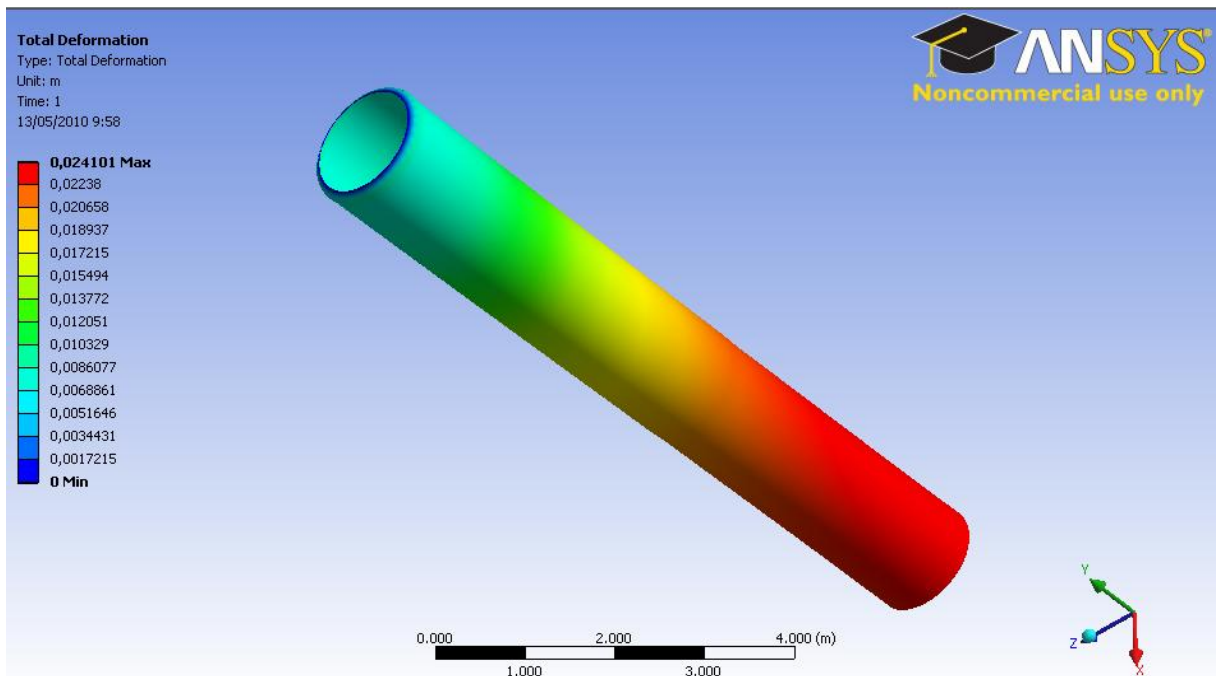
Visualización de resultados de la 1ª simulación

1. Deformación total

El primer resultado, y el más importante, por el que radican estas simulaciones es el estudio de deformaciones.

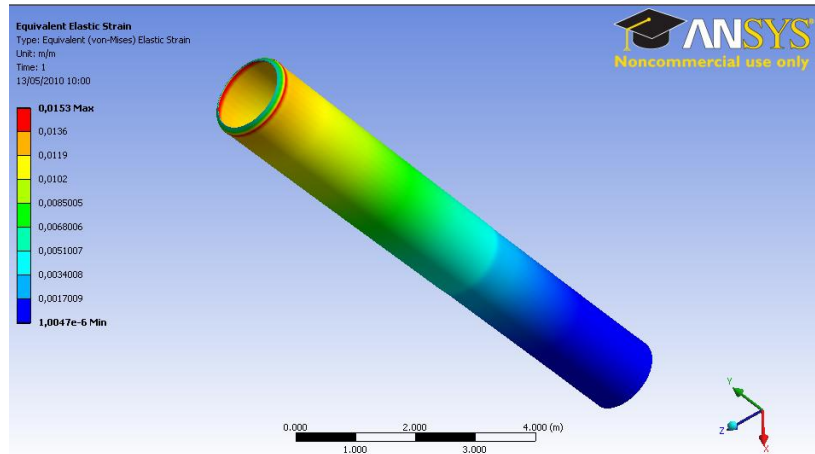
Deformación máxima: 24,10 mm

se produce en la parte baja del pozo



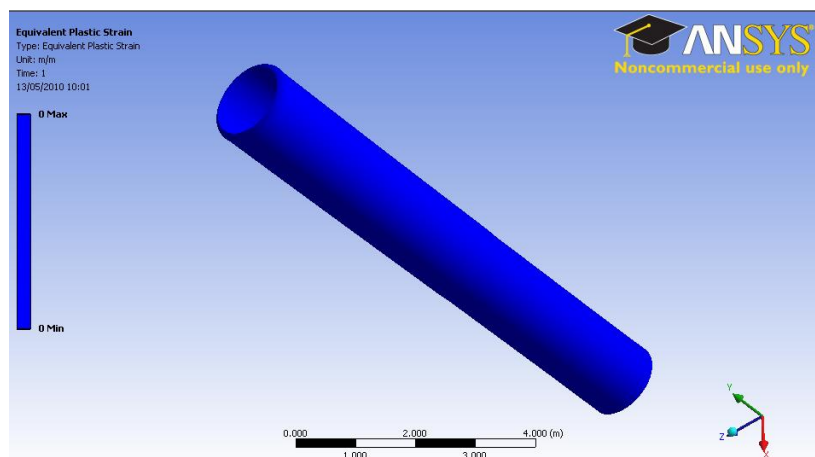
2. Equ. Elastic Strain

El lugar en el que se produce la mayor es en el anclaje, en la parte de arriba del entibado. La resistencia al alargamiento es 8 %, siendo insignificante, los 0.0153 m/m que se indican en la figura.



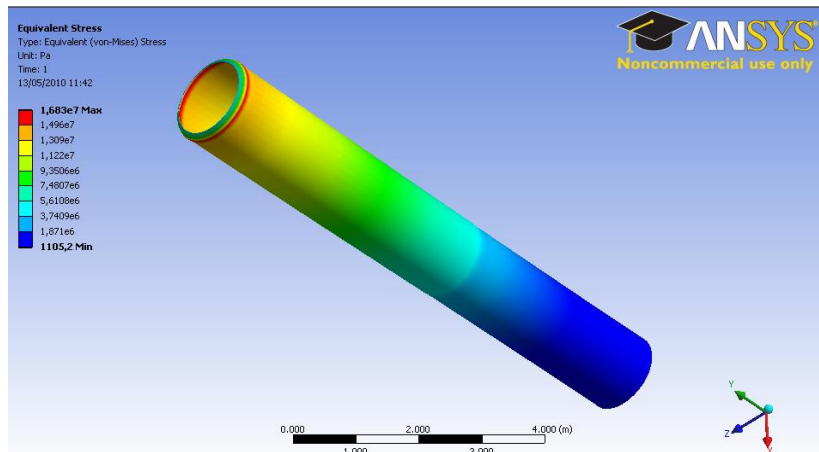
3. Equ. Plastic Strain

Se puede observar como no se produce deformación plástica. O lo que es lo mismo, las deformaciones no son permanentes.



4. Equ. Stress

El lugar en el se produce la mayor es en el anclaje, en la parte de arriba del entibado. La resistencia a la tracción es 28 MPa, mucho mayor que los 16,83 MPa que se indican en la figura.



Para el resto de simulaciones, solo se varía el espesor. Variando el espesor de 0,4 cm hasta 0,8 cm se obtienen los siguientes resultados:

Polietileno, 1ª simulación

Geometría

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 4 mm de espesor

Deformación máxima: 24,10 mm

Polietileno, 2ª simulación

Geometría

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 5 mm de espesor

Deformación máxima: 17,60 mm

Polietileno, 3ª simulación

Geometría

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 6 mm de espesor

Deformación máxima: 16,53 mm

Polietileno, 4ª simulación

Geometría

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 7 mm de espesor

Deformación máxima: 14,09 mm

Polietileno, 5ª simulación

Geometría

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 8 mm de espesor

Deformación máxima: 11,56 mm

Así, queda comprobado que, yendo del lado de la seguridad, no tiene porque haber ningún problema en cuanto a deformaciones con tan solo **0,6 cm de espesor**.

8.3.1.2 Acero

Structural Steel 2	
<input type="checkbox"/> Structural Add/Remove Properties	
<input type="checkbox"/> Young's Modulus	2,e+011 Pa
<input type="checkbox"/> Poisson's Ratio	0,3
<input type="checkbox"/> Density	7850, kg/m ³
<input type="checkbox"/> Thermal Expansion	1,2e-005 1/°C
<input type="checkbox"/> Alternating Stress	
<input type="checkbox"/> Strain-Life Parameters	
<input type="checkbox"/> Tensile Yield Strength	2,5e+008 Pa
<input type="checkbox"/> Compressive Yield Strength	2,5e+008 Pa
<input type="checkbox"/> Tensile Ultimate Strength	4,6e+008 Pa
<input type="checkbox"/> Compressive Ultimate Strength	0, Pa
<input type="checkbox"/> Thermal Add/Remove Properties	
<input type="checkbox"/> Thermal Conductivity	60,5 W/m·°C
<input type="checkbox"/> Specific Heat	434, J/kg·°C

El acero con el que se ensaya tiene las siguientes propiedades:

- Densidad = 7850 kg/m³
- Modulo de Young = $2 \cdot 10^{11}$ Pa = 200000 MPa
- Coeficiente de Poisson = 0,3

Haciendo un estudio similar al hecho con el polietileno de alta densidad, obtengo variando el espesor de 0,2 cm a 0,8 cm, los siguientes resultados para el acero:

Acero, 1ª simulación

Geometría

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 0,2 cm de espesor

Deformación máxima: 0,124 mm

Acero, 2ª simulación

Geometría

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 0,4 cm de espesor

Deformación máxima: 0,098 mm

Acero, 3ª simulación

Geometría

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 0,6 cm de espesor

Deformación máxima: 0,067 mm

Acero, 4ª simulación**Geometría**

- 10 m de largo
- 64,06 cm de radio
- 0,8 cm de espesor

Deformación máxima: 0,045 mm

A modo de resumen de resultados, se presentan las siguientes tablas:

Material	Espesor (mm)	Deformación Máxima (mm)
Polietileno	0,4	24,101
Polietileno	0,5	17,599
Polietileno	0,6	16,528
Polietileno	0,7	14,09
Polietileno	0,8	11,559
Acero	0,2	0,1245
Acero	0,4	0,098179
Acero	0,6	0,067418
Acero	0,8	0,04495

Polietileno/Acero (0,4 mm)	245,48
-----------------------------------	--------

Polietileno/Acero (0,6 mm)	245,16
-----------------------------------	--------

Polietileno/Acero (0,8 mm)	257,15
-----------------------------------	--------

Comparando el polietileno y el acero parece lógico que el acero tenga menores deformaciones que el polietileno. El polietileno sufre deformaciones del orden de 250 veces que las del acero. Pero los resultados que se obtienen en el plástico son suficientemente buenos para poder funcionar con el, y si a eso le sumas su precio y facilidad de obtención y manejo, se demuestra que el polietileno es la mejor solución.

8.3.2. Ensayos con MARC MENTAT

Como ya se dijo líneas atrás, ante la dificultad de usar el programa ANSYS para la modelización del entibado y el estudio con fuerzas, se utilizó otro software de elementos finitos: MARC MENTAT. Este permite imponer varias condiciones en los nodos de forma más sencilla que la versión ANSYS 11.0.

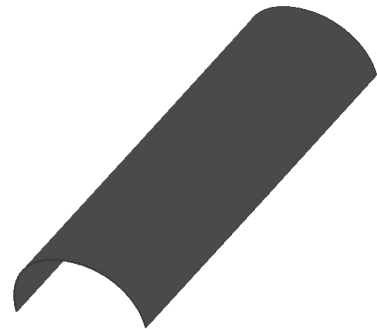
Sabiendo que todas y cada una de las simulaciones de ANSYS nos proporcionaban deformaciones bajas y no plásticas, nos centramos en el caso de espesor 0,6 cm. Comprobaremos que para fuerzas distribuidas, y más concretas, continua comportándose de forma correcta el diseño final.

Polietileno, simulación

Geometría

Para modelizar bien los apoyos, nos ayudaremos de la siguiente figura:

- Medio cilindro
- 2 m de largo
- 640 mm de radio
- 6 mm de espesor



Mallado

Se divide el arco en 36 partes iguales, es decir, girando 5° a lo largo de los 180°. Como el espesor lo dividimos en 3 partes y los 2 m de largo en 100 partes:

$$37 \times 4 \times 101 = 14948 \text{ nodos}$$

Apoyos

Izquierda

FIXED DISPLACEMENT	
METHOD	REFERENCE POSITION
ENTERED VALUES	POSITION AT ACTIVATION OF BC
USER SUB. FORCDT	POSITION AT START OF ANALYSIS
DISPLACEMENT X	0
DISPLACEMENT Y	0
DISPLACEMENT Z	0
ROTATION X	
ROTATION Y	
ROTATION Z	0
CLEAR	OK

Desplazamiento en X	fijo
Desplazamiento en Y	fijo
Desplazamiento en Z	fijo
Rotación en Z	fijo

Derecha

FIXED DISPLACEMENT	
METHOD	
ENTERED VALUES	
USER SUB. FORCDT	
REFERENCE POSITION	
POSITION AT ACTIVATION OF BC	
POSITION AT START OF ANALYSIS	
DISPLACEMENT X	
DISPLACEMENT Y	0
DISPLACEMENT Z	0
ROTATION X	
ROTATION Y	
ROTATION Z	0
CLEAR	
OK	

Desplazamiento en X libre
 Desplazamiento en Y fijo
 Desplazamiento en Z fijo
 Rotación en Z fijo

Fuerzas

Fuerza lineal, distribuida a lo largo del eje Z (linea)

POINT LOAD	
METHOD	
ENTERED VALUES	
USER SUB. FORCDT	
FOLLOWER FORCE	
FORCE X	
FORCE Y	-5
FORCE Z	
MOMENT X	
MOMENT Y	
MOMENT Z	
CLEAR	
OK	

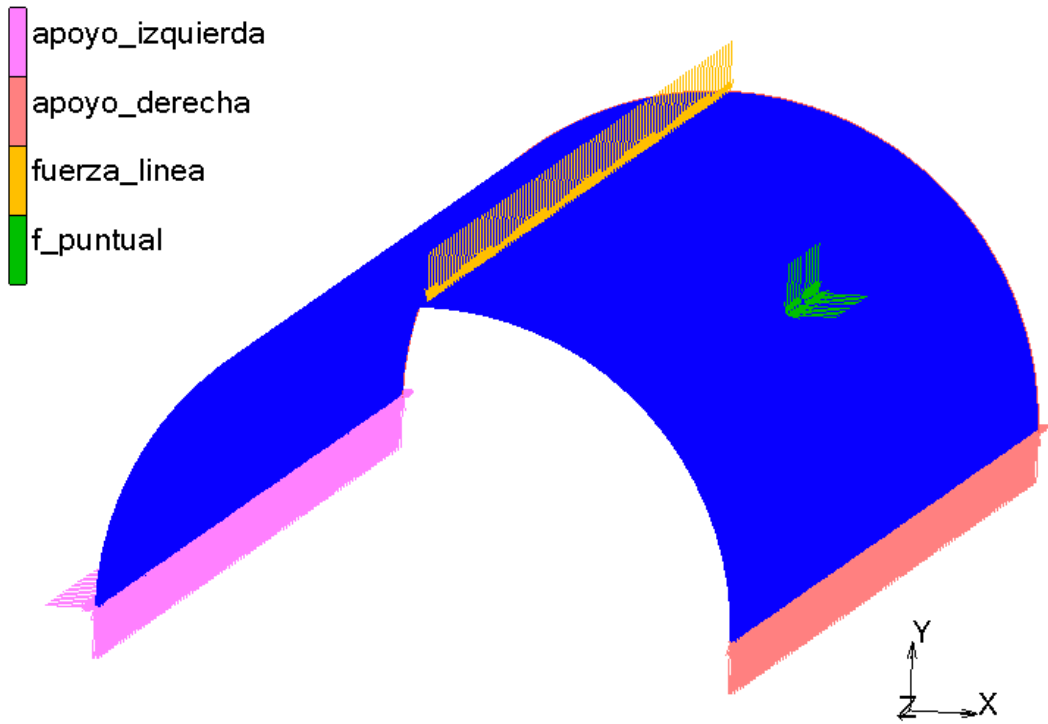
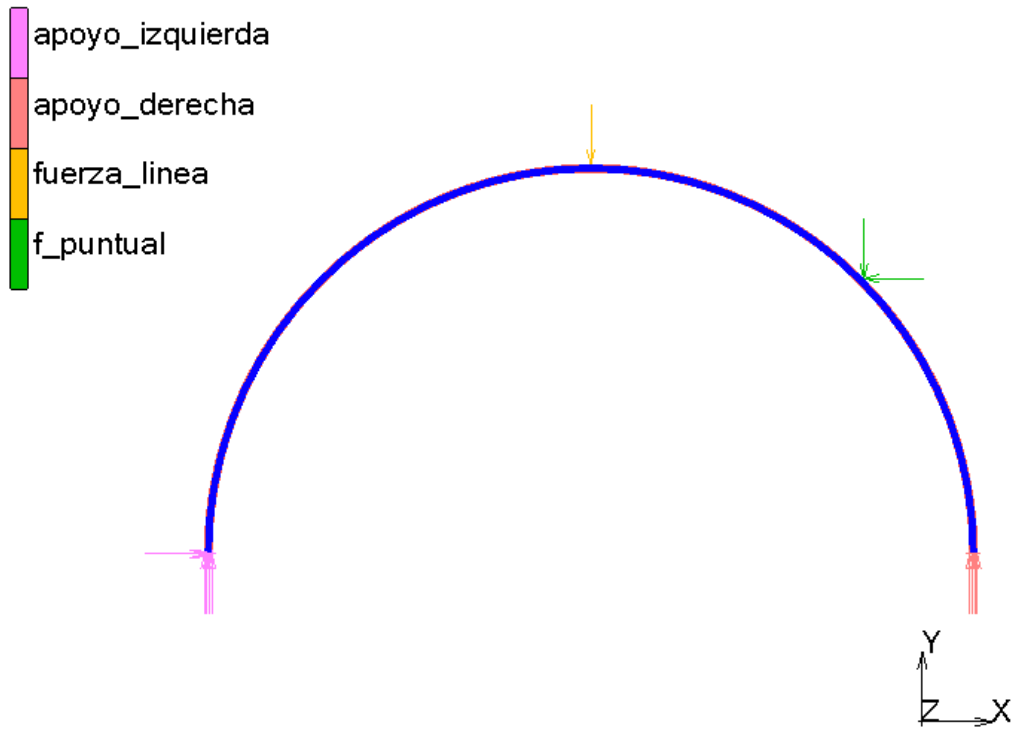
5 N en cada nodo y como hay 101 nodos, tenemos un total de 505 N a lo largo de 2 m.

Fuerza concreta (puntual)

POINT LOAD	
METHOD	
ENTERED VALUES	
USER SUB. FORCDT	
FOLLOWER FORCE	
FORCE X	-30
FORCE Y	-30
FORCE Z	
MOMENT X	
MOMENT Y	
MOMENT Z	
CLEAR	
OK	

30 N en eje X y otros 30 N en eje Y. Tenemos 42,43 N en cada nodo y como se toman 10 nodos, tenemos un total de 424,3 N muy concentrados, en tan solo 19.8 cm.

El conjunto de apoyos y fuerzas se observa en las siguientes imágenes:

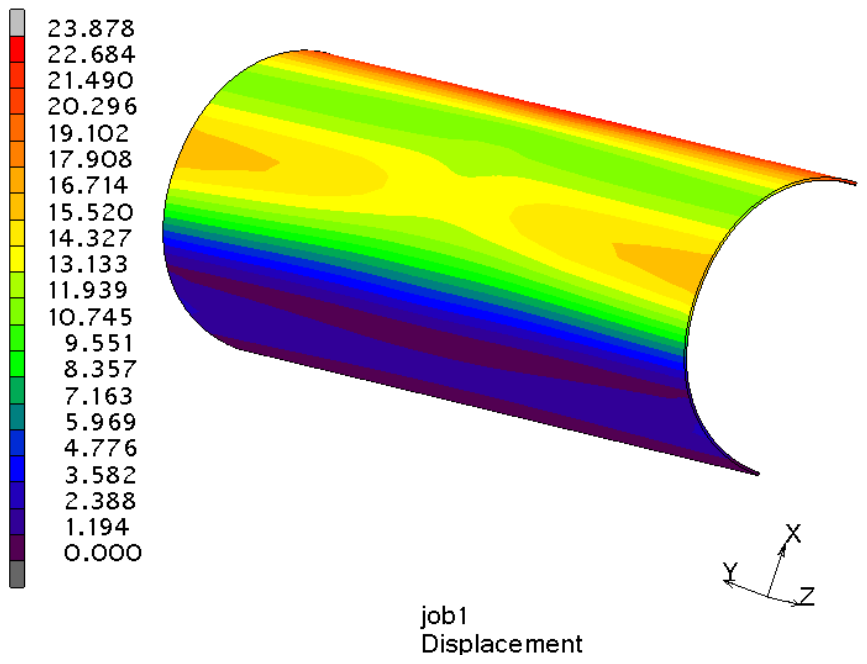
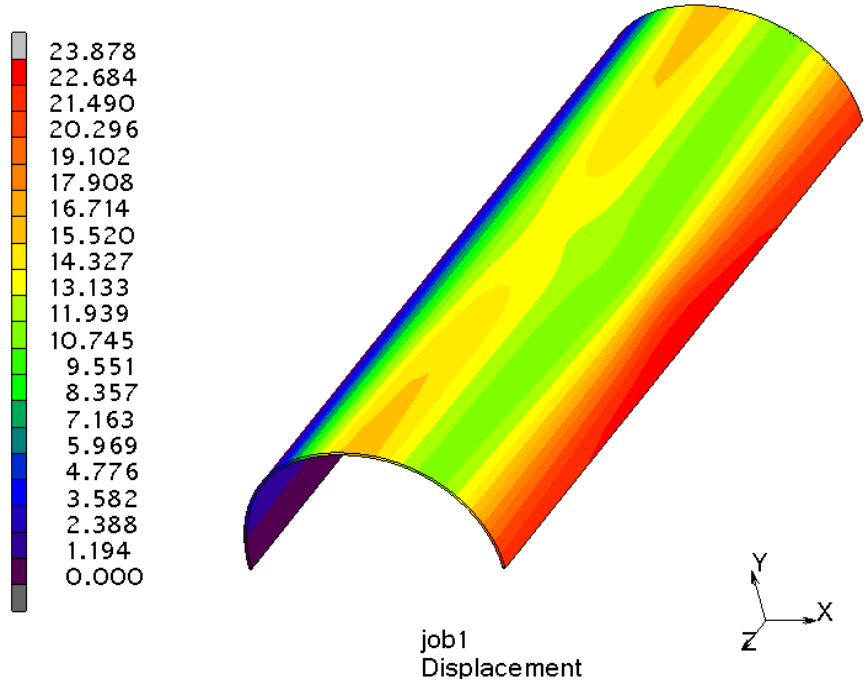


Visualización de resultados de la simulación

1. Deformación total

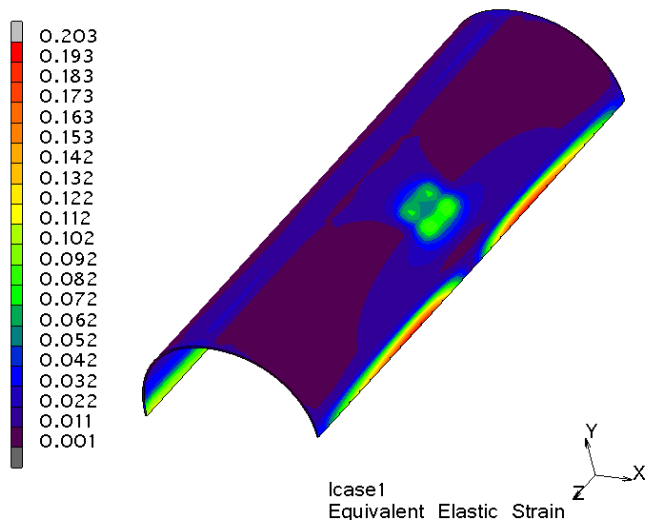
El primer resultado, y el más importante, por el que radican estas simulaciones es el estudio de deformaciones.

Deformación máxima: 23,88 mm



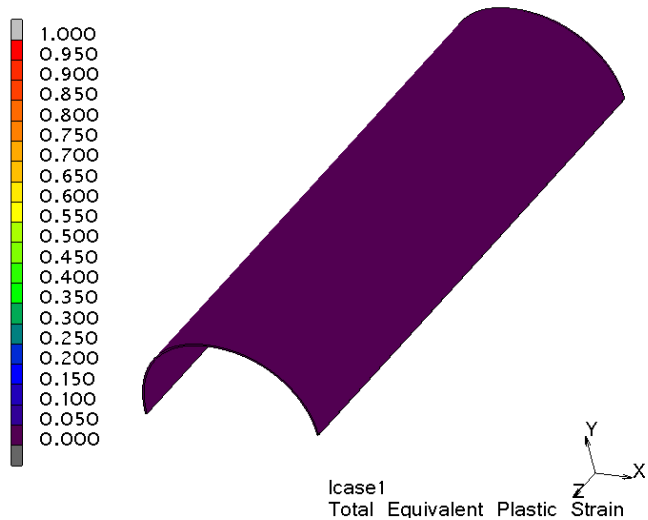
2. Equivalent Elastic Strain

El lugar en el que se produce la mayor es en los apoyos. Pero realmente nos tenemos que fijar en donde incide la fuerza puntual, en donde se producen 0,07 m/m.



3. Equivalent Plastic Strain

Se puede observar como no se produce deformación plástica. O lo que es lo mismo, las deformaciones no son permanentes.



9. PACKAGING Y TRANSPORTE

9.1. Packaging

Para el packaging y transporte de un kit de entibado se va a separar por un lado las piezas del tramo ciego y por otro las del tramo de captación más el de cuña. Esto se debe a que podría darse el caso de que tengamos pedidos de kits con longitud diferente a la diseñada debido a que el agua de un emplazamiento se encuentre a una mayor profundidad que la que se presupone de 10 m y entonces el tramo ciego será mayor, manteniéndose el tramo de captación y el de cuña constante.

Entre las distintas posibilidades que se ofertan para embalar mercancías y su posterior transporte, el más común: el Palé en sus distintas variantes.

9.1.1. Palé normalizado

Las medidas y denominaciones más frecuentes para la plataforma del palé son las siguientes:

- **Palé europeo o europalé:** mide 1200 x 800, está normalizado en dimensiones y resistencia.
Se utiliza en transporte y almacenamiento de los productos de gran consumo. Este tamaño fue adoptado en Europa en detrimento del palé americano para aprovechar al máximo las medidas de las cajas de los trailers, que tienen un ancho de 2400 mm. Con esta medida de palé se pueden poner a lo ancho de la caja dos palés en una dirección o tres en la otra.
- **Palé universal o isopalé:** también llamado palé americano mide 1200 x 1000. Se suele utilizar para productos líquidos.

También existen otros tamaños que se utilizan en menor medida:

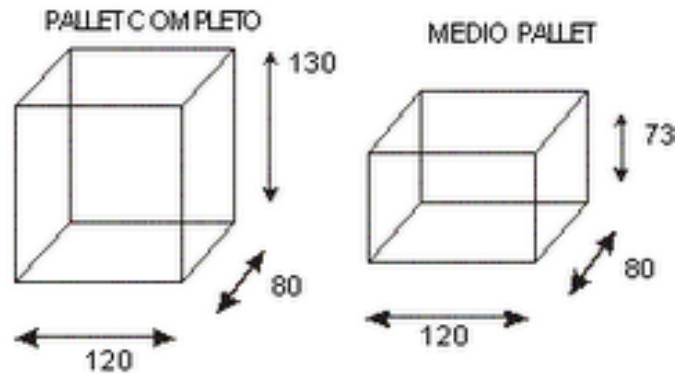
- 1000 x 800, utilizado para materiales de construcción.
- 800 x 600, utilizado en productos de gran consumo en sus dos variantes: madera y metálica.
- 1000 x 600, utilizado de forma menor para líquidos, está prácticamente en desuso.

Así, los módulos de embalaje más característico en la denominación europea son:

MÓDULOS DE EMBALAJE

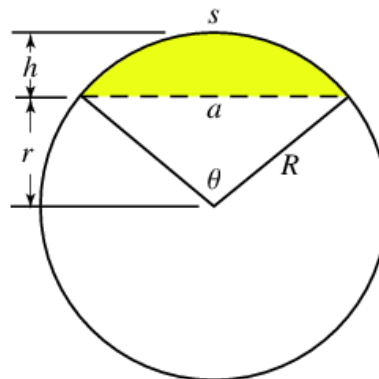
Elemento	Medidas	Volumen Teórico	Volumen Útil
Palé completo	1,2 m x 0,8 m x 1,3 m	1,248 m ³	1,000 m ³
Medio palé	1,2 m x 0,8 m x 0,7 m	0,700 m ³	0,560 m ³
Cajón	0,4 m x 0,8 m x 0,4 m	0,128 m ³	0,077 m ³
Medio Cajón	0,2 m x 0,8 m x 0,4 m	0,064 m ³	0,038 m ³

El volumen útil resulta de aplicar un porcentaje de aprovechamiento sobre el volumen teóricamente calculado, por razones de seguridad en el movimiento de cargas.



Elegido el continente, solo faltará la forma de disponer el contenido. Y la primera idea es la de forma de túnel, lo que en la figura inferior se ilustra como la región sombreada.

Así podremos transportar en único bulto todo lo necesario para montar el kit de entibado: desde tornillos de nylon hasta el taladro para atornillar los mismos. Se alojarán bajo las piezas dobladas, en la región sombreada.



Sea R el radio del círculo, a la longitud de la cuerda, s la longitud del arco, h la altura de la porción arqueada y r la altura de la porción triangular.

De la figura se puede deducir:

$$a = 2 (h (2R - h))^{1/2}$$

Por tanto nos queda un radio de giro:

$$R = (a^2 + 4 h^2) / (8 h)$$

Siendo a = 1,2 m:

$$R = (1.44 + 4 h^2) / (8 h)$$

El área que determina la sección amarilla se obtendrá de la siguiente fórmula:

$$A = R^2 (\theta + \text{sen } \theta) / 2$$

Y el volumen con un palé europeo (1,2 m x 0,8 m) será:

$$V = 0,8 A$$

Variando de 1 a 0,10 m la h (altura de la porción arqueada), nos queda:

h (m)	R (m)	θ (radianes)	θ (grados)	A(m ²)	V3 = 0,8 A
1,00	0,68	2,94118	168,52	0,633973	0,507179
0,90	0,65	3,07692	176,29	0,636348	0,509078
0,80	0,625	3,2	183,35	0,636401	0,509121
0,70	0,607	3,29412	188,74	0,635146	0,508117
0,60	0,6	3,33333	190,99	0,634302	0,507442
0,50	0,61	3,27869	187,86	0,635427	0,508341
0,40	0,65	3,07692	176,29	0,636348	0,509078
0,30	0,75	2,66667	152,79	0,621392	0,497114
0,20	1	2	114,59	0,545351	0,436281
0,10	1,85	1,08108	61,94	0,339879	0,271903

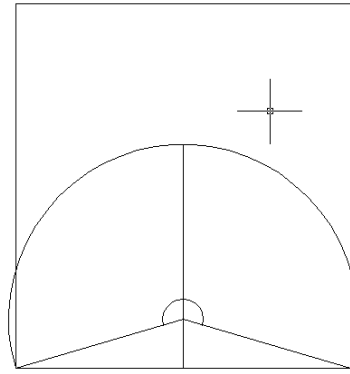
Y como nuestra intención es la separar por un lado un palé con los tramos ciegos y por otro, otro palé con los tramos de captación y de cuña, nos quedaría:

h (m)	Volumen Palé 1 = V1 + V3	Volumen Palé 2 = V2 + V3
1,00	0,730728	0,637378
0,90	0,732627	0,639277
0,80	0,732670	0,639320
0,70	0,731666	0,638316
0,60	0,730991	0,637641
0,50	0,731890	0,638540

En donde:

V1 = Volumen (ciego)	V2 = Volumen (capt. + cuña)
0,223549	0,130199

La idea es fijar la h entorno a los 0,80 m, lo que gráficamente sería:



Lo que indica que esta forma de paletizado no se puede usar para las dimensiones de nuestras piezas. En el caso límite de $h = R = 0,60$ m, tendríamos un arco de 1,88 m y en tal caso, sería imposible introducir las piezas de 2 m.

9.1.2. Palé específico

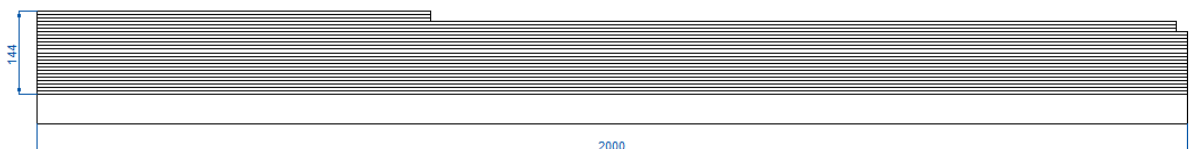
Por tanto, la forma de embalaje y transporte de un kit de entibado, no se podrá efectuar con palés estándar o normalizados como los europeos o americanos. Habrá que hacerlo con palés específicos, diseñados para esta labor.

Así, la opción que se plantea es la de palés de 2 m x 1 m. Un palé para las piezas del tramo ciego y otro para las del tramo de captación y cuña, tal y como se explico al principio de este apartado.

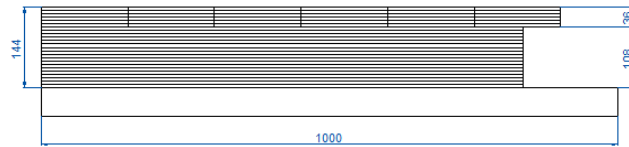
Tramo ciego

Nombre	Medidas (mm)	Cantidad	Denominación
Virola interna	1981 x 150	18	1
Paño	2000 x 835	18	2
Montante	150 x 685	18	3

Alzado:



Los 18 paños a lo largo de toda su longitud 2000 mm, encima de ellos las 18 virolas internas en tan solo 3 alturas, dejando 19 mm y para terminar los 18 montantes ocupando únicamente 685 mm, también en tan solo 3 alturas.

Perfil:

Los 18 paños ocupan tan solo 685 mm del total, encima de ellos tenemos 3 alturas de virolas internas sumando 900 mm y otro tanto para los 18 montantes.

Las especificaciones del palé de tramos ciegos son:

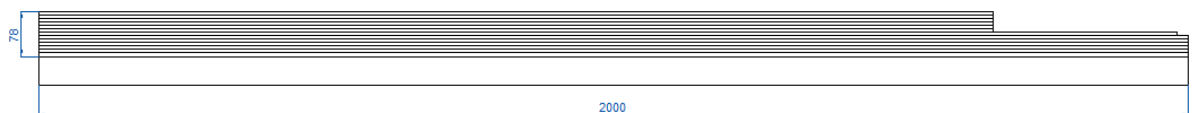
- Dimensiones: 2000 x 1000 x 144 (mm)
- Volumen real: **0,288 m³**
- Volumen teórico: 0,2235 m³
- Masa: **212,37 kg** (unos 50 kg por persona)

Tramo de captación

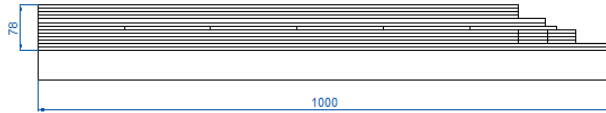
Nombre	Medidas (mm)	Cantidad	Denominación
Virola interna	1981 x 150	4	4
Paño exterior	2000 x 835	4	5
Paño interior	1667 x 835	4	6

Tramo de cuña

Nombre	Medidas (mm)	Cantidad	Denominación
Virola interna	1981 x 150	2	7
Paño exterior	2000 x 1000	2	8
Virola interna 2	1981 x 50	4	9
Virola externa	1685,8 x 50	4	10
Paño interior	1667 x 835	2	11

Alzado:

Primero las 2 piezas del tipo 8 y seguidamente las 4 piezas del tipo 5. En el siguiente nivel, en tan solo una altura, las 4 del tipo 4 y las 2 del tipo 7. Y ya para terminar con la descripción del alzado, las 4 del tipo 6 y las 2 del tipo 11. No se pueden apreciar las del tipo 9 y 10.

Perfil:

Cabe destacar la posición de las piezas del tipo 9 y 11 que se encuentran a continuación de las 4 del tipo 5.

En un primer momento, las especificaciones del palé (captación + cuña) son:

- Dimensiones: 2000 x 1000 x 78 (mm)
- Volumen real: 0,156 m³
- Volumen teórico: 0,1302 m³
- Masa: 123,69 kg

Pero, falta incluir los 6 perfiles y las 3 piezas que sirven de remate del tramo de cuña, piezas que forman una corona circular.

Así mismo, dado que el palé de tramos ciegos pesa más que el de captación + cuña, en este último se incluye todo lo necesario para montar el kit de entibado sin problema o para evitar problemas, desde los tornillos de nylon hasta la herramienta. Siendo lo siguiente:

- Tornillos de nylon de 8 x 25 de cabeza de estrella. Bastaría con 906 tornillos, pero por si acaso tenemos problemas de rotura de cabeza, se incluyen 1000 tornillos (algo más de un 10 % más de los necesarios).
- Atornilladora eléctrica y cargador.
- Transformador de corriente (125-220 V).
- Herramienta básica manual: destornilladores, alicates...
- Tornillos y tuercas inoxidables por si fuera necesario en algún montaje difícil. Se incluyen 100 juegos.
- Cinta para las juntas, para asegurar la estanqueidad. 100 m.
- Pieza para descender los anillos, tipo argolla.

Añadiendo los perfiles, las piezas curvas y todo lo necesario para montar el kit de entibado, las especificaciones del palé (captación + cuña) son:

- Dimensiones: 2000 x 1000 x 180 (mm)
- Volumen: 0,161 m³
- Masa aproximada: **140 kg** (unos 35 kg por persona)

9.2. Transporte

Para el transporte hasta el emplazamiento donde se montará el kit de entibado, tenemos dos alternativas: transporte aéreo o marítimo. Elegir una u otra opción, depende, principalmente, de los kg que se transportan o del volumen de los mismos, ya que no nos importa, en principio, el tiempo de tránsito.

Así, para un kit de entibado:

Tramos ciegos

- Dimensiones: 2000 x 1000 x 144
- Volumen real: 0,288 m³
- Volumen teórico: 0,2235 m³
- Masa: 212,37 kg

Tramos captación + cuña

- Dimensiones: 2000 x 1000 x 180
- Volumen: 0,161 m³
- Masa aproximada: 140 kg

La suma de los dos palés, es decir, un pedido de kit completo de entibado es:

- | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Volumen: 0,449 m³ • Masa: 352,37 kg |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

9.2.1. Transporte aéreo

En el caso de transporte aéreo la empresa que trabaja para ACH me suministra la siguiente tabla para un emplazamiento:

- En Centroamérica, Managua capital de Nicaragua.

SERVICIO AÉREO DESDE BILBAO			
DESTINO MANAGUA	FLETE + 500 KG	TASA COMBUSTIBLE	TASA SEGURIDAD
5 días de tránsito	1,70 €/KG	0,40 €/KG	0,05 €/KG
MANIPULACIÓN Y EMISIÓN AWB	DESPACHO ADUANAS	RECOGIDA EN PAMPLONA	PNS
40 €	40 €	180 €	8 €

Managua

426,57 € / kit

9.2.2. Transporte marítimo

En el caso de transporte marítimo la empresa que trabaja para ACH me suministra la siguiente tabla para dos emplazamientos representativos:

- En Centroamérica, Managua capital de Nicaragua.
- En África, Conakry capital de Guinea.

SERVICIO MARÍTIMO DESDE BILBAO				
DESTINO	FLETE LCL	RECOGIDAS EN PAMPLONA	TASA SEGURIDAD	T-3
Managua: 30 días de transito	160 €/TN-M3	500 KG: 105 €	3 €/TN-M3	3.93 €/TN-M3
Conakry: 34 días de transito	240 €/TN-M3	1000 KG: 165 €	3 €/TN-M3	3.93 €/TN-M3
THC	DESPACHO ADUANAS		ISPS	IMPRESOS B/L
33 €/TN 15 €/M3	40 €		3 €	65 €

Mínimo 1000 kg / 1 m³

Para alcanzar el mínimo de 1000 kg / 1 m³, se hace el estudio para 5 kits completos de entibado y para compararlo con el transporte aéreo, se divide entre 5 para hallar el transporte de un kit completo de entibado:

- Volumen: **2,245 m³**
- Masa: **1761,85 kg**

Managua 910.89 € / 5 kits, por tanto: **182.18 € / kit**

Conakry 1011.20 € / 5 kits, por tanto: **202.24 € / kit**

Si comparamos los dos transportes posibles, aéreo y marítimo, para el caso de Managua se observa, como es lógico, que el aéreo es mucho más rápido, pero así mismo, mucho más caro; 5 días frente a los 30 días y 426,57 € / kit frente a los 182.18 € / kit. Así, siempre que se pueda se elegirá la opción de transporte marítimo.

BIBLIOGRAFÍA

- Soil mechanics - Taylor & Wiley.
- Water, Sanitation and Hygiene for Populations at Risk – Acción Contra el Hambre.
- Emergency water sources – Sara House and Bob Reed.
- Engineering in emergencies – Jan Davis and Robert Lambert.
- Manual de OXFAM de actuación en emergencias.
- Páginas web de proveedores de polietileno de alta densidad, maquinaria comercial de mecanizado y diseño de maquinaria.

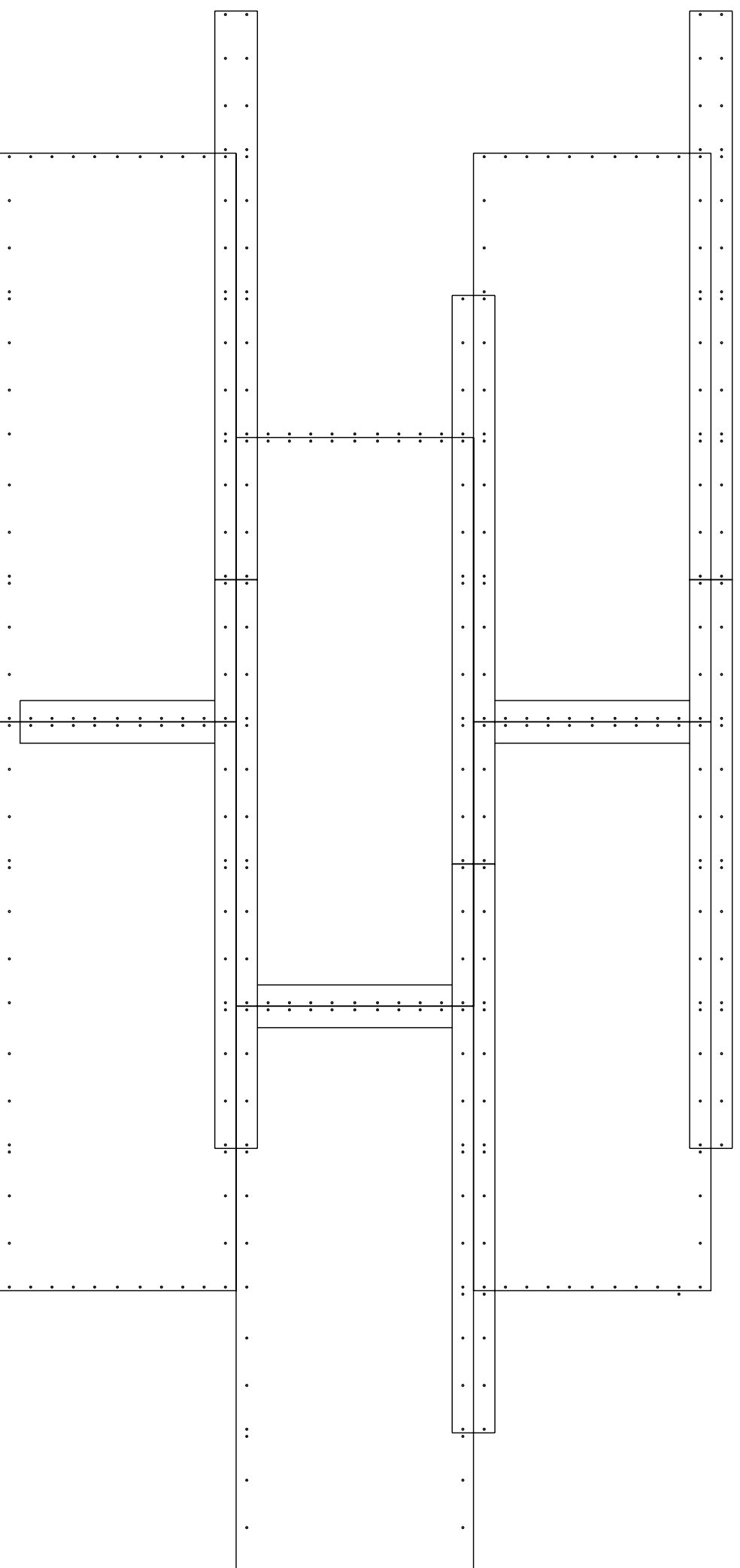
Entre las que destacan: www.construmatica.com
www.martinezi.com
www.directindustry.es
www.alarsis.com

- Apuntes de diversas páginas web como Wikipedia.
- Manual del software de diseño asistido por ordenador: AUTOCAD.
- Manual del software de análisis estructural: ANSYS.
- Manual del software de análisis estructural: MARC MENTAT.
- Manual del software de optimización de material: CORTE5.
- Manual de software de creación de gráficos: AUTODESK 3DS MAX.

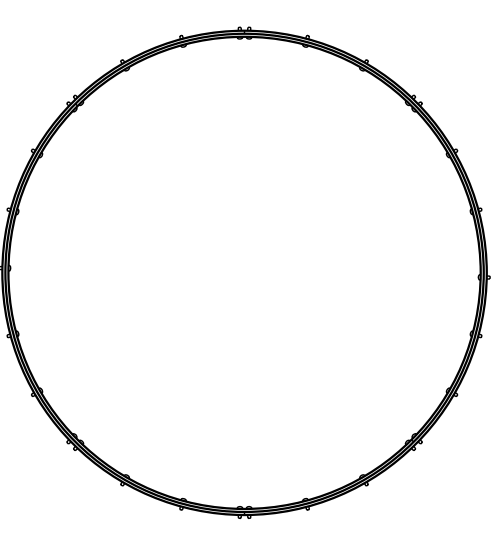
ANEXO 1: PLANOS DEL DISEÑO FINAL

Tramo ciego


DESPIECE DEL TRAMO CIEGO



SECCIÓN DEL TRAMO CIEGO



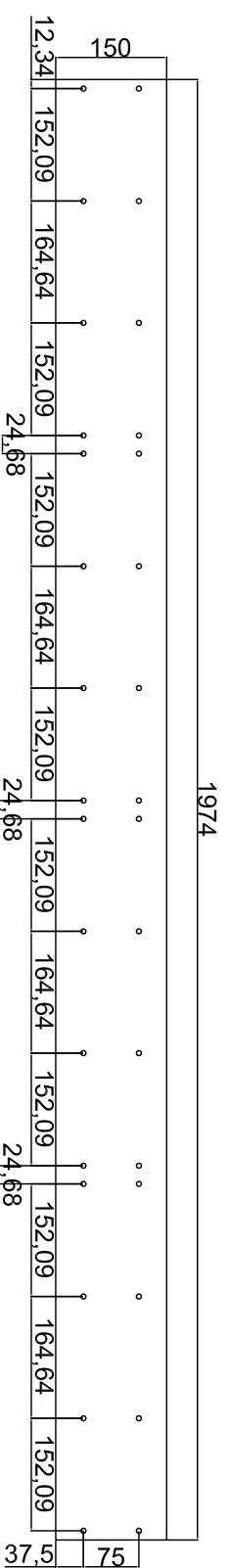
E 1: 20 0. 100. 200. 1000.

	Universidad Pública de Navarra Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES
	PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA		REALIZADO: SUBIES ALDUNAIN
PLANO: TRAMO CIEGO	FECHA: 06.2010	ESCALA: 1: 20	Nº PLANO: 01

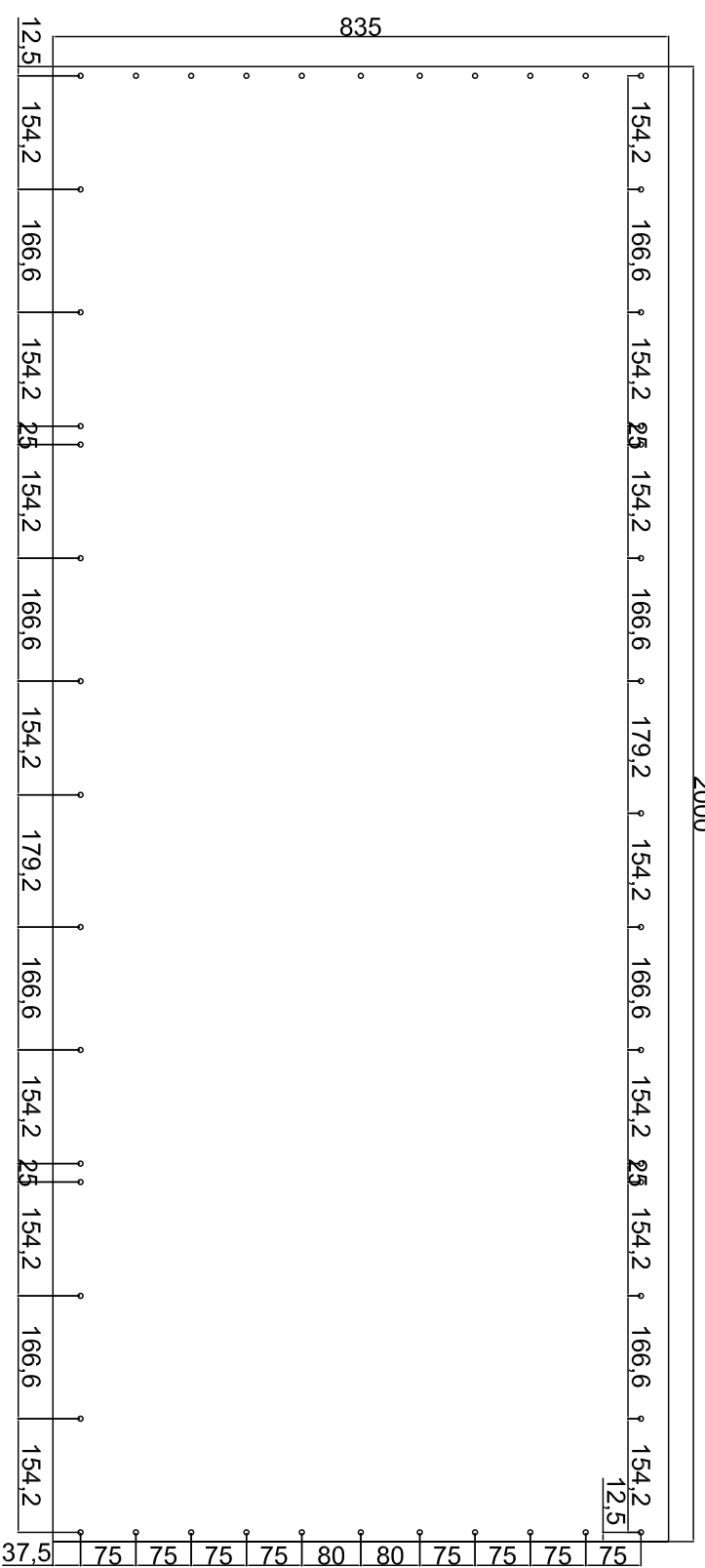
Tramo ciego

Sección

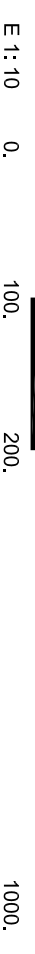
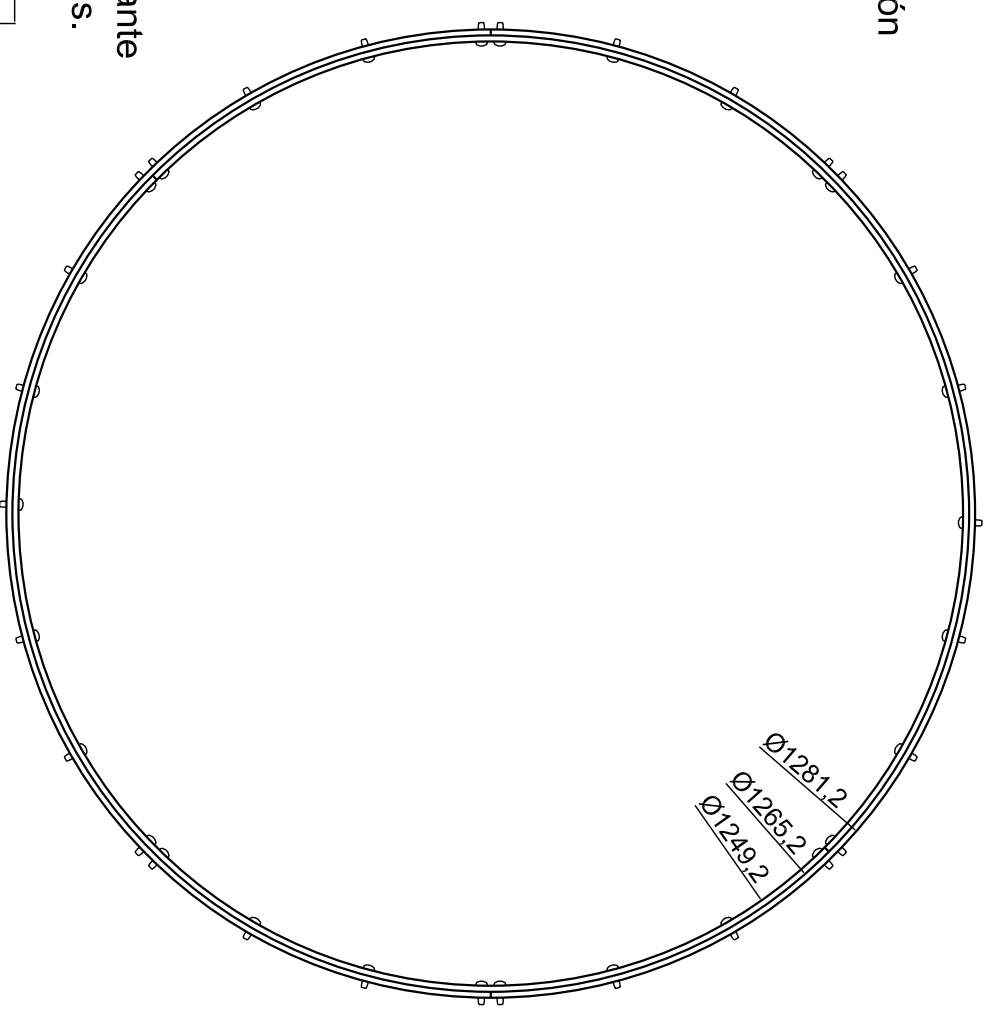
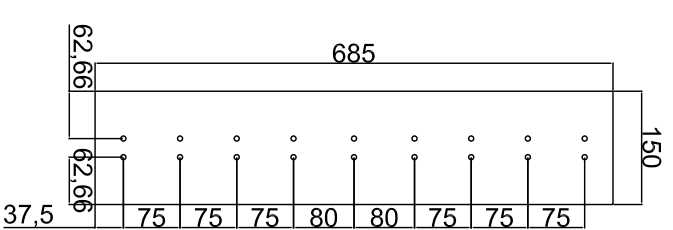
Virola interna
18 uds.


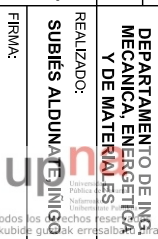


Paño
18 uds.



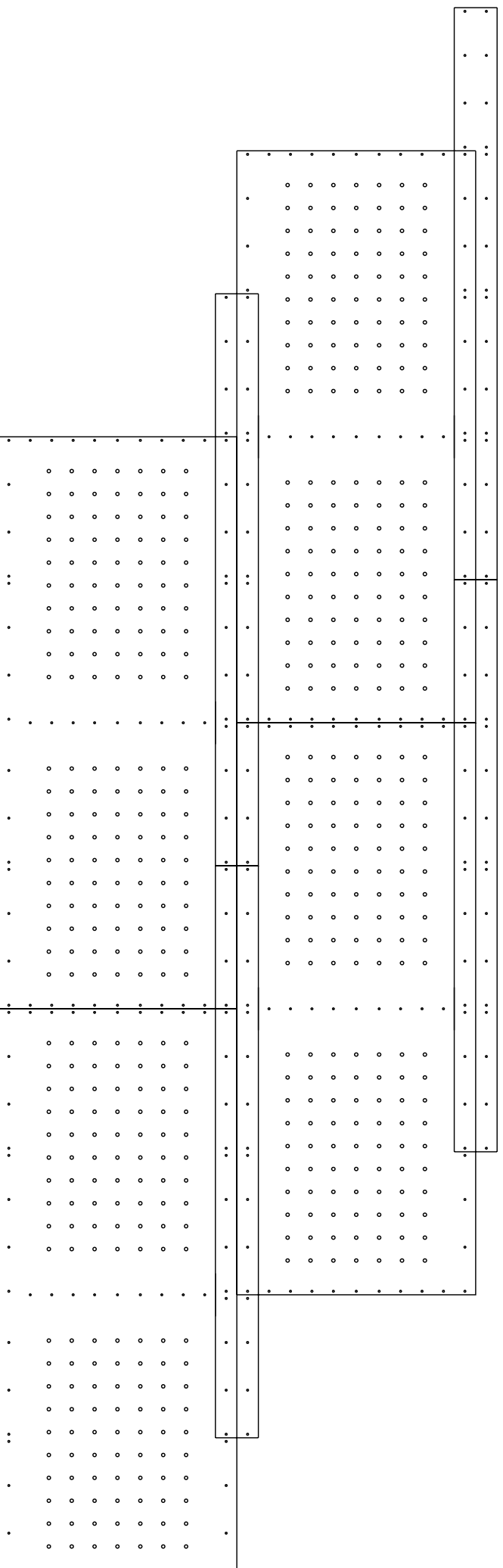
Montante
18 uds.



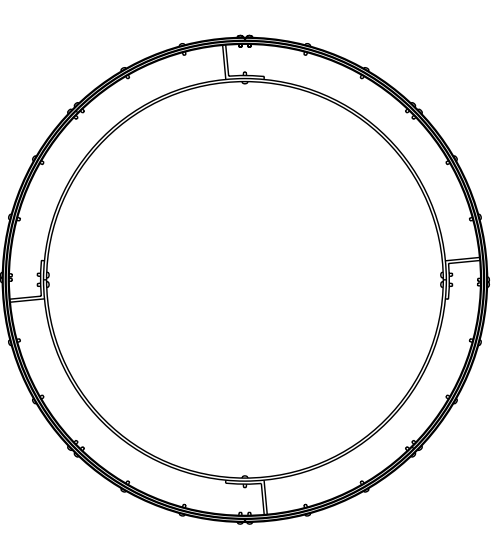
 Universidad Pública de Navarra Netarraoiko Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	INGENIERO INDUSTRIAL	
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA	REALIZADO: SUBIES ALDUNABENIN	FIRMA: 
PLANO: TRAMO CIEGO	FECHA: 06.2010	
	ESCALA: 1: 10	Nº PLANO: 02

Tramo captación exterior


DESPIECE DEL TRAMO CAPTACIÓN EXTERIOR



SECCION DEL TRAMO DE CAPTACIÓN

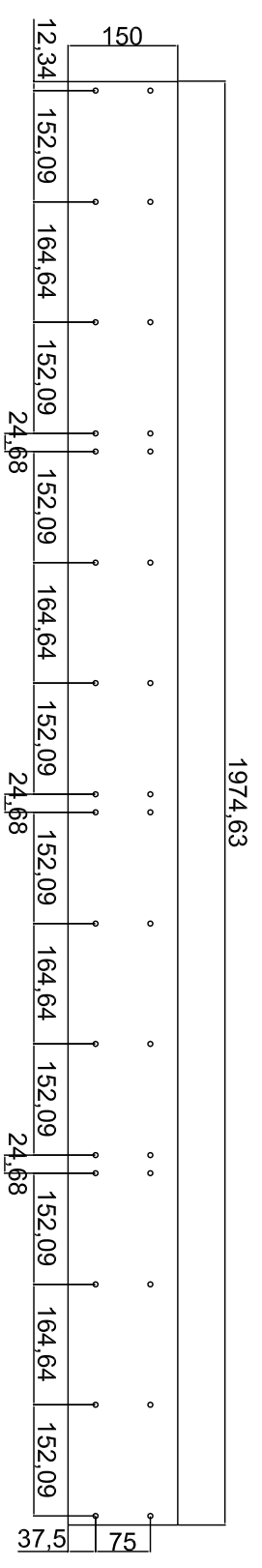


E 1:20 0. 100. 200. 1000.

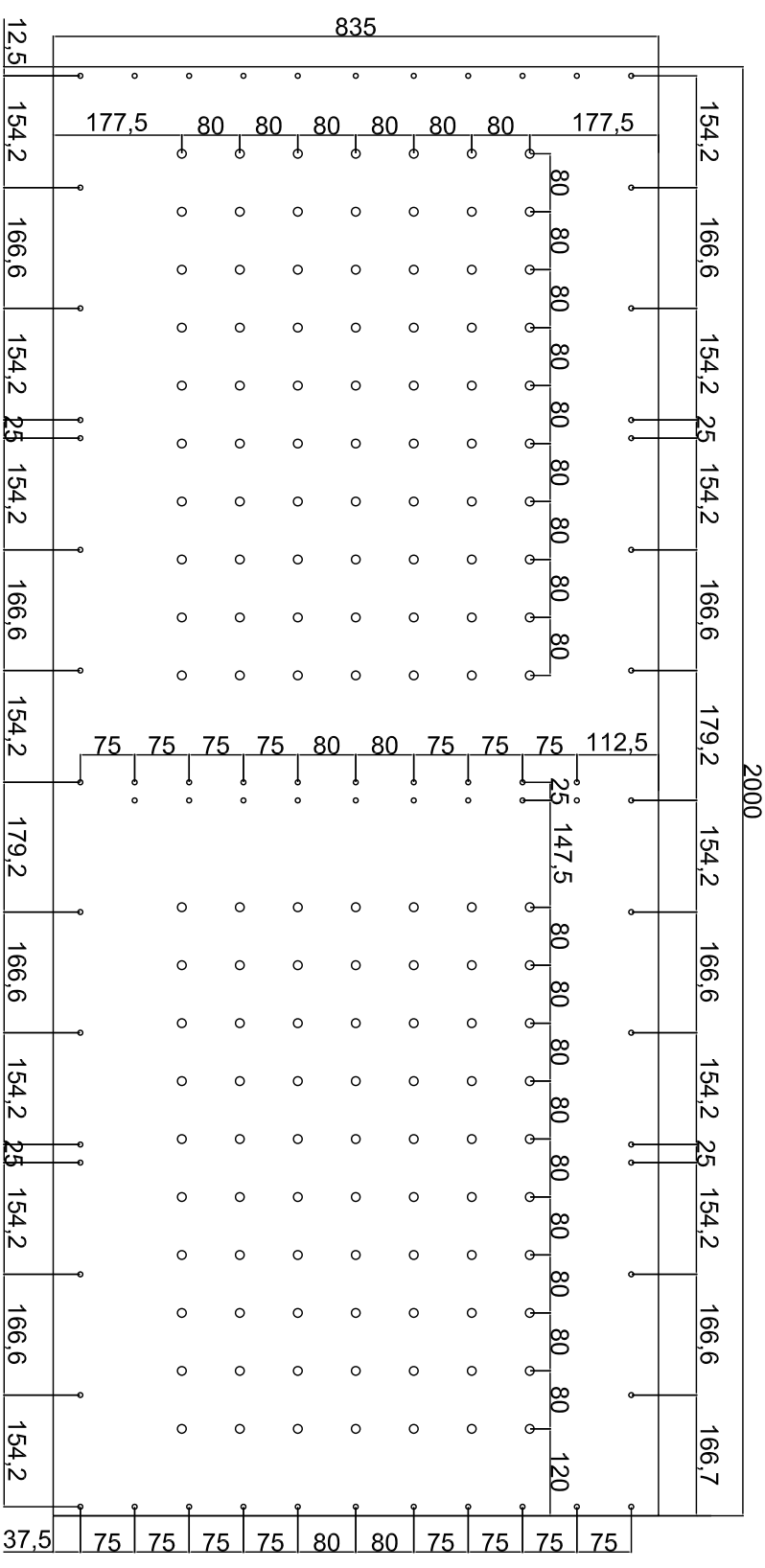
 Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
		REALIZADO: SUBIES ALDUNABEN
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA	FIRMA:	FECHA: 06.2010
PLANO: TRAMO CAPTACIÓN EXTERIOR	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 03

Tramo captación exterior

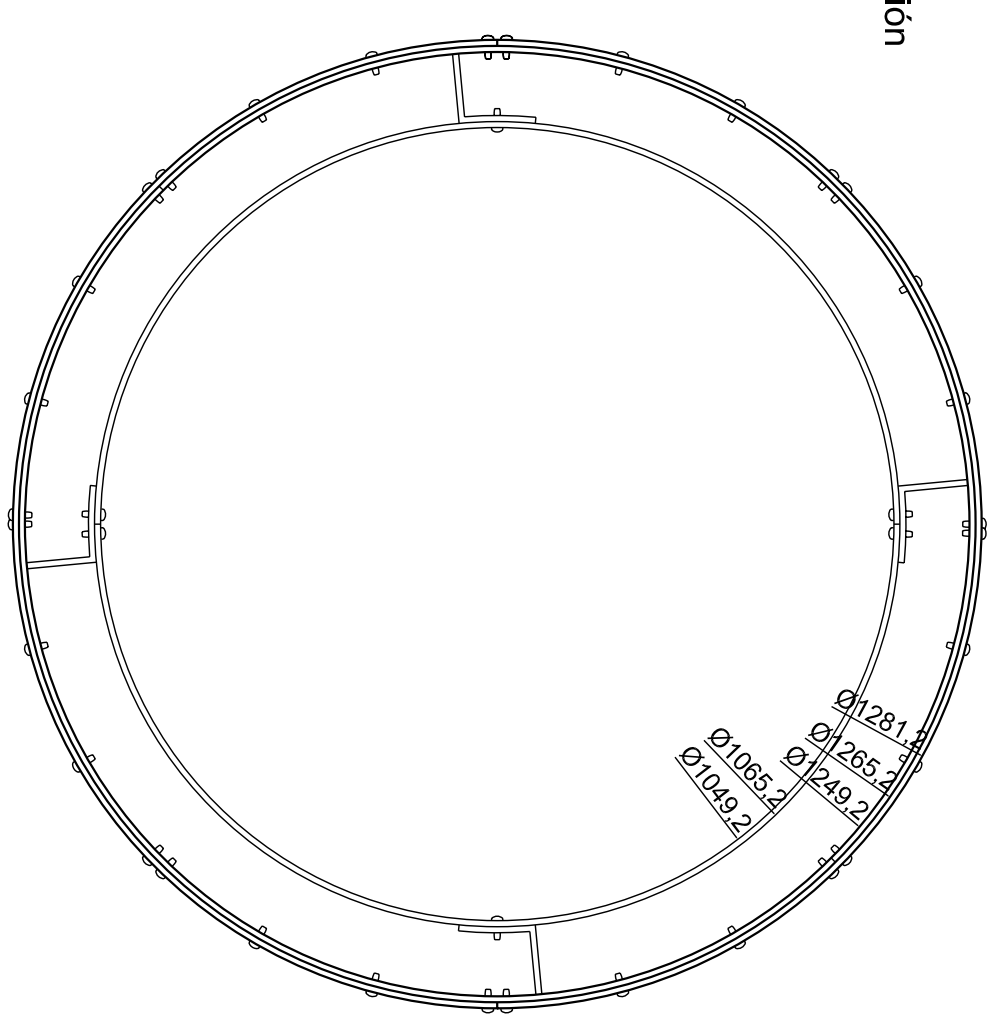
Virola interna
4 uds.




Paño
4 uds.



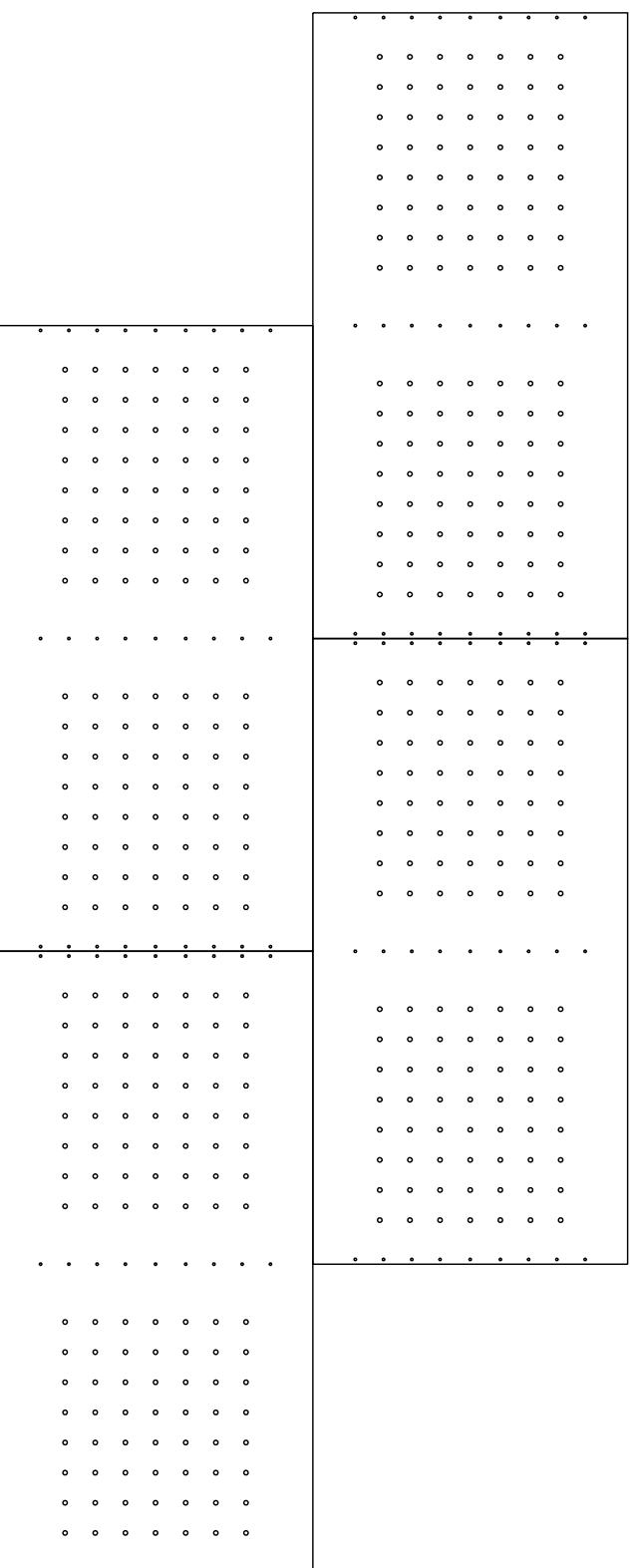
Sección



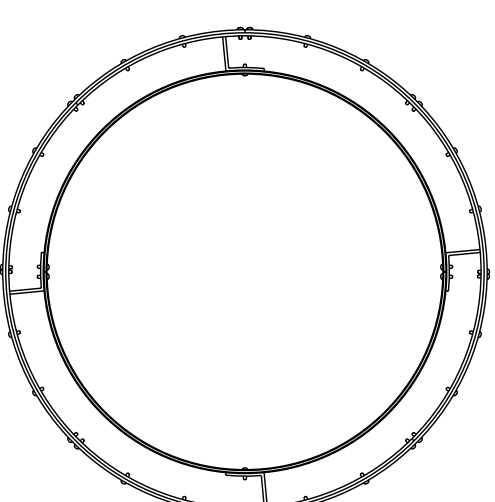
 Universidad Pública de Navarra Netarraoiko Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	INGENIERO INDUSTRIAL	REALIZADO: SUBIES ALDUNABENINIS
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA		FIRMA:
PLANO: TRAMO DE CAPTACION EXTERIOR	FECHA: 06.2010	ESCALA: 1:10
		Nº PLANO: 04

Tramo captación interior


DESPIECE DEL TRAMO CAPTACIÓN INTERIOR



SECCIÓN DEL TRAMO DE CAPTACIÓN

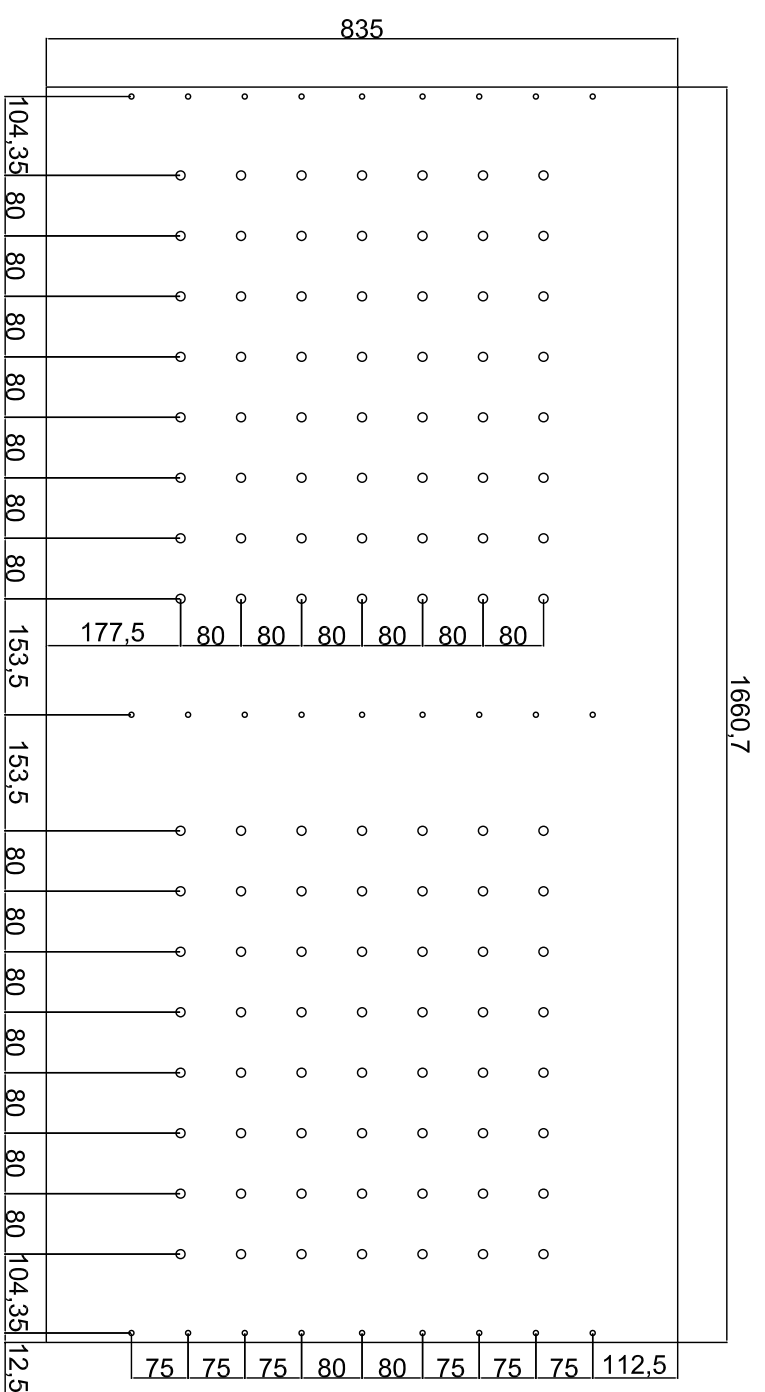


E 1: 20 0. 100. 200. 1000.

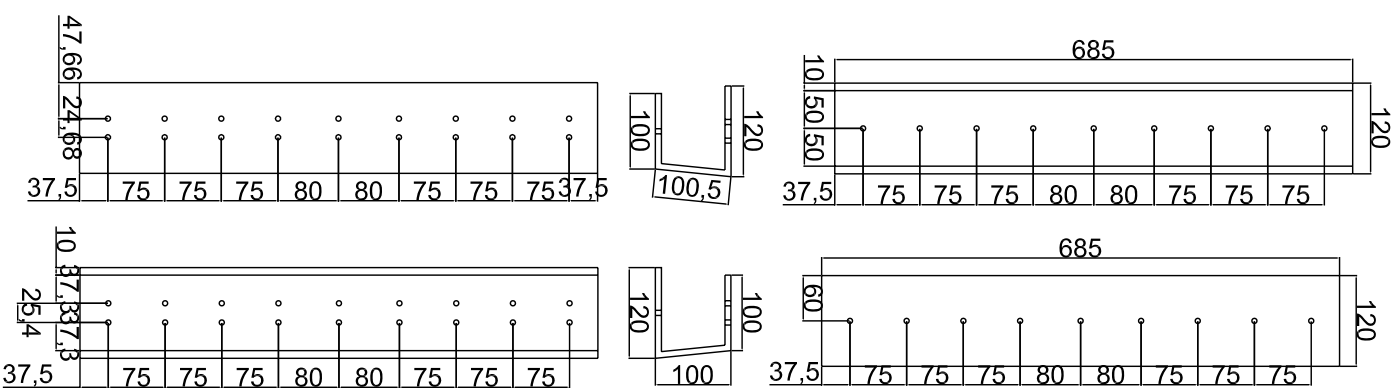
 Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	INGENIERO INDUSTRIAL	REALIZADO: SUBIES ALDUNABEN
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA	FIRMA:	FECHA: 06.2010
PLANO:	TRAMO DE CAPTACIÓN INTERIOR	ESCALA: 1: 20
		Nº PLANO: 05

Tramo captación interior

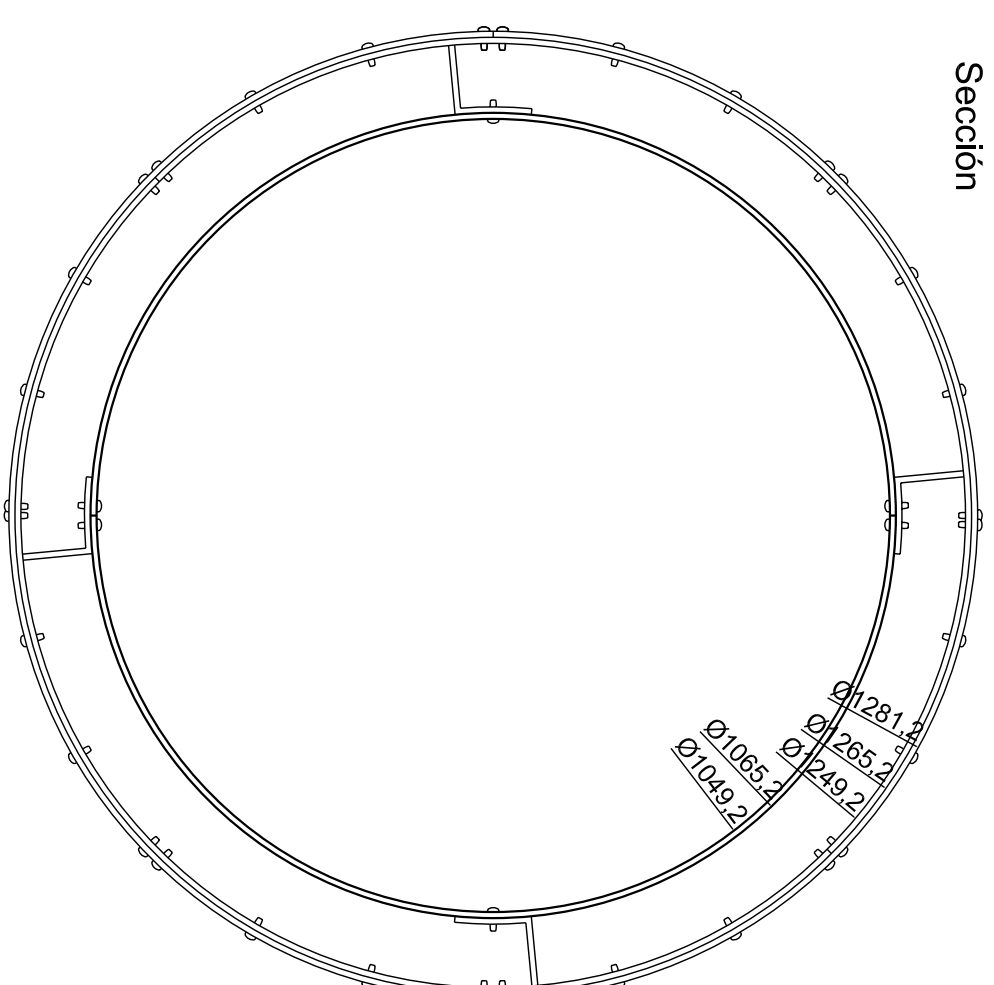
Paño
4 uds.




Perfiles
4 uds.



Sección

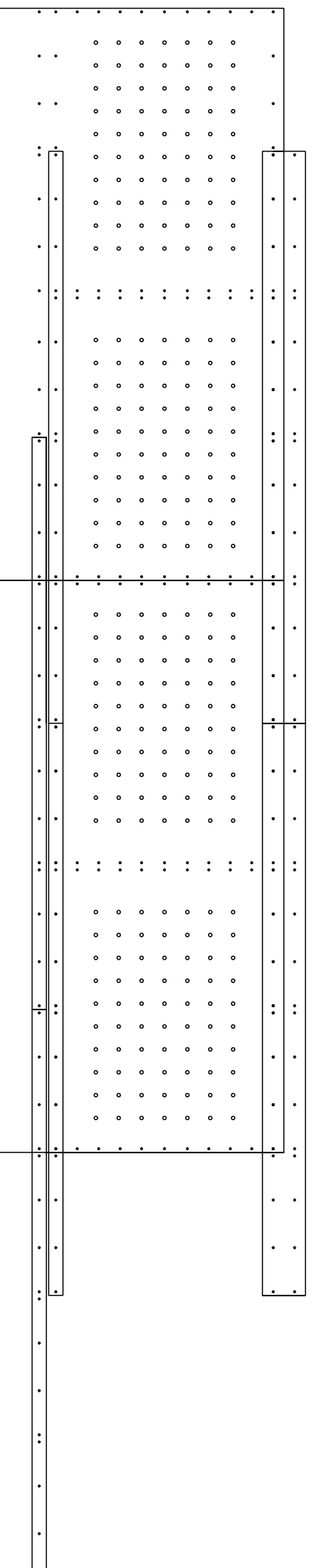


E 1: 10 0. 100. 200. 1000.

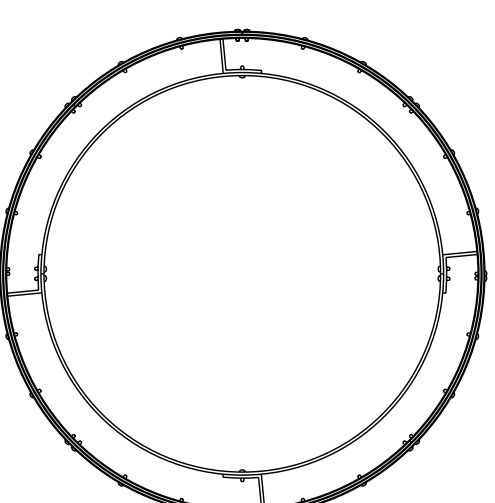
 Universidad Pública de Navarra Netarraoiko Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES
	INGENIERO INDUSTRIAL	REALIZADO: SUBIES ALDUNABEN
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA	FIRMA:	FECHA: 06.2010
PLANO: TRAMO DE CAPTACIÓN INTERIOR	ESCALA: 1: 10	Nº PLANO: 06

Tramo cuña exterior


DESPIECE DEL TRAMO CUÑA EXTERIOR



SECCION DEL TRAMO DE CUÑA

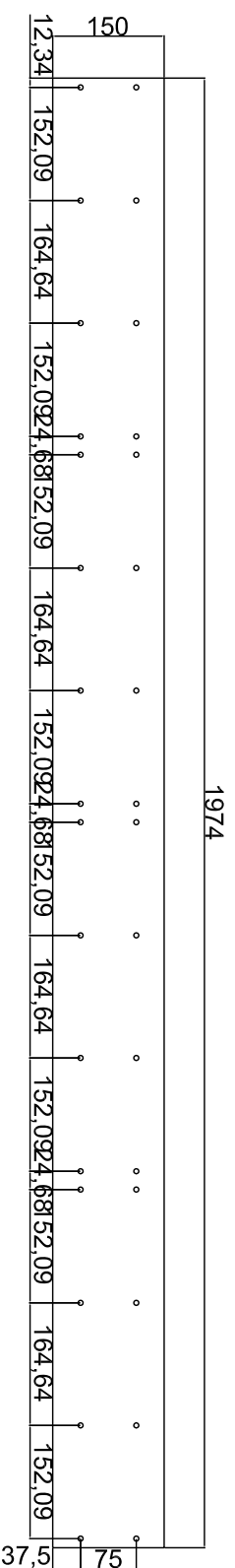


E 1: 20 0. 100. 200. 1000.

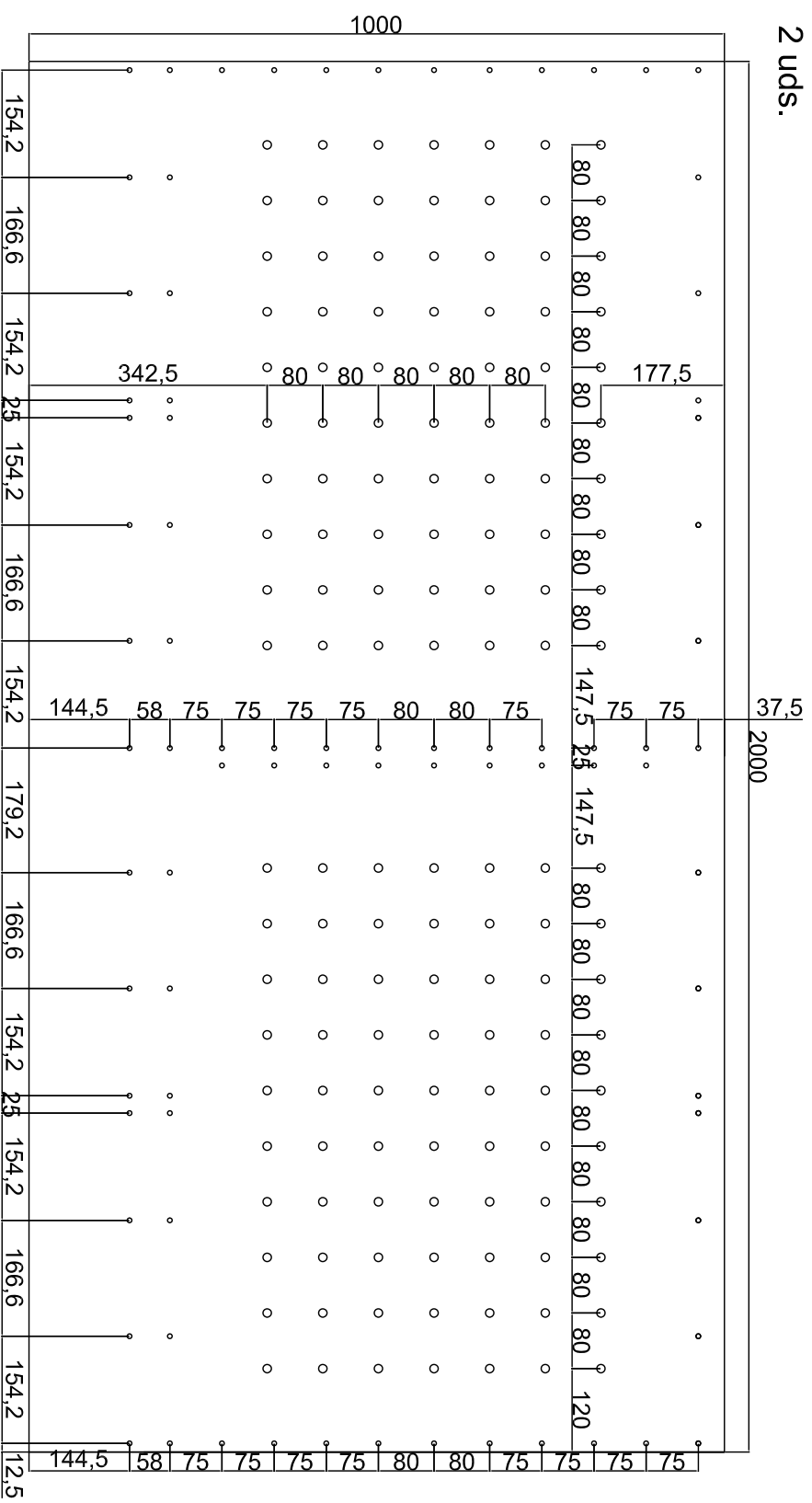
 Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES
		REALIZADO: SUBIES ALDUNABENINS
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA	FIRMA:	FECHA: 06.2010
PLANO: TRAMO CUÑA EXTERIOR	ESCALA: 1: 20	Nº PLANO: 07

Tramo cuña exterior

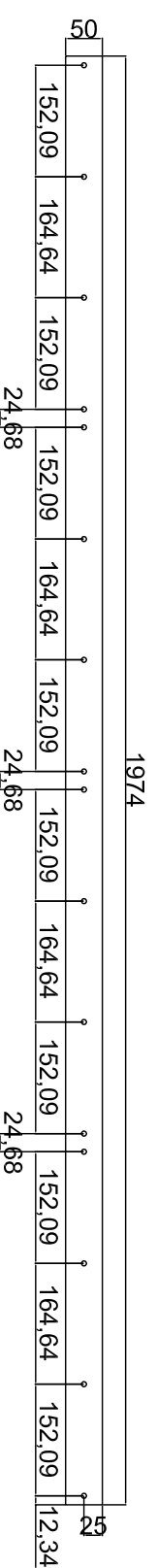
Virola interna
2 uds.



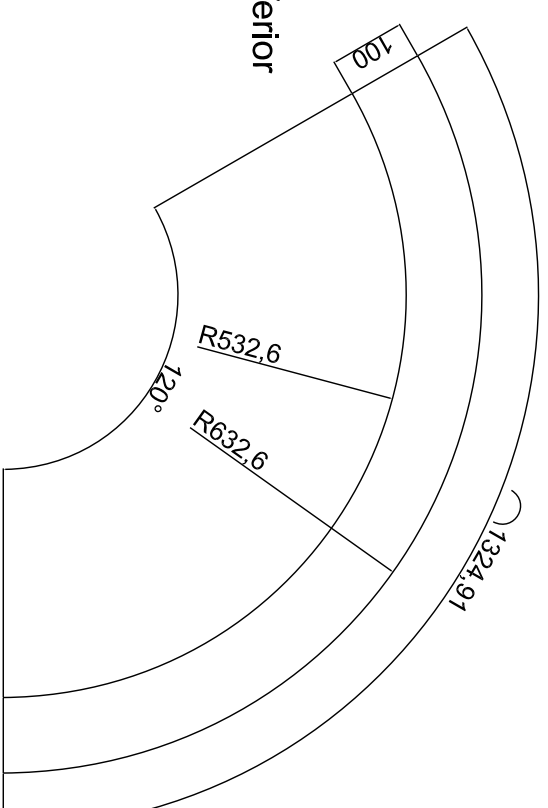
Paño
2 uds.



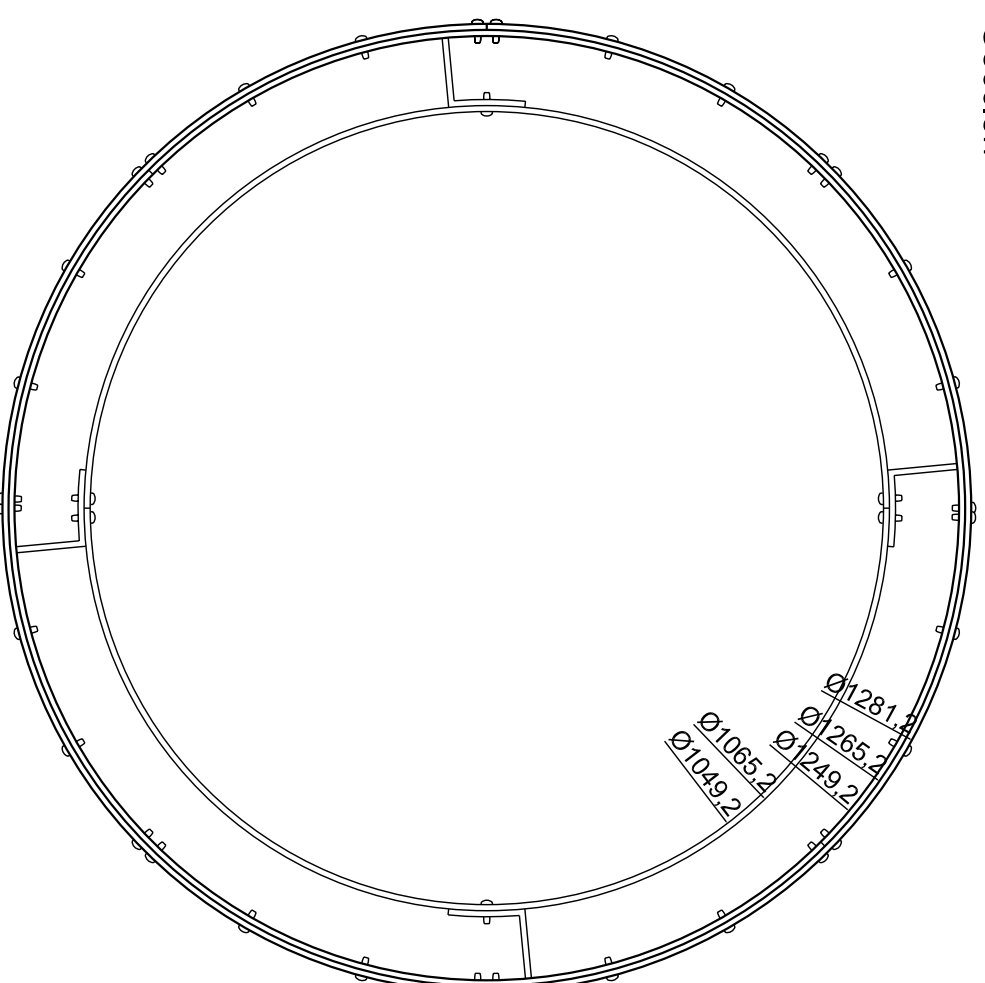
Virola interna
4 uds.




Remate inferior
3 uds.



Sección

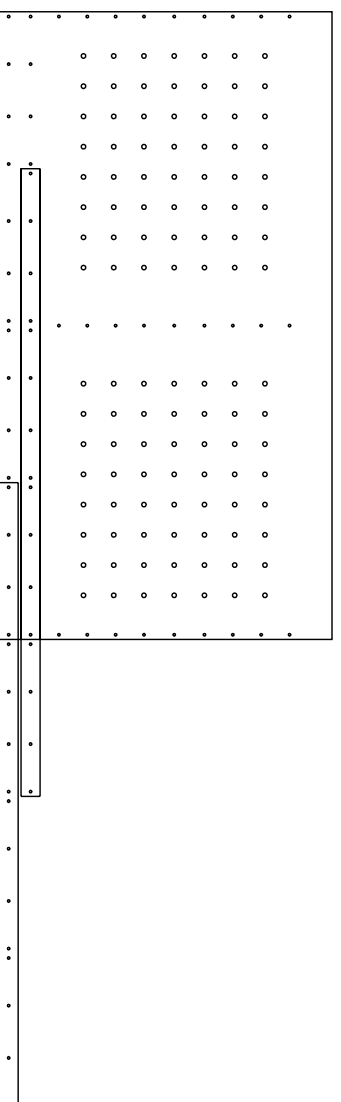


E 1:10 0. 100. 200. 1000.

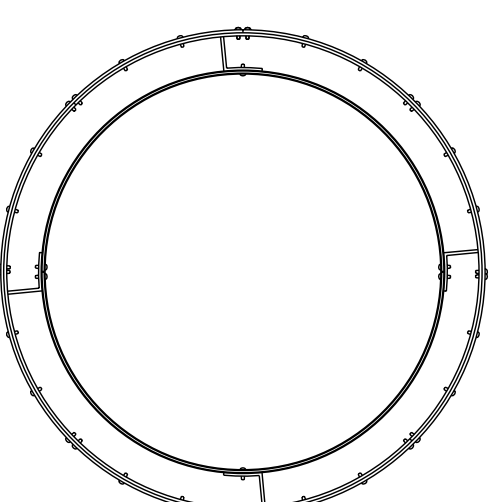
 Universidad Pública de Navarra Netarraoiko Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA	REALIZADO:	SUBIES ALDUNABALINIS
PLANO:	TRAMO DE CUÑA EXTERIOR	FECHA:
		06.2010
		ESCALA:
		1:10
		Nº PLANO:
		08

Tramo cuña interior


DESPIECE DEL TRAMO CUÑA INTERIOR



SECCIÓN DEL TRAMO DE CUÑA

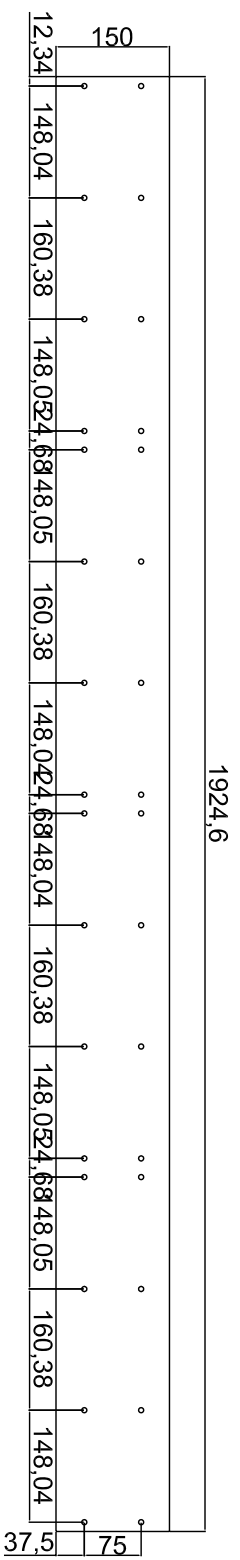


E 1: 20 0. 100. 200. 1000.

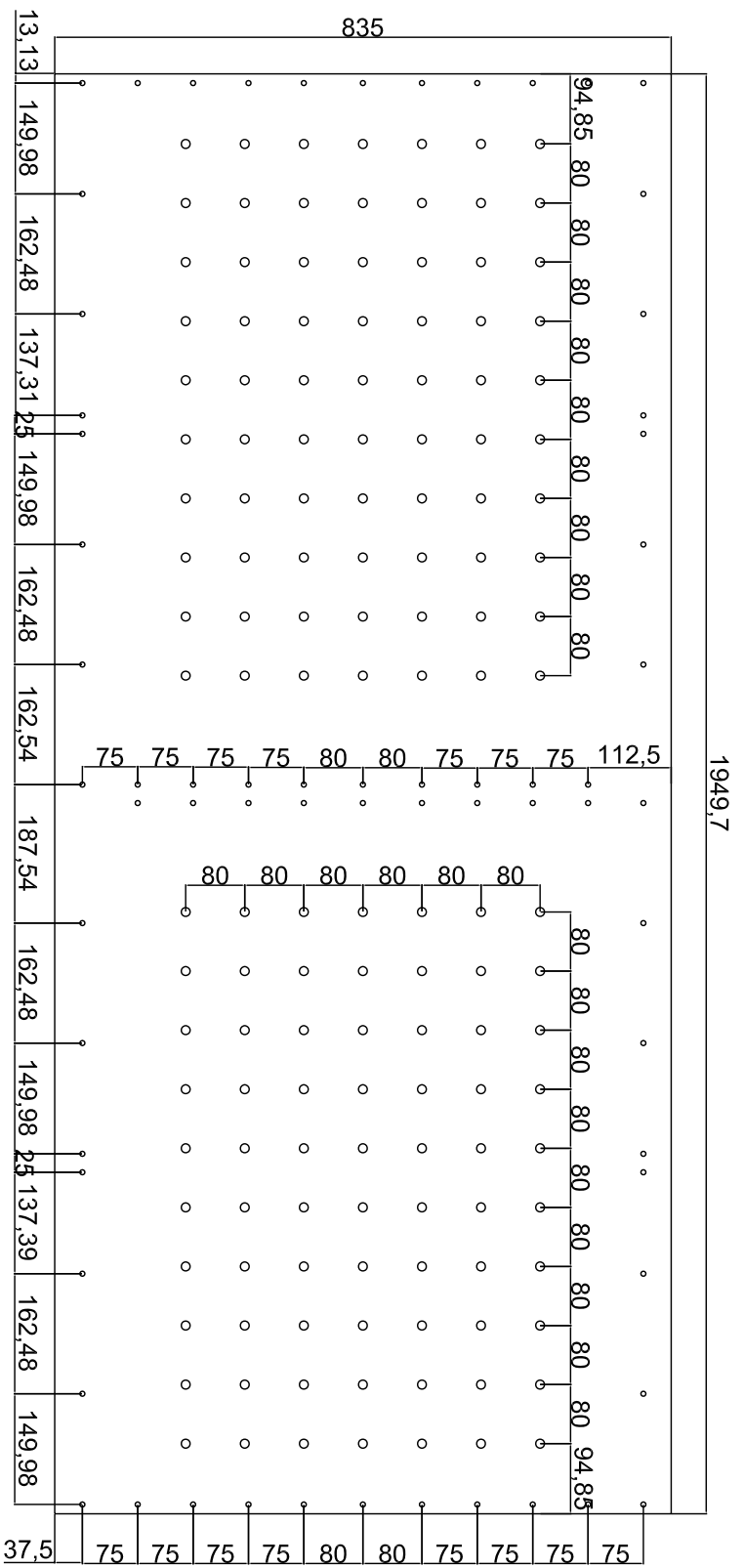
 Universidad Pública de Navarra Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES
	PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA	REALIZADO: SUBIES ALDUNABENINS
PLANO: TRAMO DE CUÑA INTERIOR	FECHA: 06.2010	ESCALA: 1: 20
	N° PLANO: 09	

Tramo captación telescópica exterior

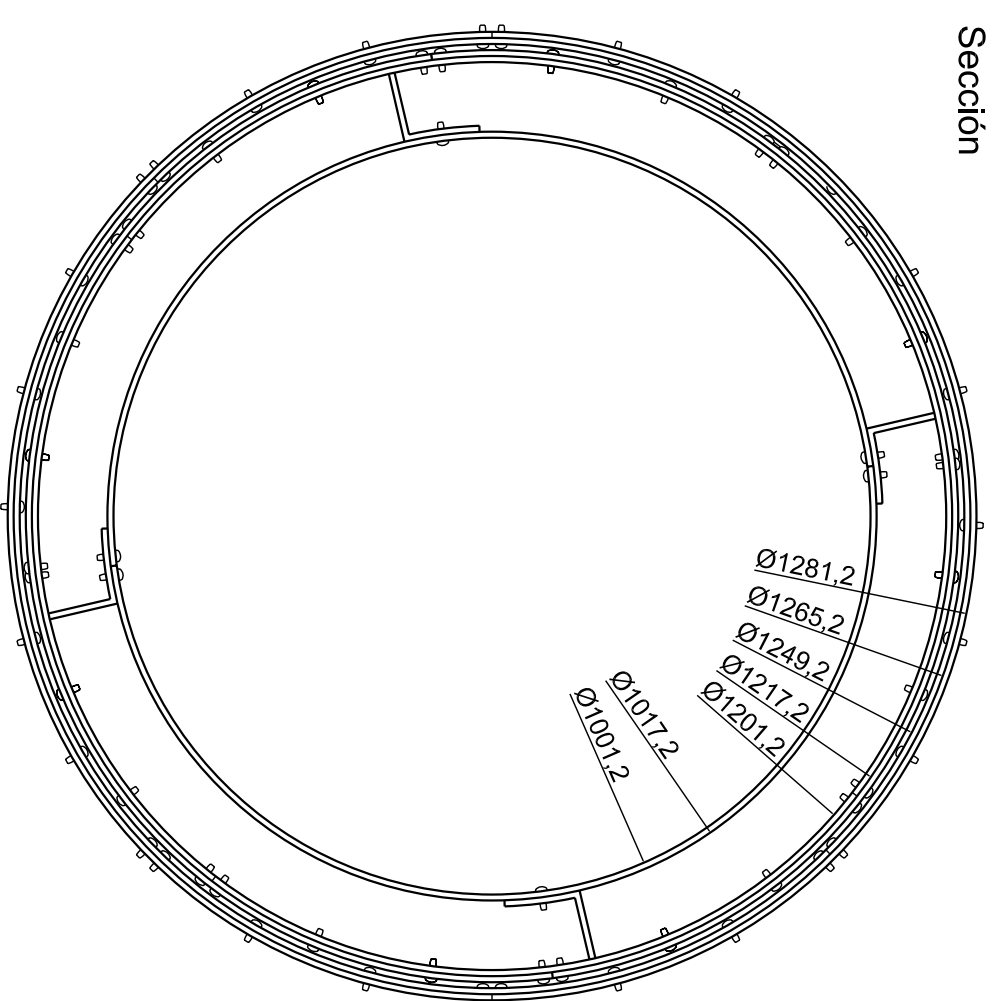
Virola interna
4 uds.




Paño
4 uds.



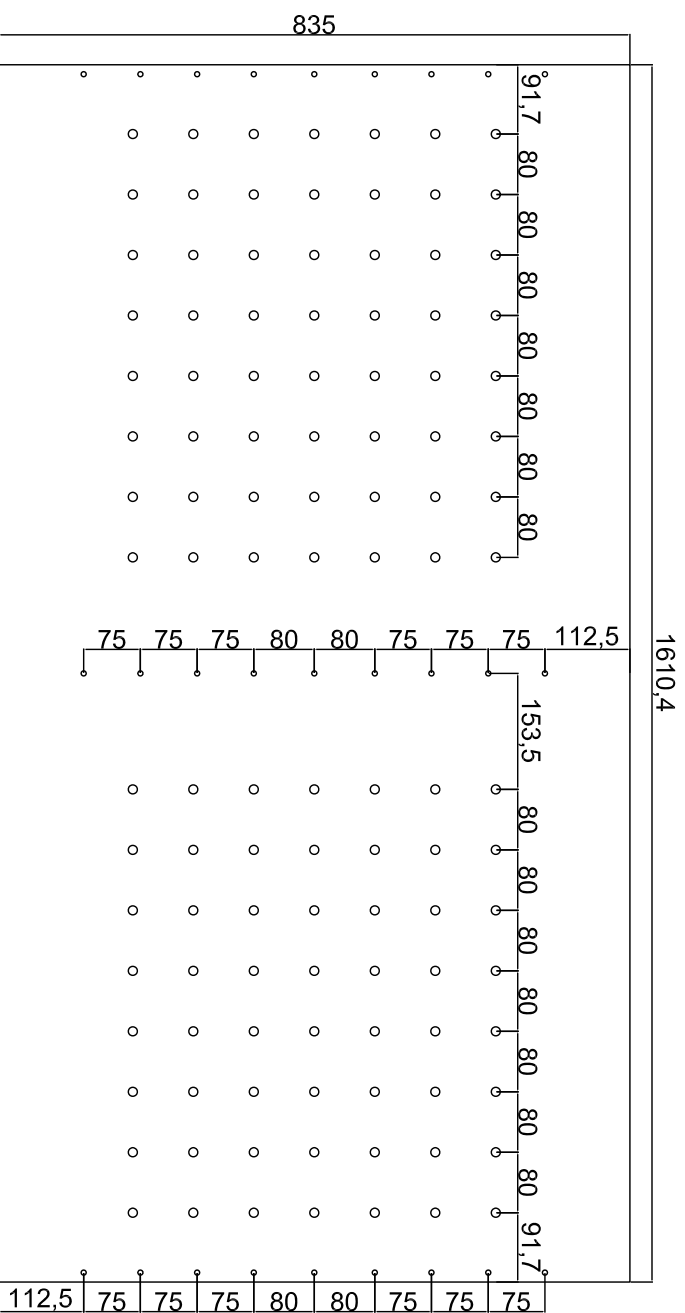
Sección



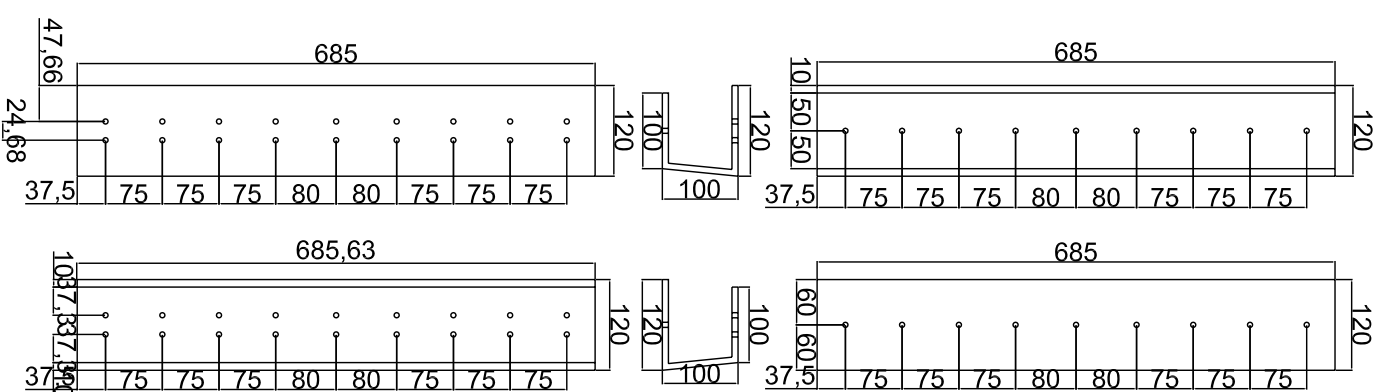
 Universidad Pública de Navarra Netarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES REALIZADO: SUBIES ALDUNABEN FIRMA:
	INGENIERO INDUSTRIAL	
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA		DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES REALIZADO: SUBIES ALDUNABEN FIRMA:
PLANO: TRAMO DE TELESCOPICA SUPERIOR EXTERIOR	FECHA: 06.2010	ESCALA: 1:10 Nº PLANO: 11

Tramo captación telescópica interior

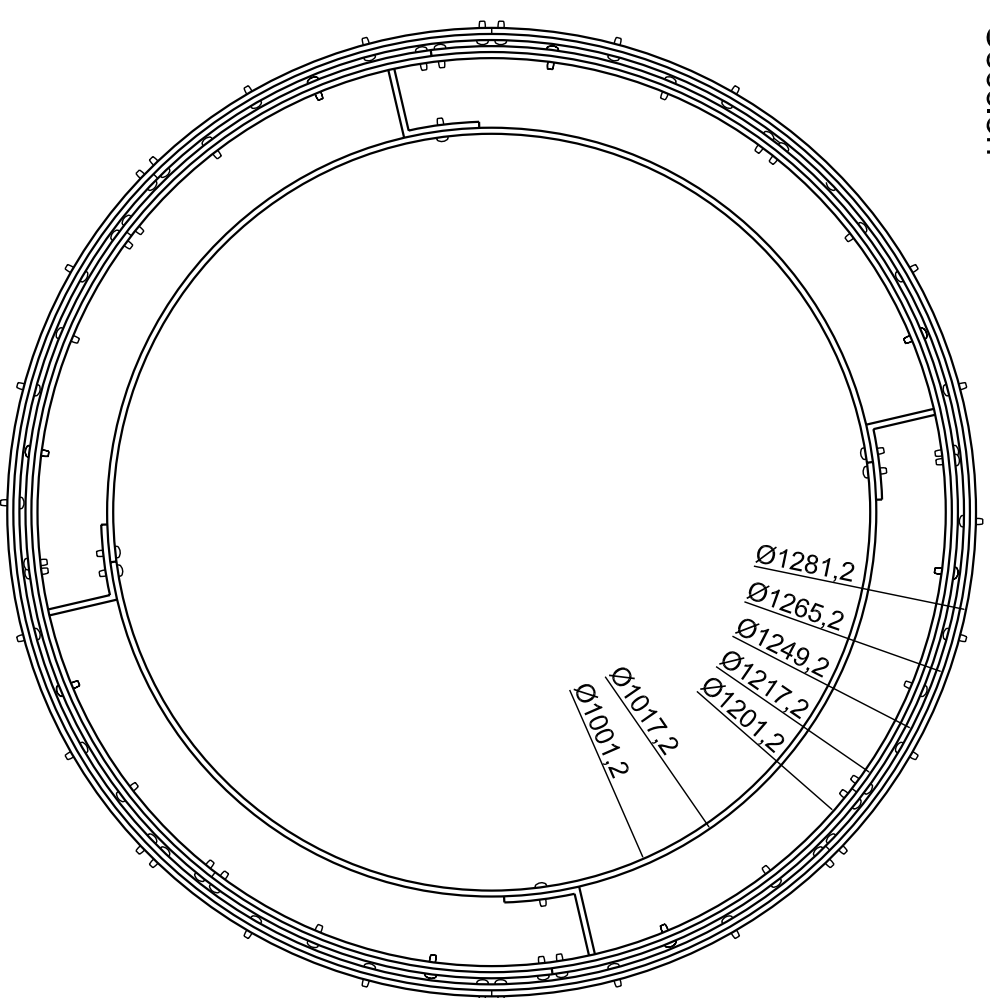
Paño
4 uds.




Perfiles
4 uds.



Sección



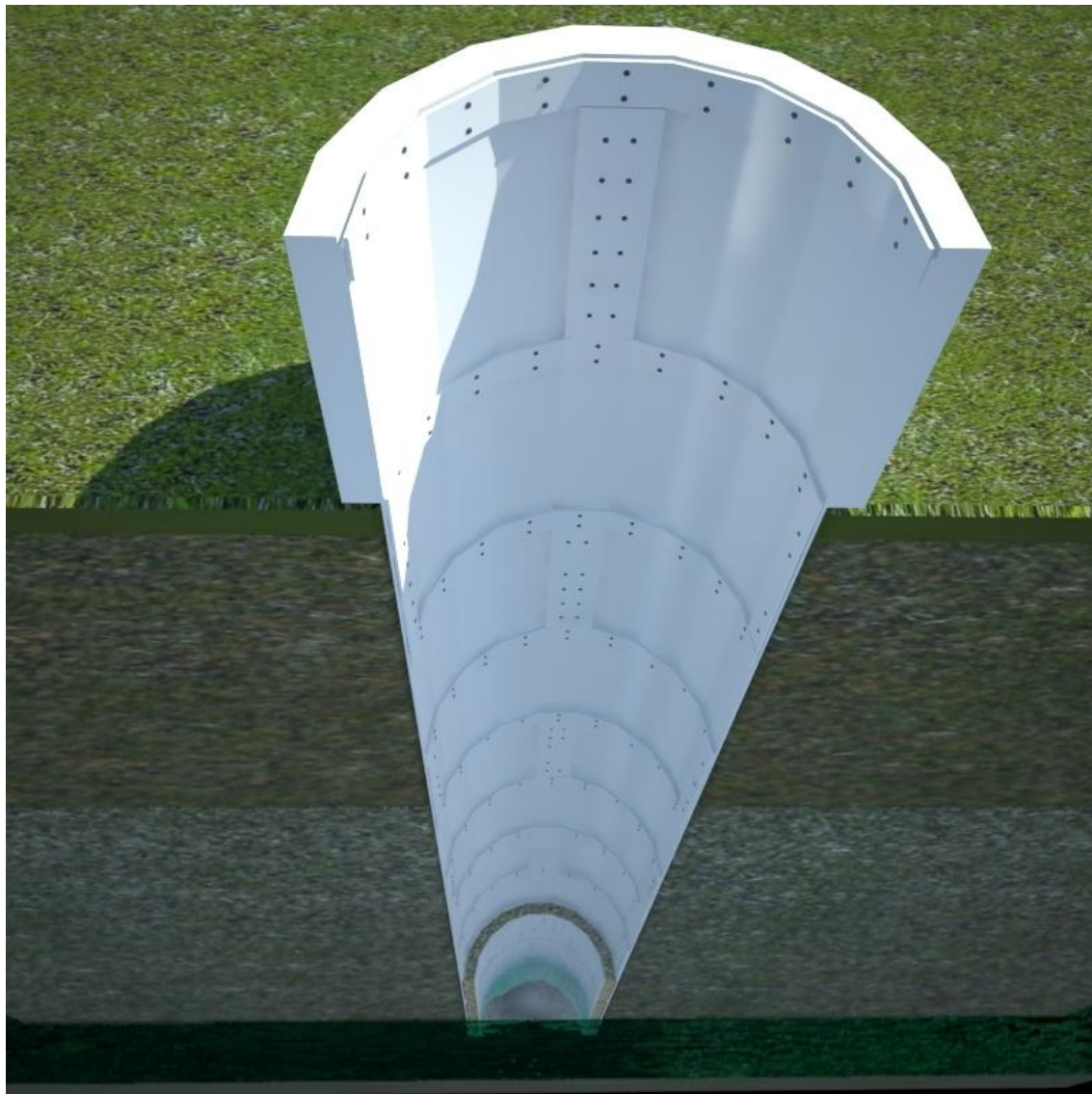
E 1: 10 0. 100. 200. 1000.

 Universidad Pública de Navarra Netarraoiko Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES
	INGENIERO INDUSTRIAL	REALIZADO: SUBIES ALDUNABEN DINIS
PROYECTO: DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS DE AGUA POTABLE PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA		FIRMA:
PLANO: TRAMO DE TELESCÓPICA SUPERIOR INTERIOR	FECHA: 06.2010	ESCALA: 1: 10
		Nº PLANO: 12

ANEXO 2: SIMULACIÓN 3D DEL DISEÑO FINAL



Cenital



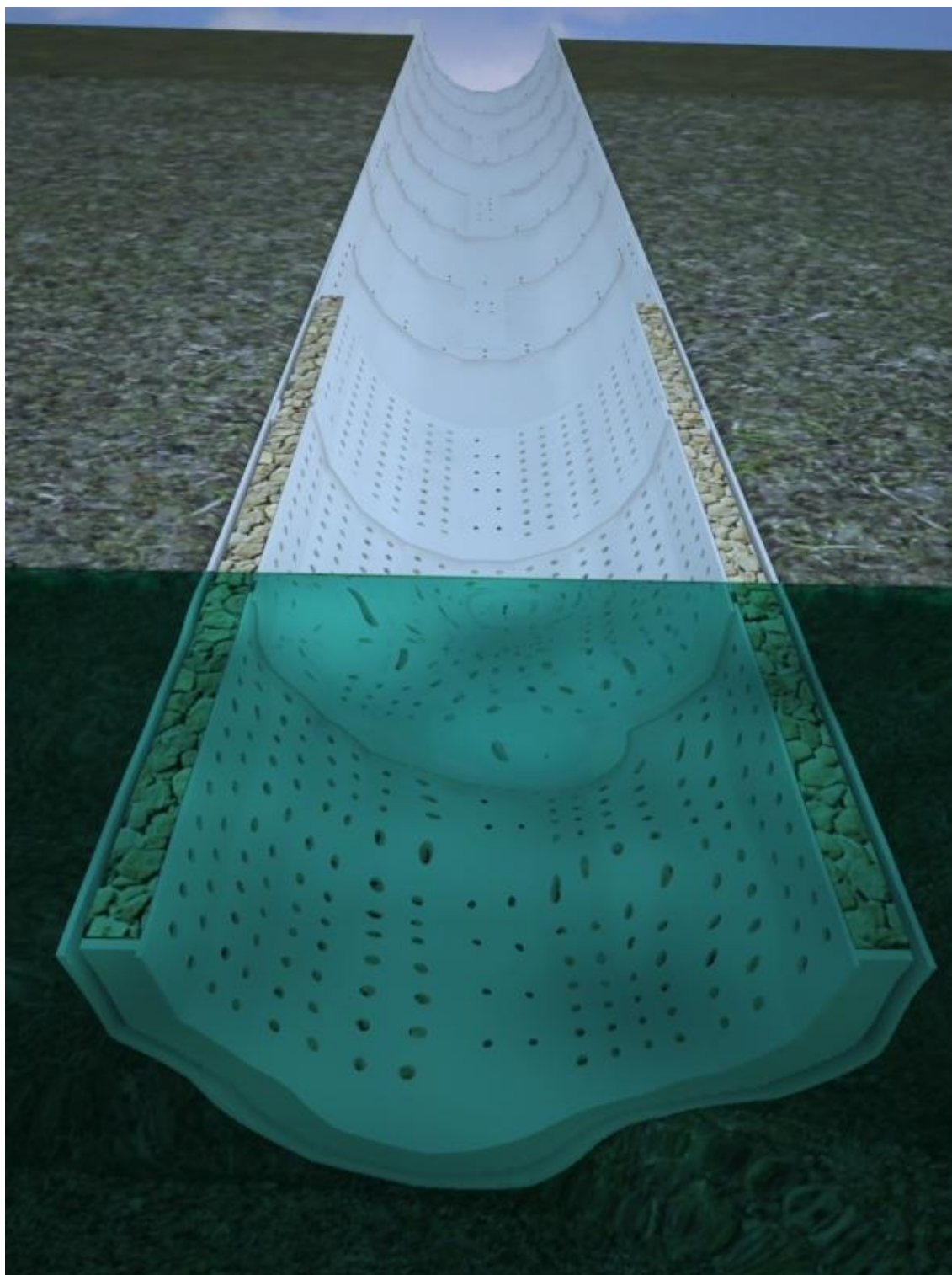
Desde arriba



Detalle de tramo ciego y de captación



Detalle de tramo de captación y cuña



Desde abajo

ANEXO 3: OPTIMIZACIÓN DE UN KIT DE ENTIBADO DE POZOS CON CORTE5

Materiales

Materiales													
Formato								Resultados					
ID	Largo	Ancho	Cantidad	Código	Descripción	Activo	Costo/uA	Real	Costo total	Area total	%Aprov	%Sobra	%Reuti
1	2000	1000	2			✓	\$0.0000	0	\$0.0000	0 m2	0.00	0.00	0.00
2	3000	2000	10			✓	\$0.0000	0	\$0.0000	0 m2	0.00	0.00	0.00

Piezas

Piezas												
Formato							Resultados					
ID	Largo	Ancho	Cantidad	Código	Descripción	Activo	Real	Costo total	Area total	%Aprov		
1	1974	150	18		Ciego Virola	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
2	2000	835	18		Ciego Paño	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
3	150	685	18		Ciego Montante	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
4	1974	150	4		Captación Externa Virola Interna	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
5	2000	835	4		Captación Externa Paño	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
6	1660.7	835	4		Captación Interna Paño	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
7	1974	150	2		Cuña Externa Virola Interna	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
8	2000	1000	2		Cuña Externa Paño	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
9	1974	50	4		Cuña Externa Virola Interna 2	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
10	1660.7	880.5	2		Cuña Interna Paño	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
11	1685.8	50	4		Cuña Interna Virola Externa	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
12	320.5	685	3		Perfil 1	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		
13	320.5	685	3		Perfil 2	✓	0	\$0.0000	0 m2	0.00		

Optimizando

Cálculo completado

Estado del cálculo:

Fase	Area	Aprov	Variantes	Proceso
hecho		94.09%	65	

Consumo de material:

Material	Optimo	Real
2000 X 1000	2	2
3000 X 2000	9.9667	10

Tiempo transcurrido: 00:00:00 (hh:mm:ss)

Quando finalice:

Guardar el lanzamiento

Apagar el equipo

Cerrar

01 Optimización 1x2 y 2x3. Optimización completada.

El aprovechamiento de material es 94.09 %, con 2 planchas de 1m x 2m y 10 de 2m x 3m.

Solución

Solución																					
Material			Totales/Patrón						Piezas/Patrón												
ID Patrón	ID Material	Referencia	%Aprov	%Sobra	%Reuti	Area	Costo	Repetición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
1	1	2000 X 1000	100.00	0.00	0.00	4 m2	\$90.0000	2								1					
2	2	3000 X 2000	95.15	4.85	1.34	6 m2	\$135.0000	1	8	2											
3	2	3000 X 2000	93.77	6.22	4.42	6 m2	\$135.0000	1			6		3								
4	2	3000 X 2000	93.37	6.63	4.92	18 m2	\$405.0000	3	2	3											
5	2	3000 X 2000	96.18	3.82	1.47	6 m2	\$135.0000	1	2	3										2	
6	2	3000 X 2000	94.07	5.93	3.03	6 m2	\$135.0000	1		1	4	2		2			2				
7	2	3000 X 2000	93.59	6.41	3.56	6 m2	\$135.0000	1	1	4	2		2						2		
8	2	3000 X 2000	93.16	6.84	3.92	6 m2	\$135.0000	1	2		2		1			2	2				
9	2	3000 X 2000	90.92	9.08	6.30	6 m2	\$135.0000	1		2	2			2						3	3
Totales						64 m2	\$1440.0000	12	18	18	18	4	4	4	2	2	4	2	4	3	3
Totales[%]			94.09	5.91	3.64				8.85	49.92	3.07	1.97	11.09	9.21	0.98	6.64	0.66	4.86	0.56	1.09	1.09

El aprovechamiento de material es 94.09 % con 2 planchas de 1m x 2m y 10 de 2m x 3m.

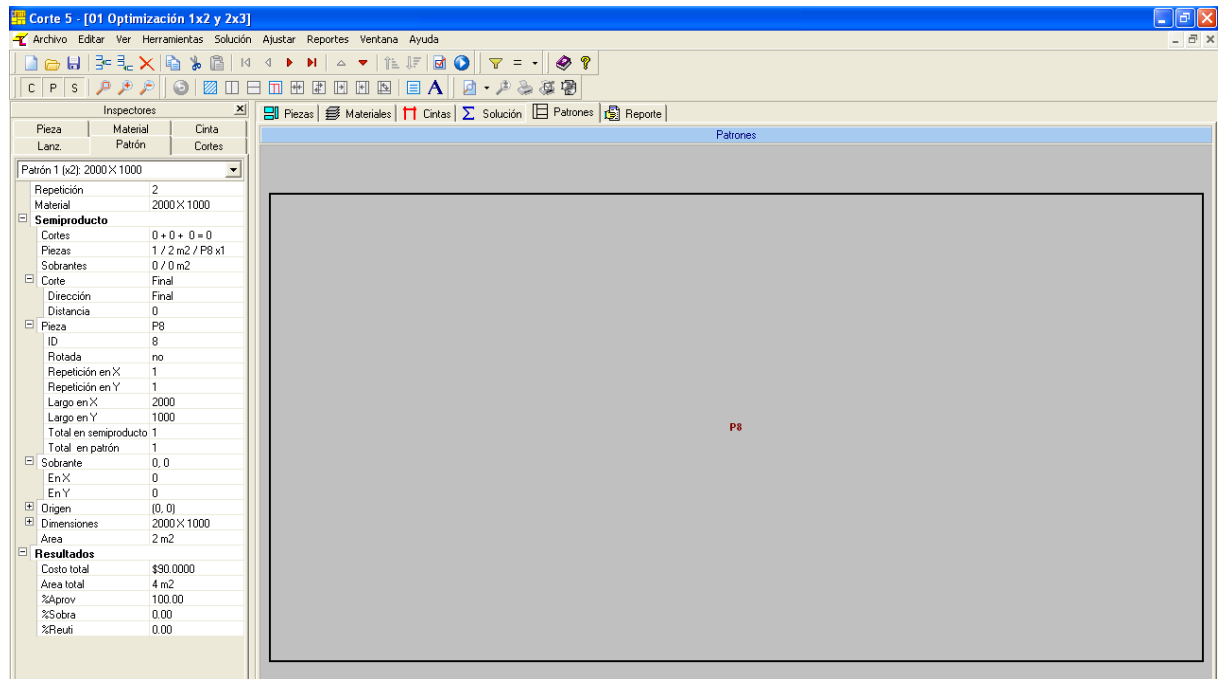
Un precio estimado de 1440 €

- 45 € la plancha de 1m x 2m
- 135 € la plancha de 2m x 3m

Tenemos 9 patrones de corte, uno con la de 1m x 2m y ocho con las de 2m x 3m

Patrones de corte

Patrón 1



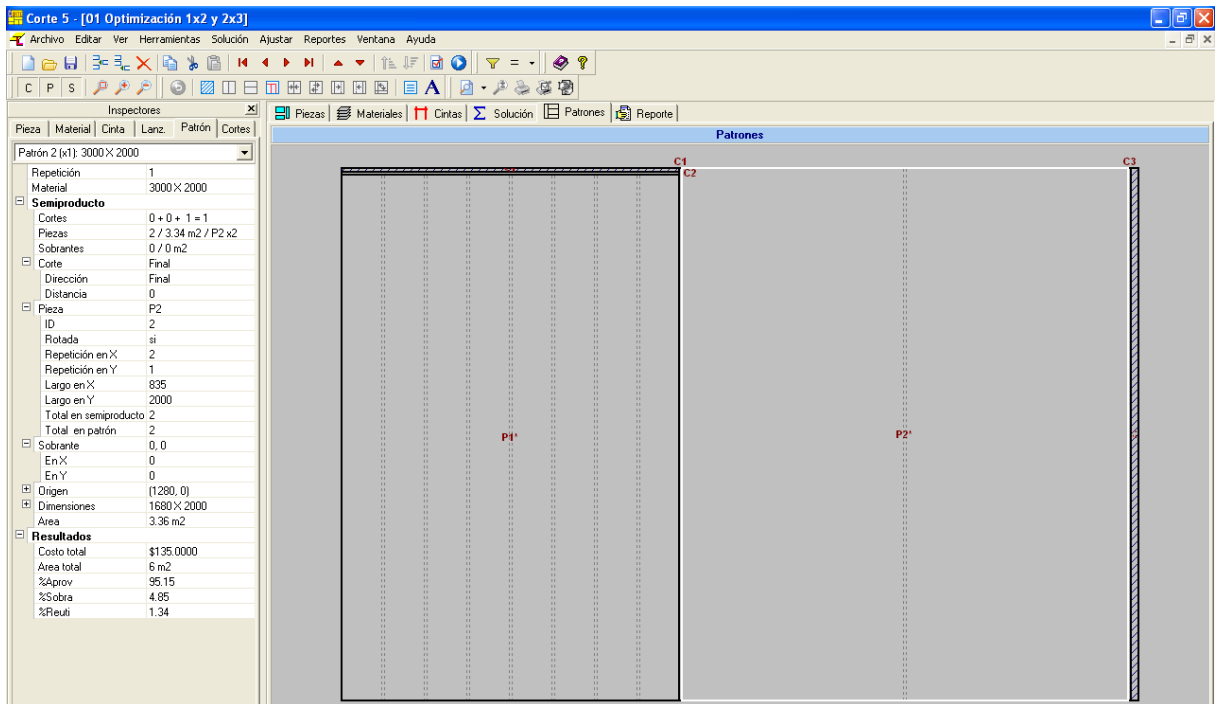
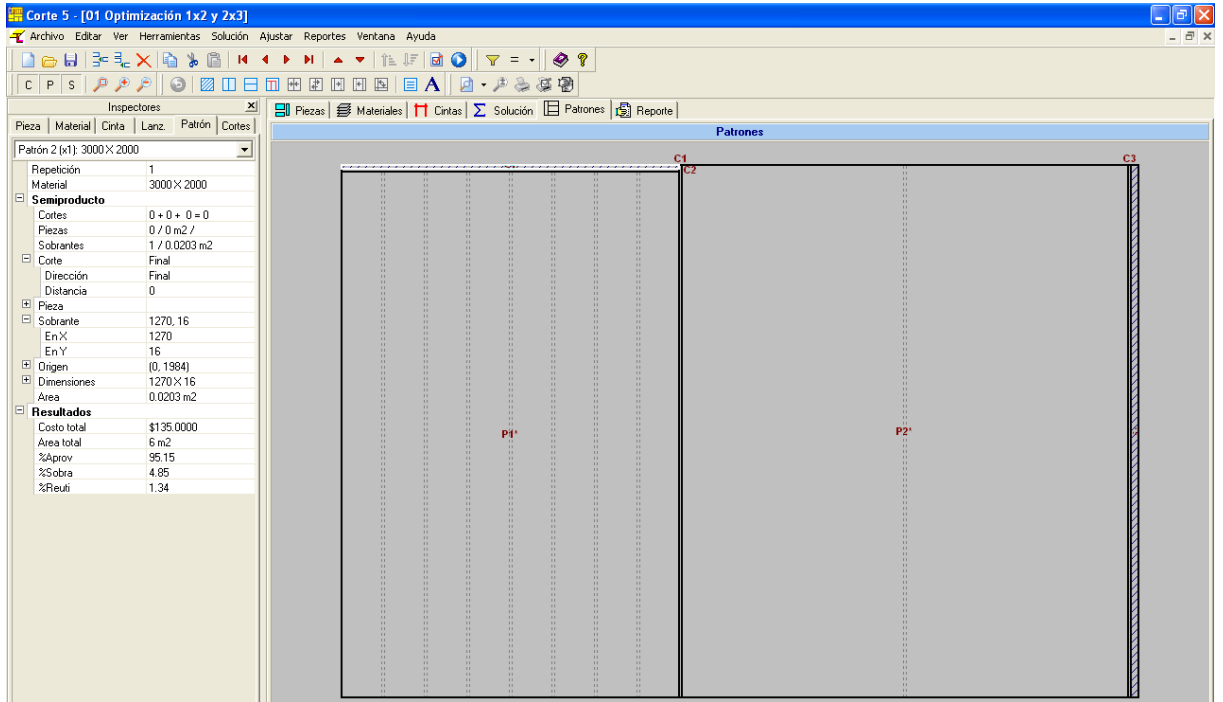
Patrón 2

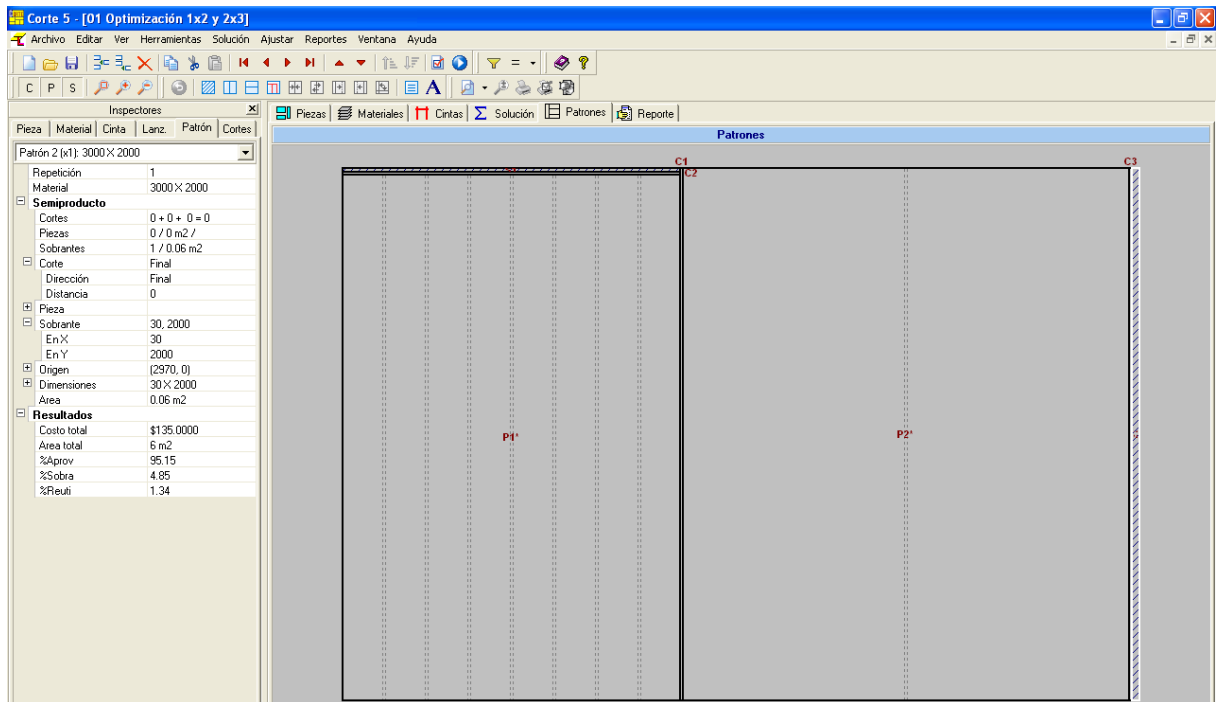
Patrón 2 (x1): 3000 X 2000

Repetición	1
Material	3000 X 2000
Semiproducto	
Cortes	3 + 0 + 8 = 11
Piezas	10 / 5,7088 m ² / P1 x8, P2 x2
Sobrantes	2 / 0,0803 m ²
Corte	
Corte	C1
Dirección	Vertical
Distancia	1270
Pieza	
ID	
Rotada	
Repetición en X	
Repetición en Y	
Largo en X	
Largo en Y	
Total en semiproducto	
Total en patrón	
Sobranante	
En X	
En Y	
Origen	(0, 0)
Dimensiones	
Dimensiones	3000 X 2000
Area	6 m ²
Resultados	
Costo total	\$135.0000
Area total	6 m ²
%Aprov	95,15
%Sobra	4,85
%Reuti	1,34

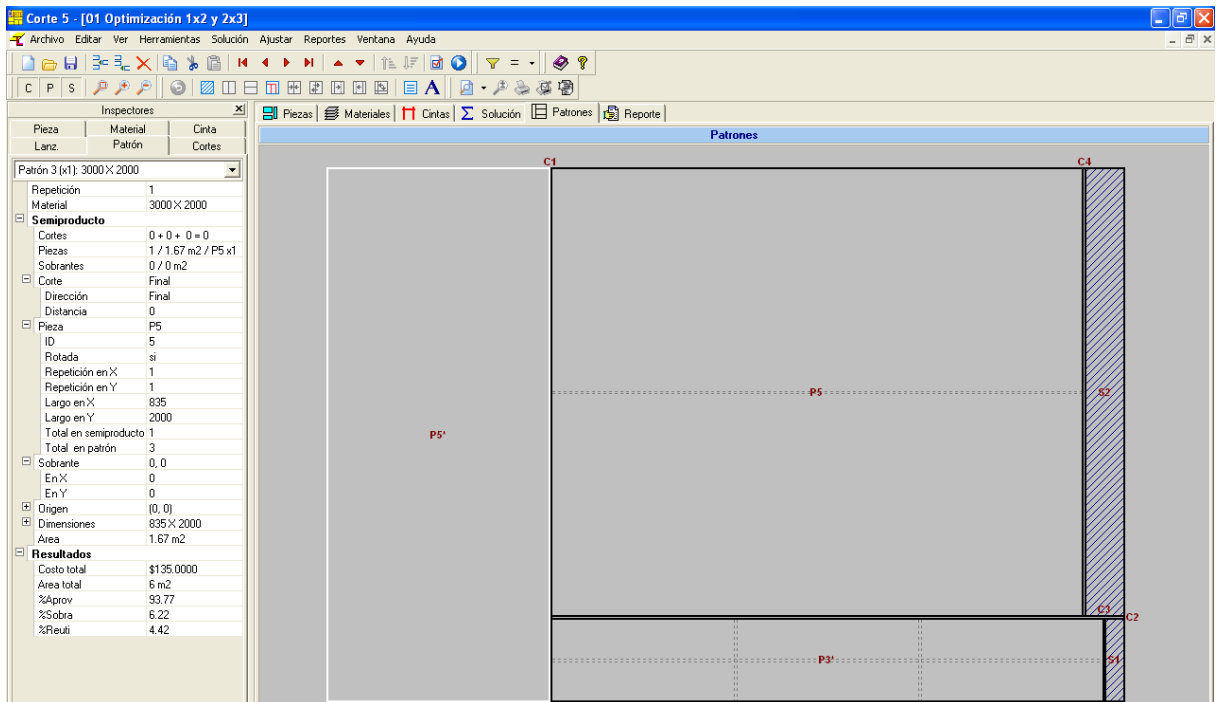
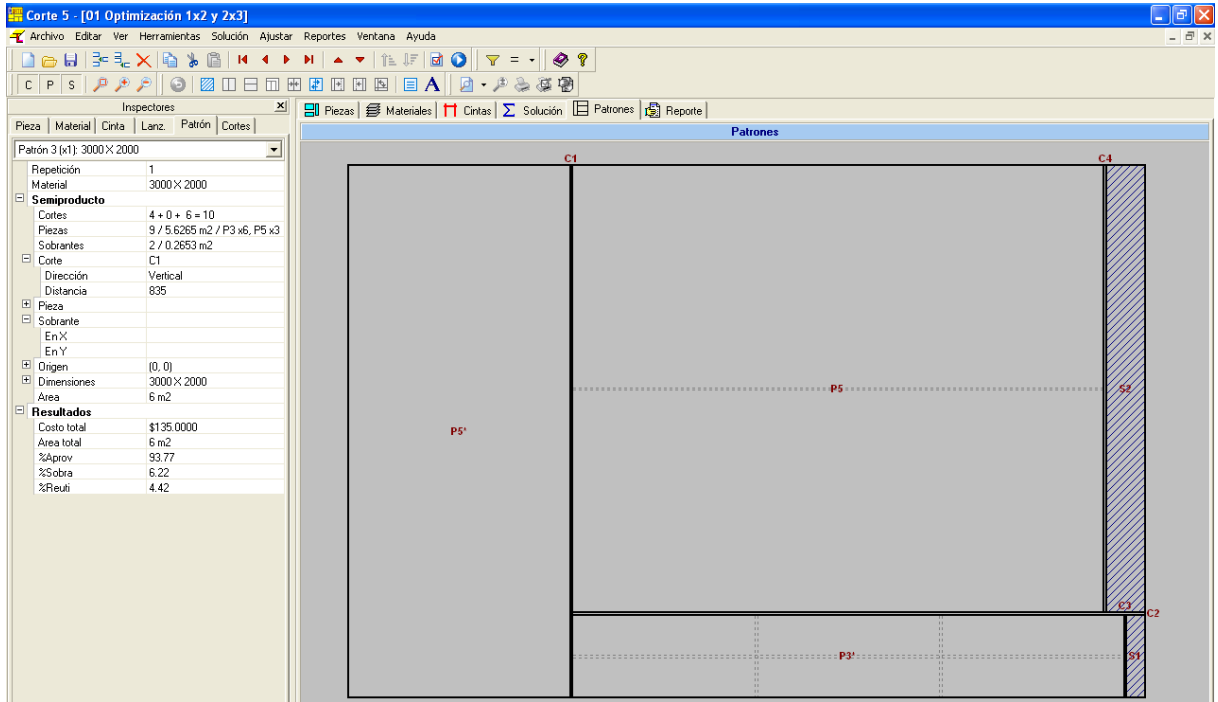
Patrón 2 (x1): 3000 X 2000

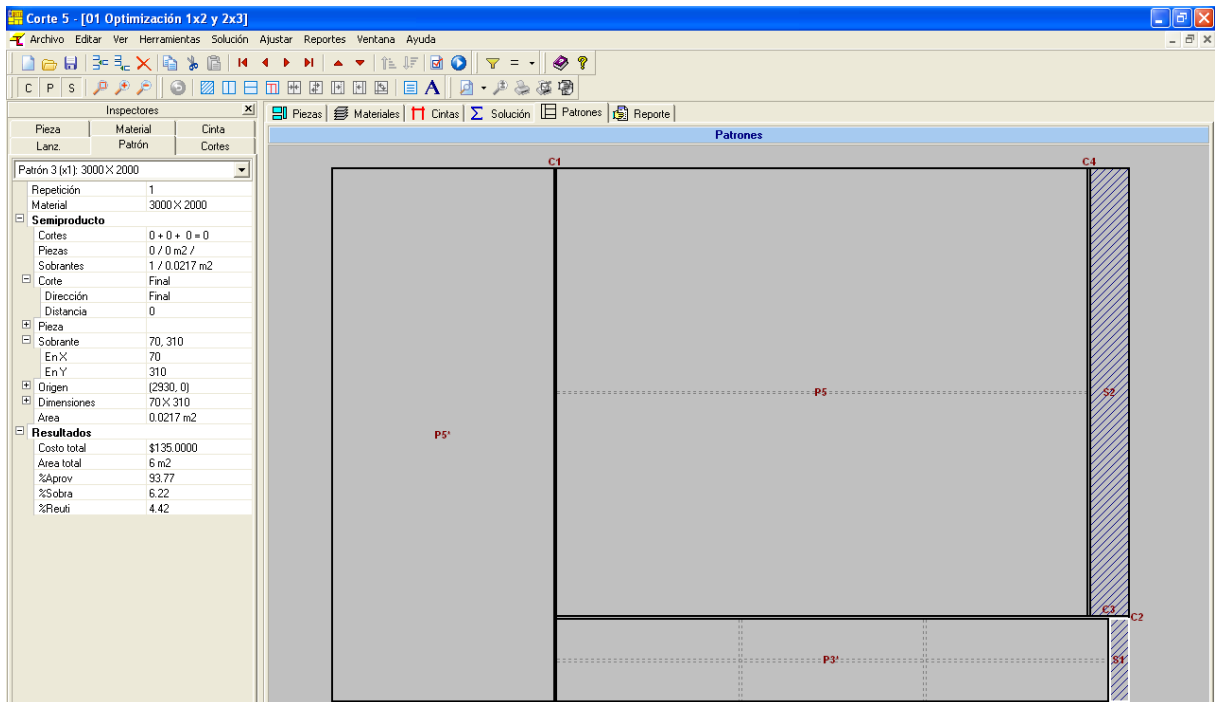
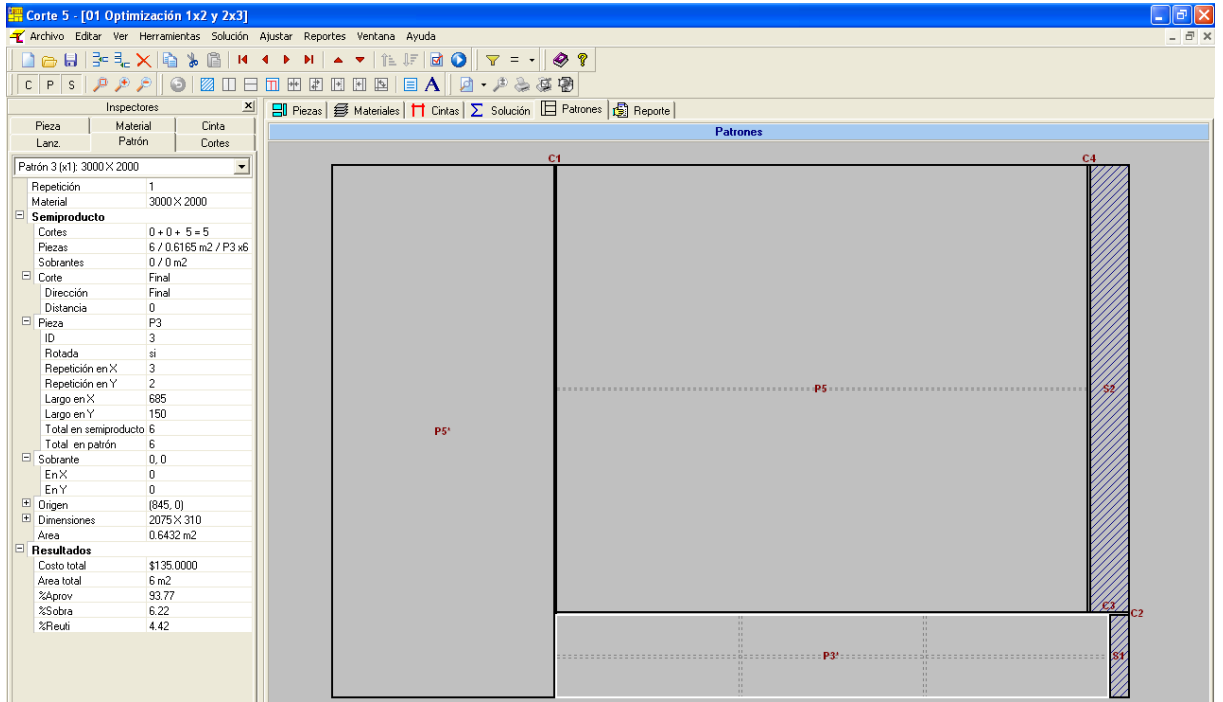
Repetición	1
Material	3000 X 2000
Semiproducto	
Cortes	0 + 0 + 7 = 7
Piezas	8 / 2,3688 m ² / P1 x8
Sobrantes	0 / 0 m ²
Corte	
Corte	Final
Dirección	Final
Distancia	0
Pieza	
Pieza	P1
ID	1
Rotada	si
Repetición en X	8
Repetición en Y	1
Largo en X	150
Largo en Y	1974
Total en semiproducto	8
Total en patrón	8
Sobranante	
Sobranante	0, 0
En X	0
En Y	0
Origen	(0, 0)
Dimensiones	
Dimensiones	1270 X 1974
Area	2,507 m ²
Resultados	
Costo total	\$135.0000
Area total	6 m ²
%Aprov	95,15
%Sobra	4,85
%Reuti	1,34

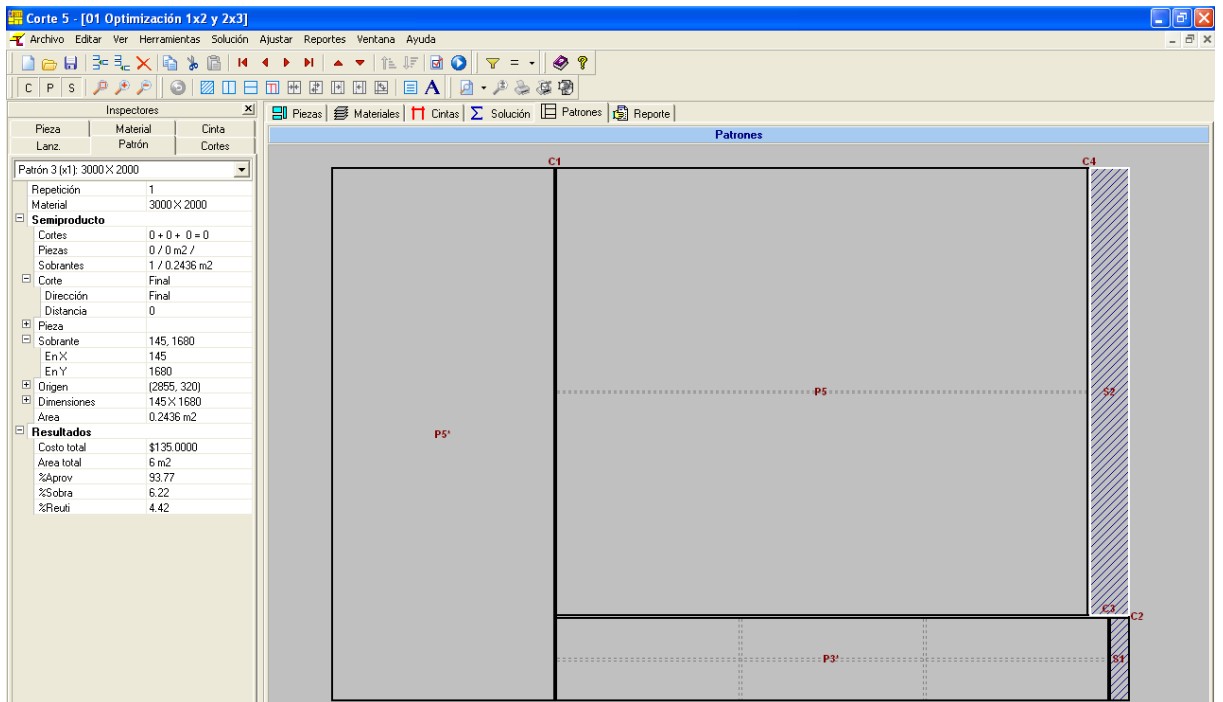
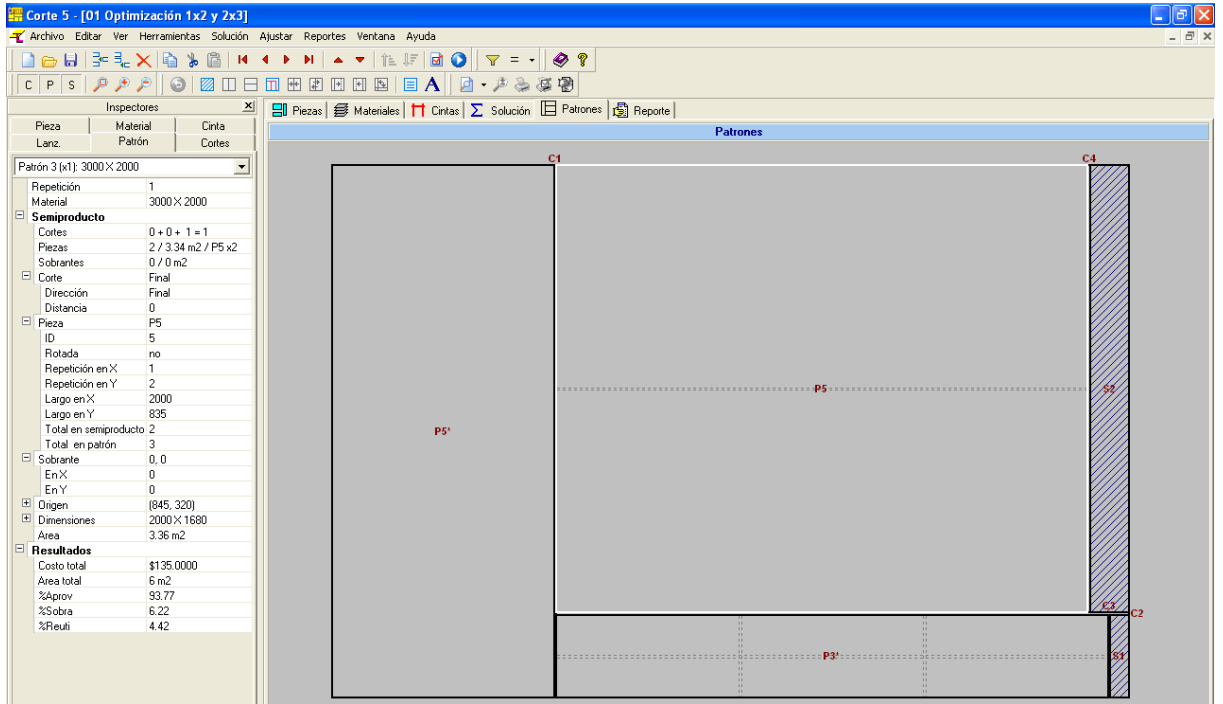




Patrón 3







Patrón 4

Corte 5 - [01 Optimización 1x2 y 2x3]

Archivo | Editar | Ver | Herramientas | Solución | Ajustar | Reportes | Ventana | Ayuda

Inspectores

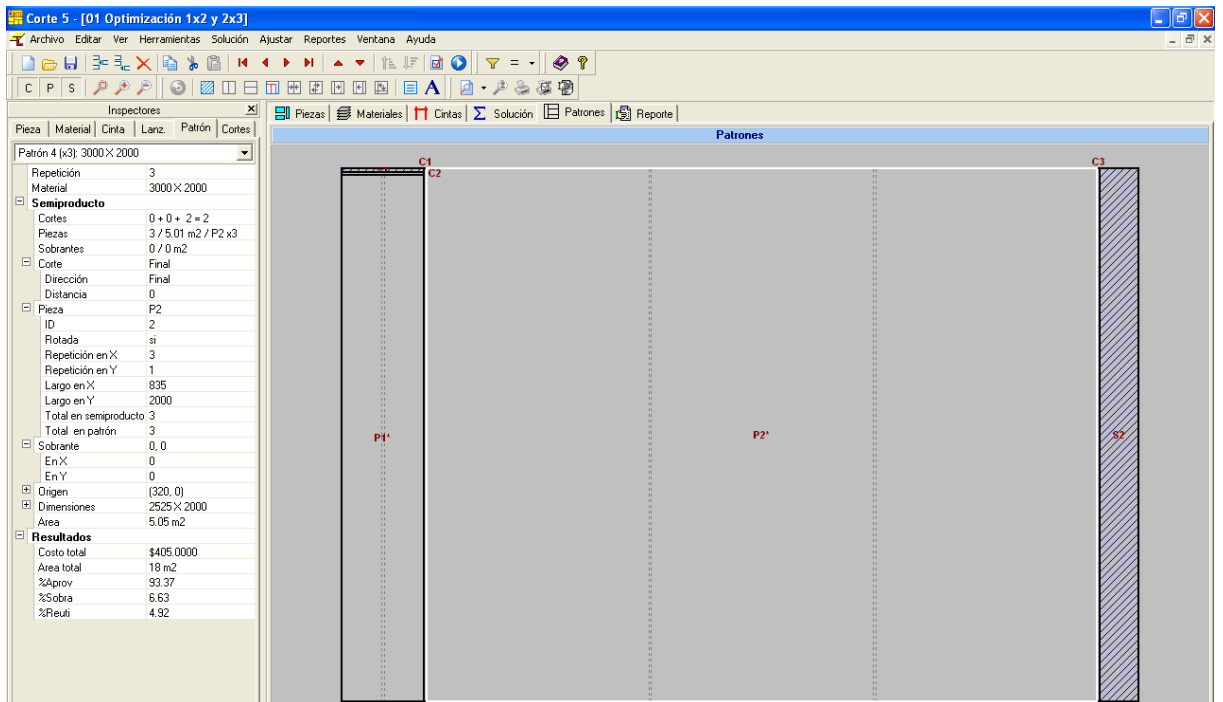
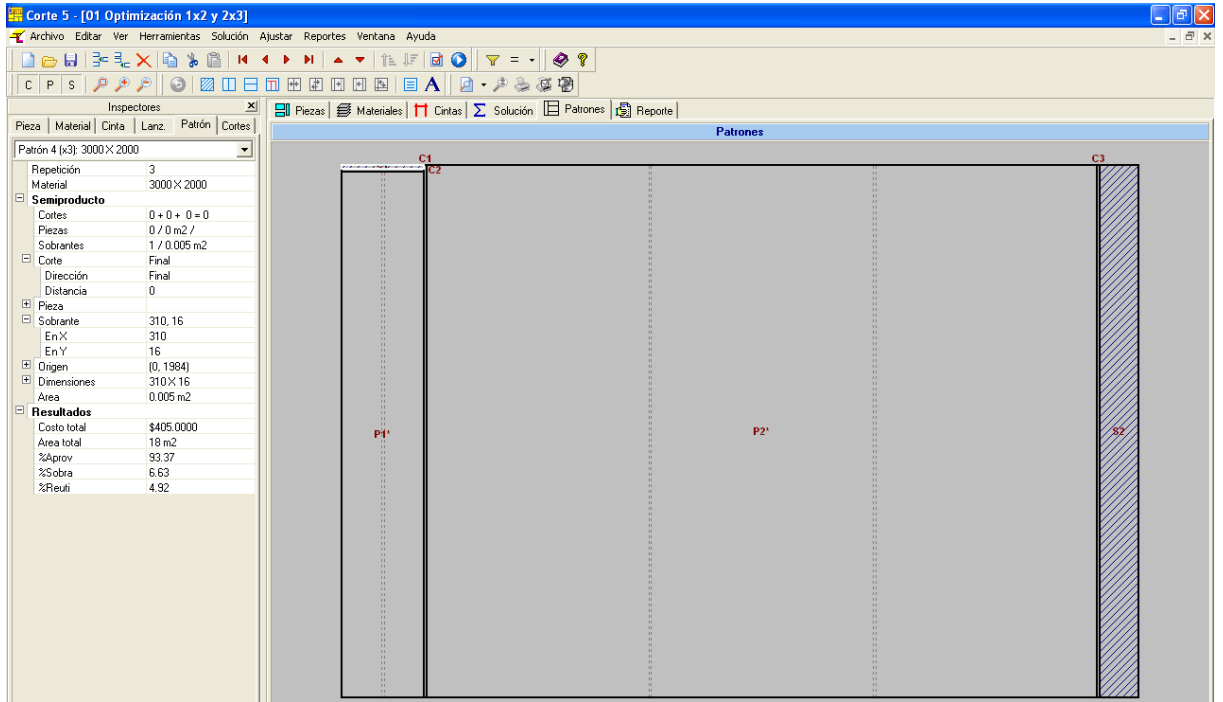
Pieza	Material	Cinta	Lanz.	Patrón	Cortes
Patrón 4 (x3): 3000 X 2000					
Repetición	3				
Material	3000 X 2000				
Semiproducto					
Cortes	3 + 0 + 3 = 6				
Piezas	5 / 5.6022 m ² / P1 x2, P2 x3				
Sobrantes	2 / 0.295 m ²				
Corte	C1				
Dirección	Vertical				
Distancia	310				
Pieza					
ID					
Rotada					
Repetición en X					
Repetición en Y					
Largo en X					
Largo en Y					
Total en semiproducto					
Total en patrón					
Sobrante					
En X					
En Y					
Origen	(0, 0)				
Dimensiones	3000 X 2000				
Area	6 m ²				
Resultados					
Costo total	\$405.0000				
Area total	18 m ²				
%Aprov	93.37				
%Sobra	6.63				
%Reuti	4.92				

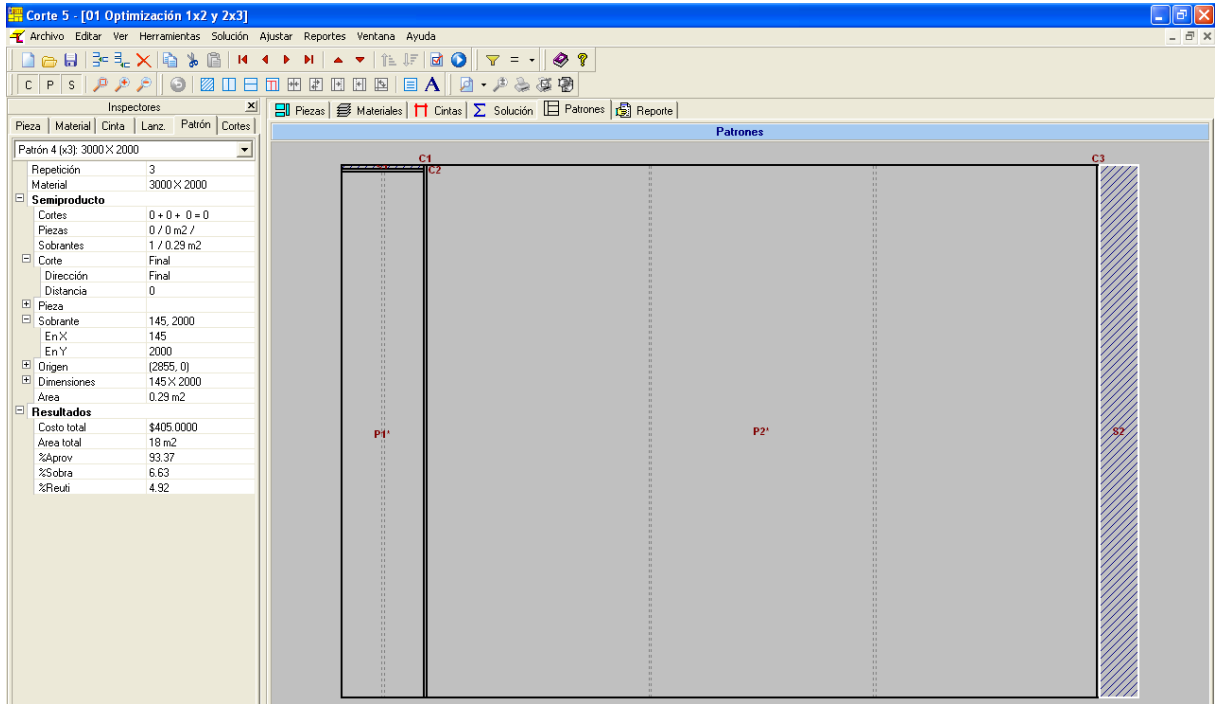
Corte 5 - [01 Optimización 1x2 y 2x3]

Archivo | Editar | Ver | Herramientas | Solución | Ajustar | Reportes | Ventana | Ayuda

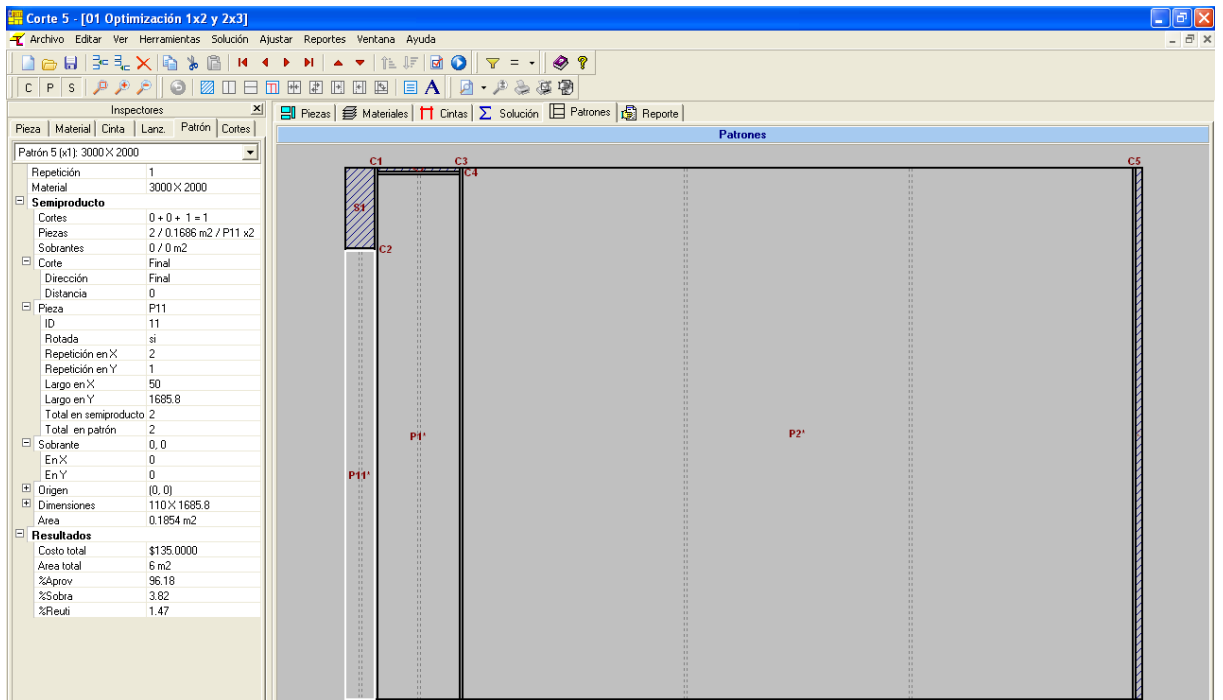
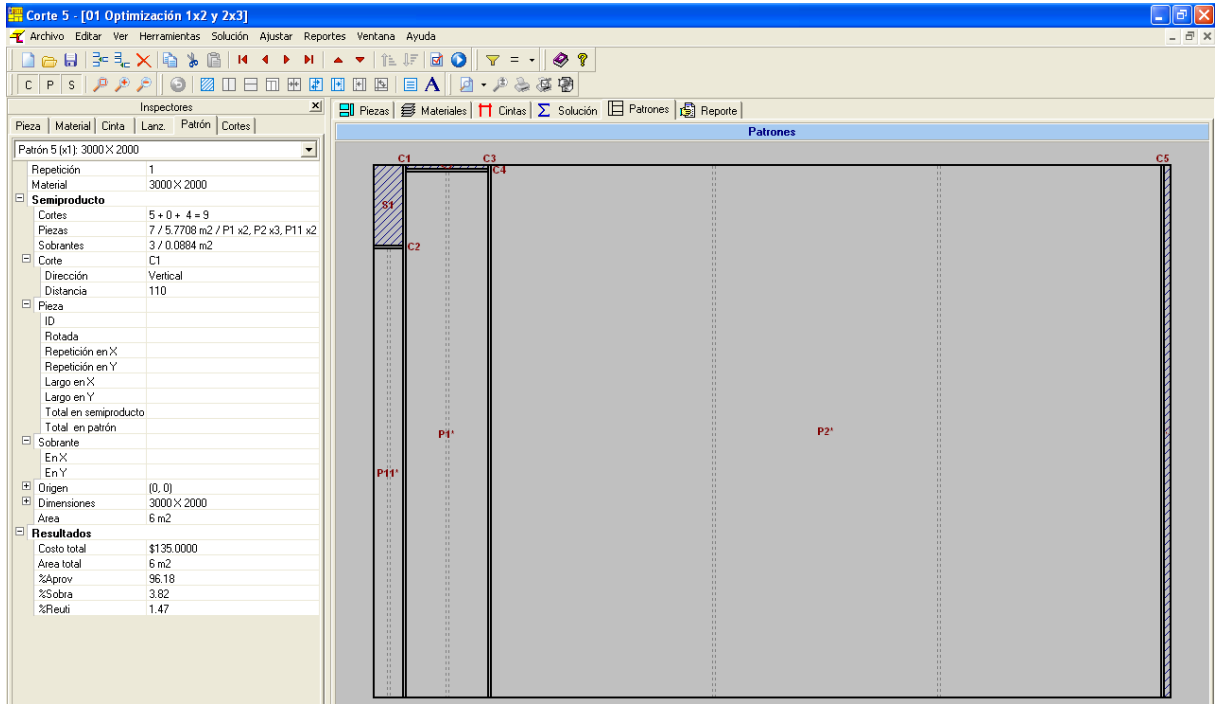
Inspectores

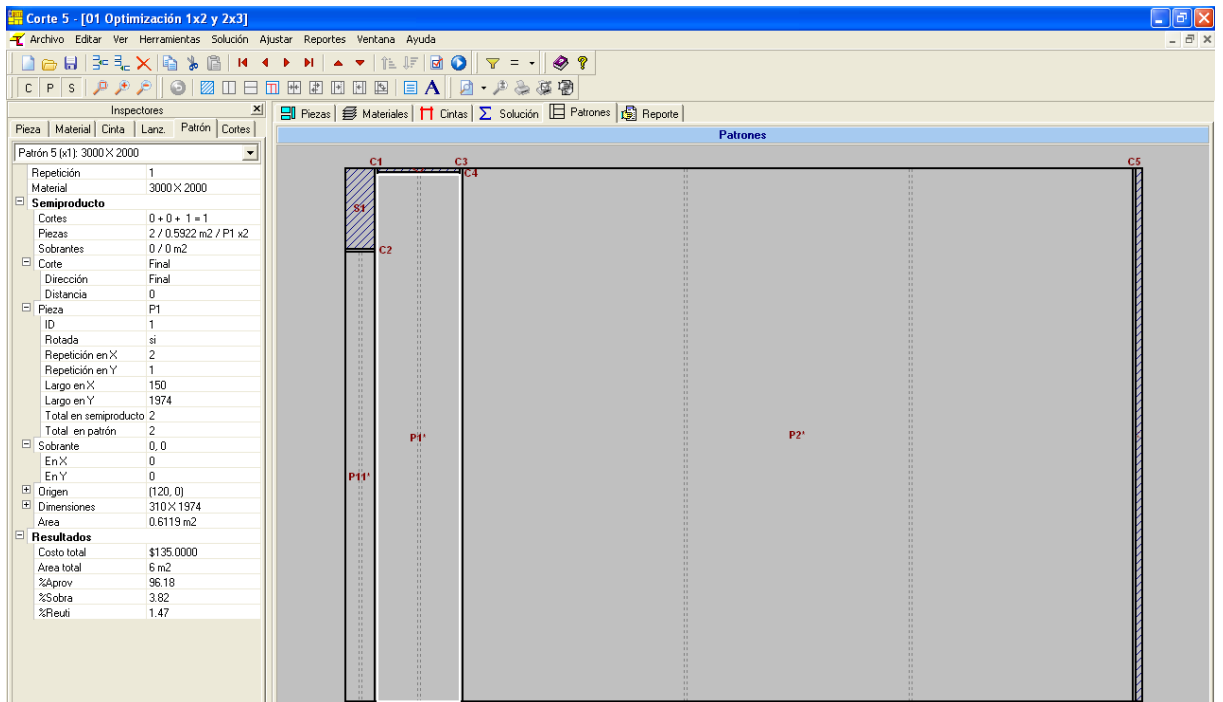
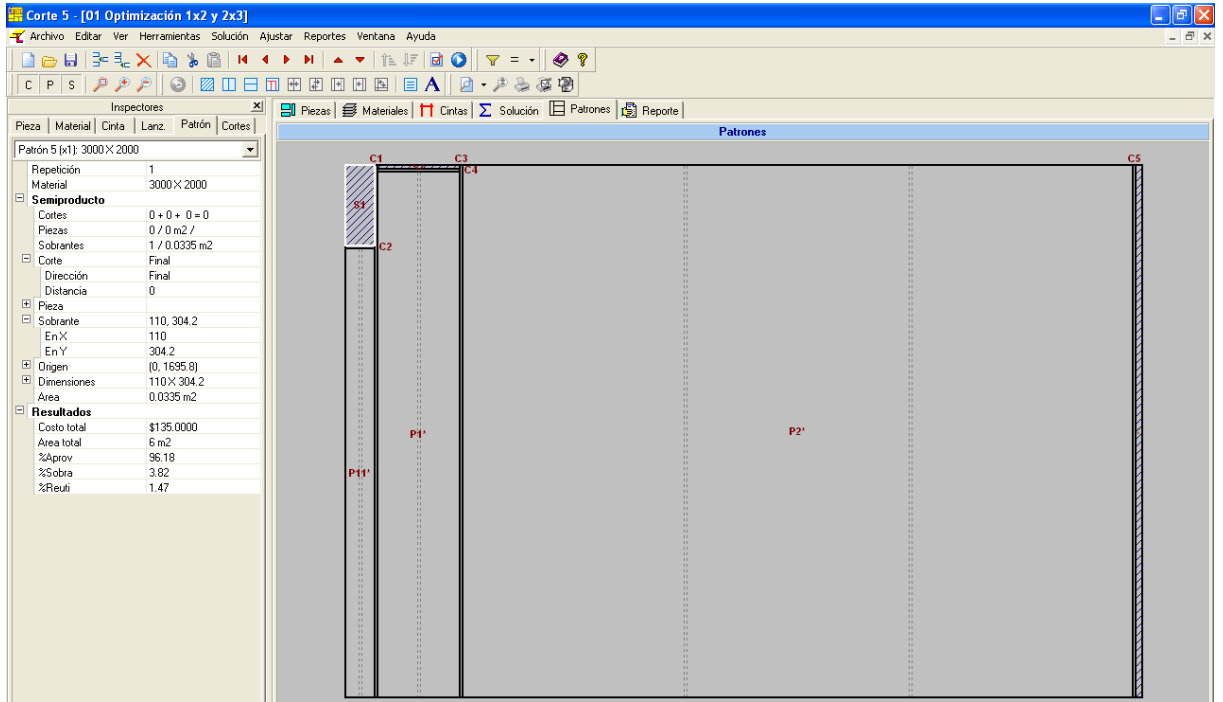
Pieza	Material	Cinta	Lanz.	Patrón	Cortes
Patrón 4 (x3): 3000 X 2000					
Repetición	3				
Material	3000 X 2000				
Semiproducto					
Cortes	0 + 0 + 1 = 1				
Piezas	2 / 0.5922 m ² / P1 x2				
Sobrantes	0 / 0 m ²				
Corte	Final				
Dirección	Final				
Distancia	0				
Pieza					
ID	P1				
Rotada	si				
Repetición en X	2				
Repetición en Y	1				
Largo en X	150				
Largo en Y	1974				
Total en semiproducto	2				
Total en patrón	2				
Sobrante					
En X	0, 0				
En Y	0				
Origen	(0, 0)				
Dimensiones	310 X 1974				
Area	0.6119 m ²				
Resultados					
Costo total	\$405.0000				
Area total	18 m ²				
%Aprov	93.37				
%Sobra	6.63				
%Reuti	4.92				

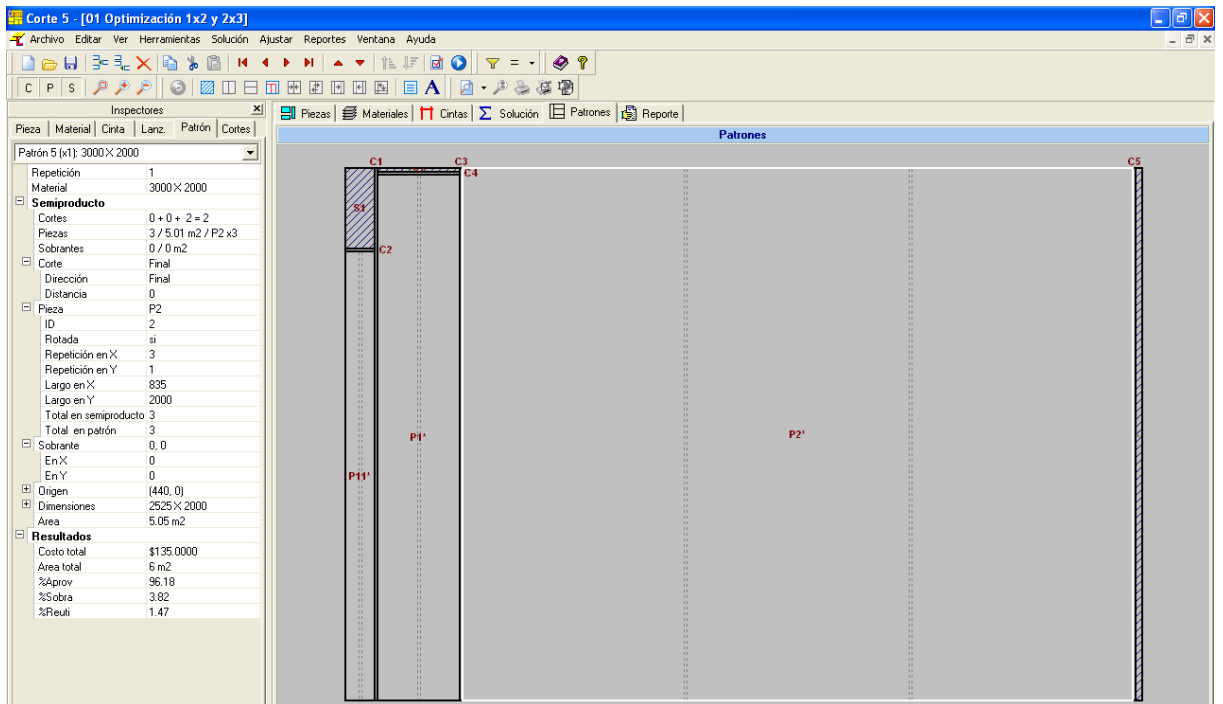
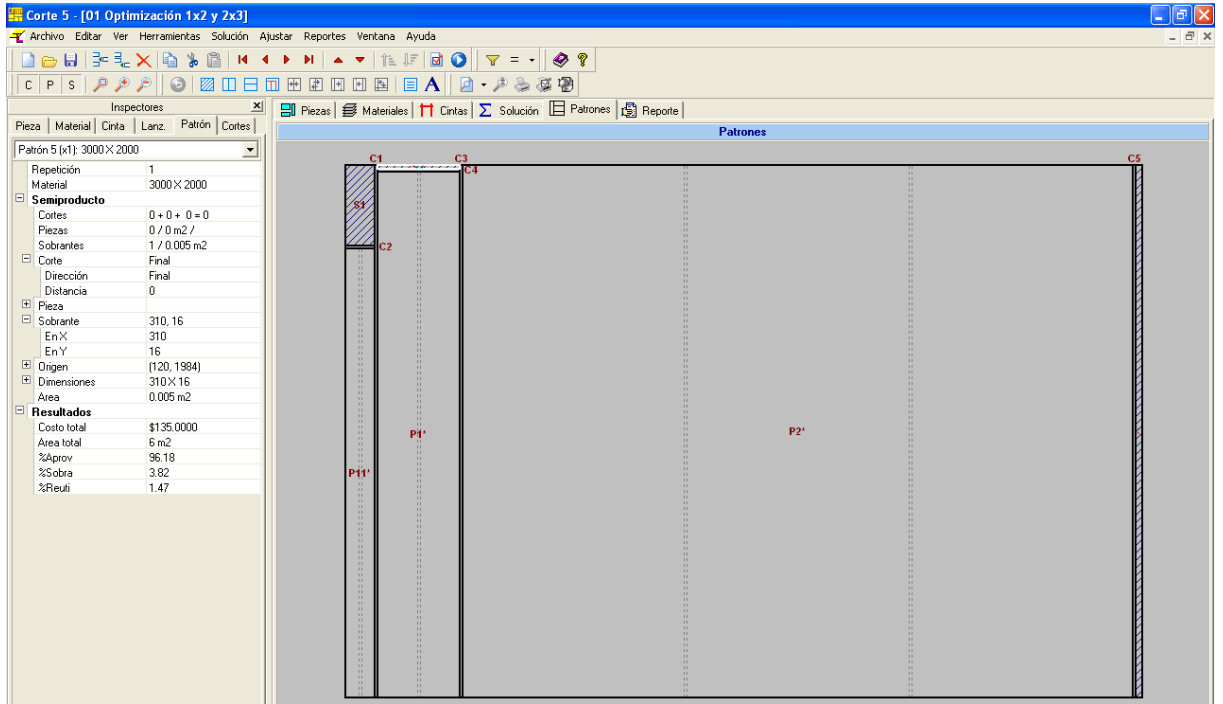




Patrón 5







Corte 5 - [01 Optimización 1x2 y 2x3]

Archivo Editar Ver Herramientas Solución Ajustar Reportes Ventana Ayuda

C P S [Iconos de herramientas]

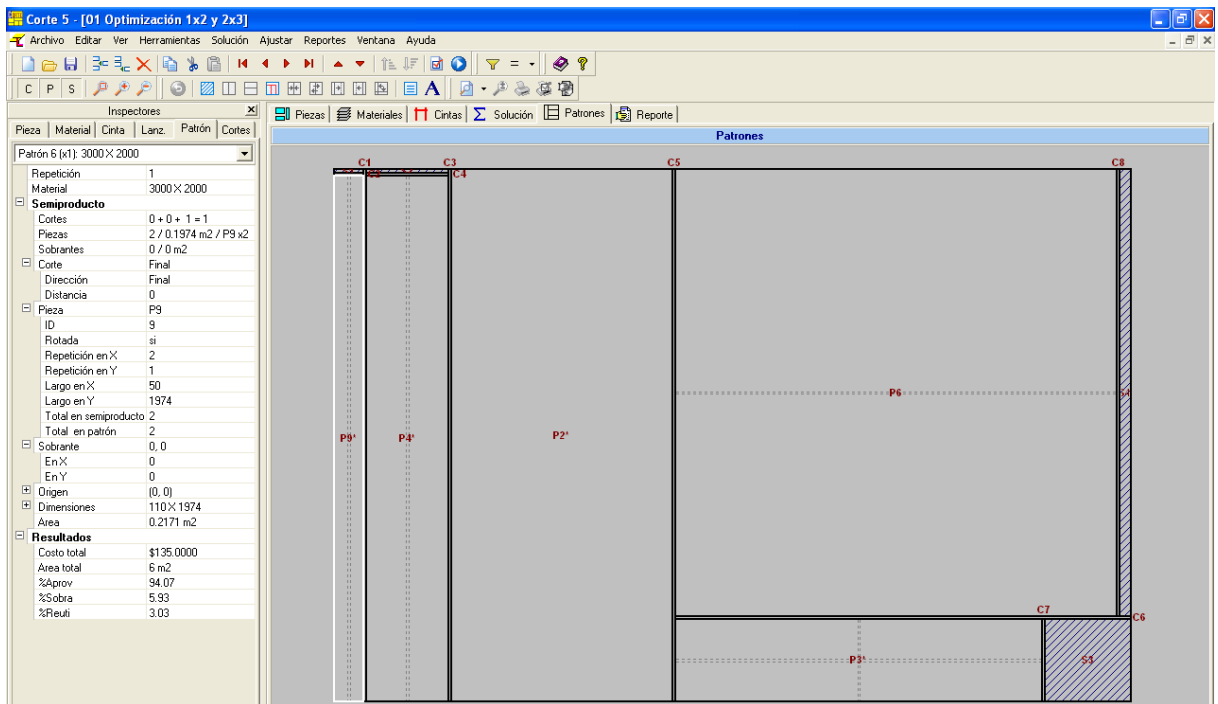
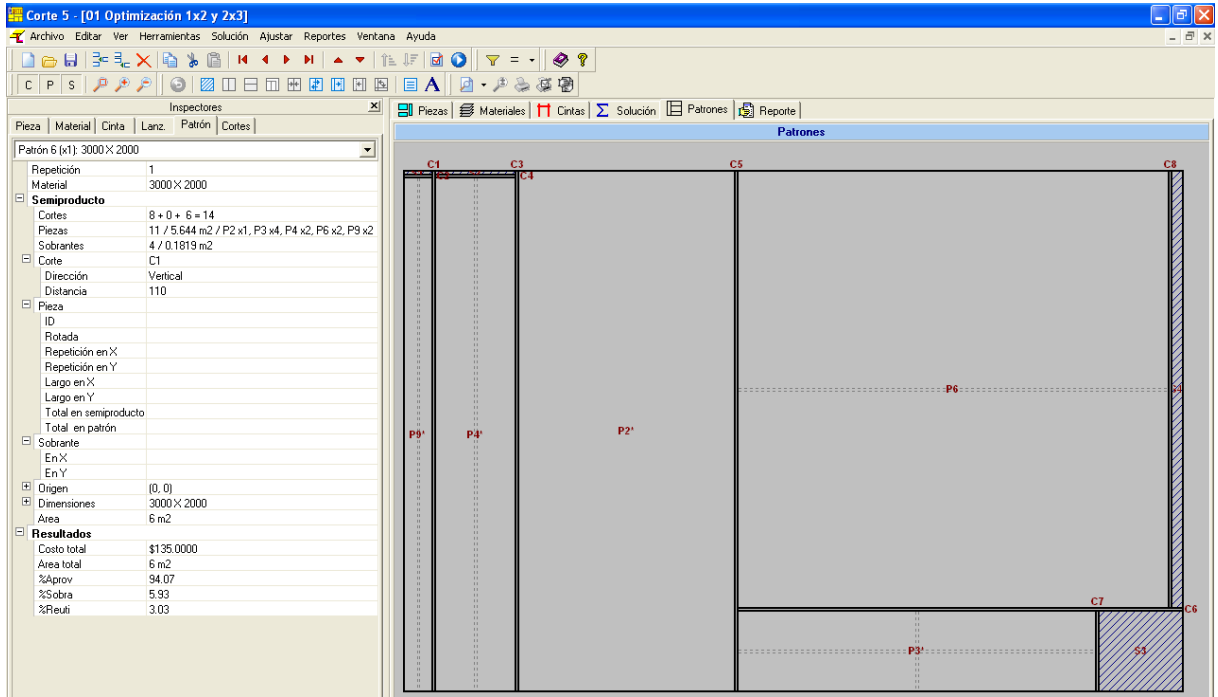
Inspectores

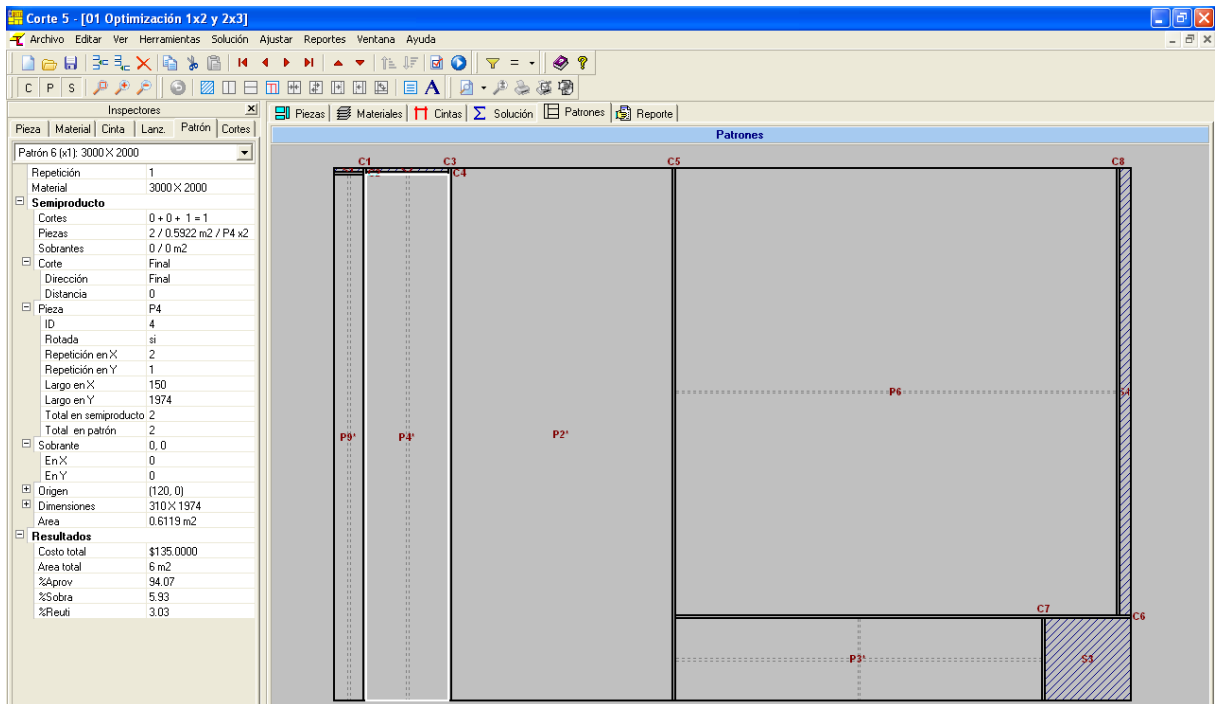
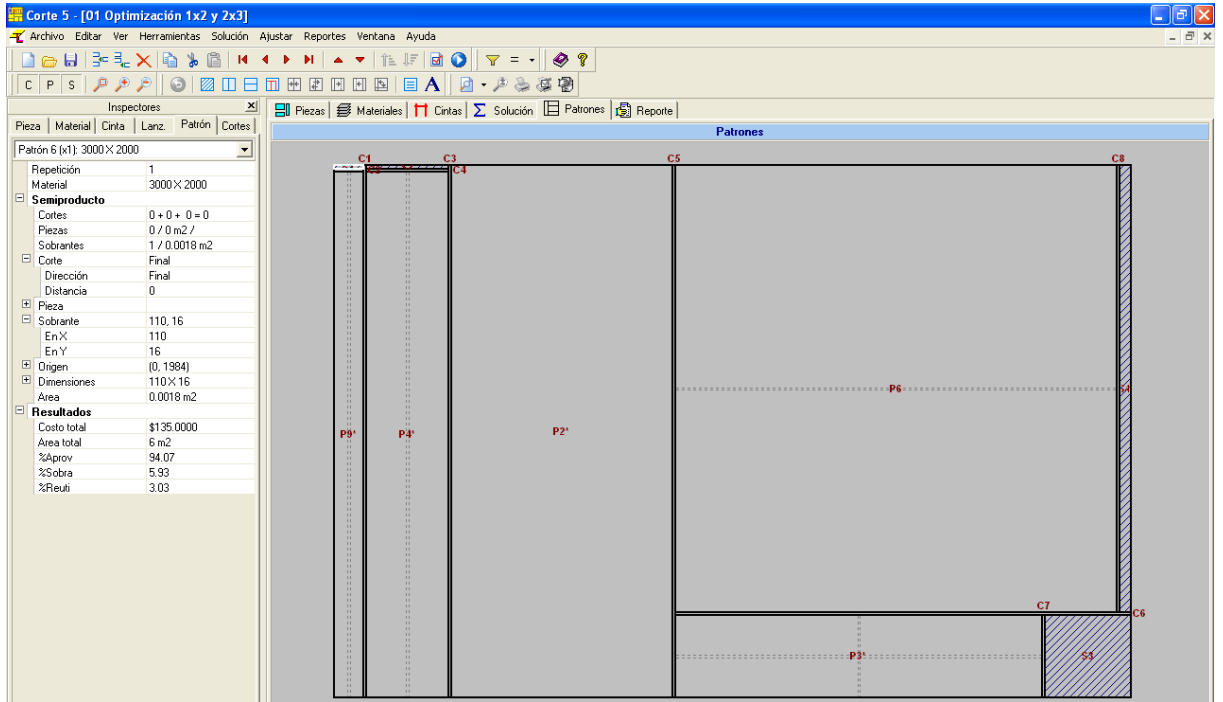
Pieza	Material	Cinta	Lanz.	Patrón	Cortes
Patrón 5 (x1): 3000 X 2000					
Repetición	1				
Material	3000 X 2000				
Semiproducto					
Cortes	0 + 0 + 0 = 0				
Piezas	0 / 0 m ² /				
Substantes	1 / 0.05 m ²				
Corte					
Dirección	Final				
Distancia	0				
Pieza					
Sobranante					
En X	25				
En Y	2000				
Origen					
Origen	(2975, 0)				
Dimensiones					
Dimensiones	25 X 2000				
Area	0.05 m ²				
Resultados					
Costo total	\$135.0000				
Area total	6 m ²				
%Aprov	96.18				
%Sobra	3.82				
%Reuti	1.47				

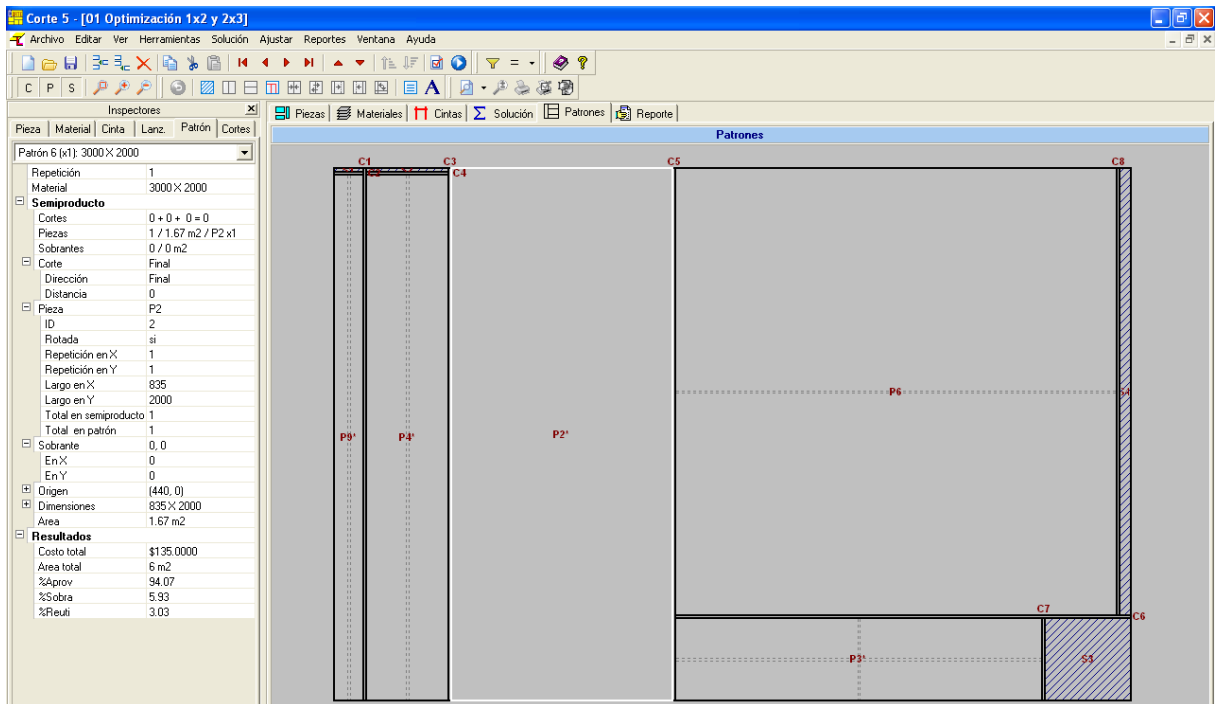
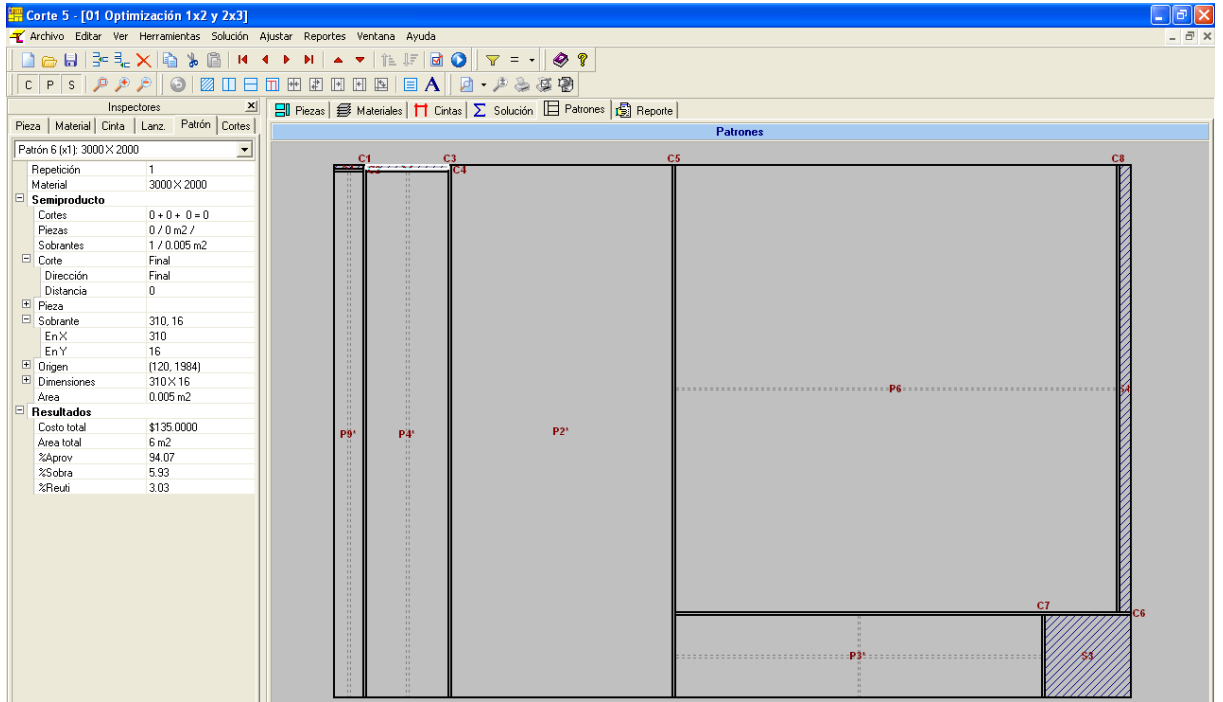
Piezas | Materiales | Cintas | Solución | Patrones | Reporte

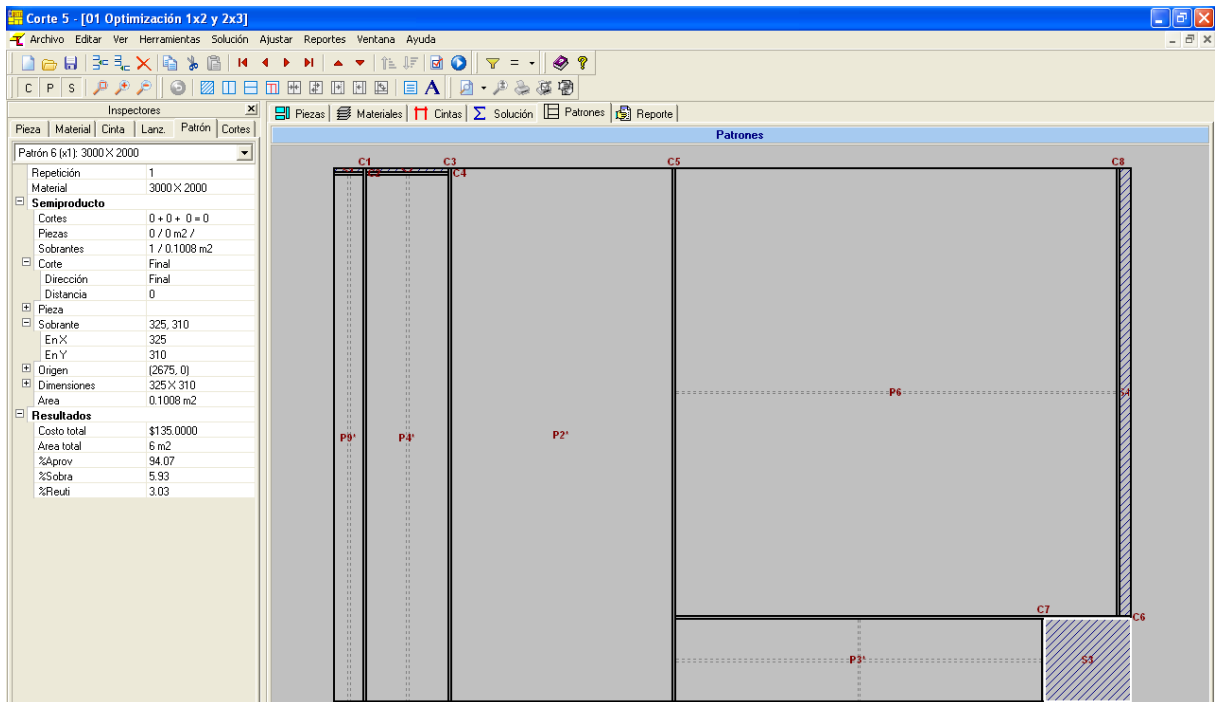
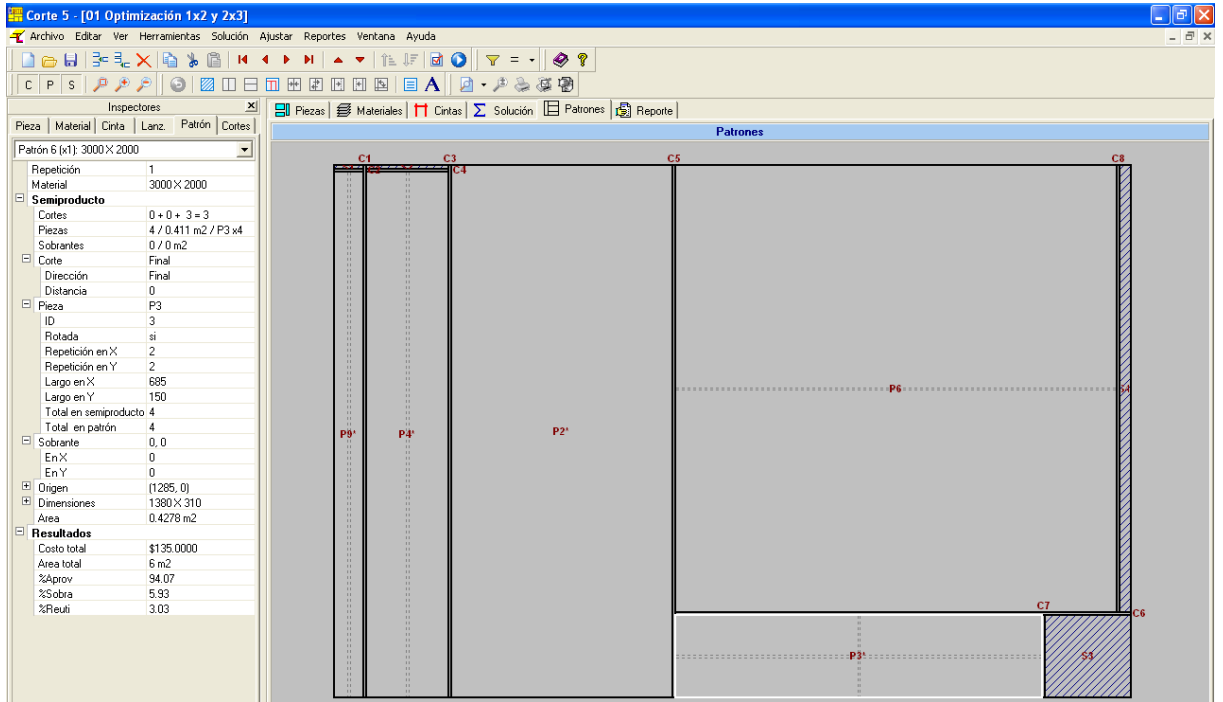
Patrones

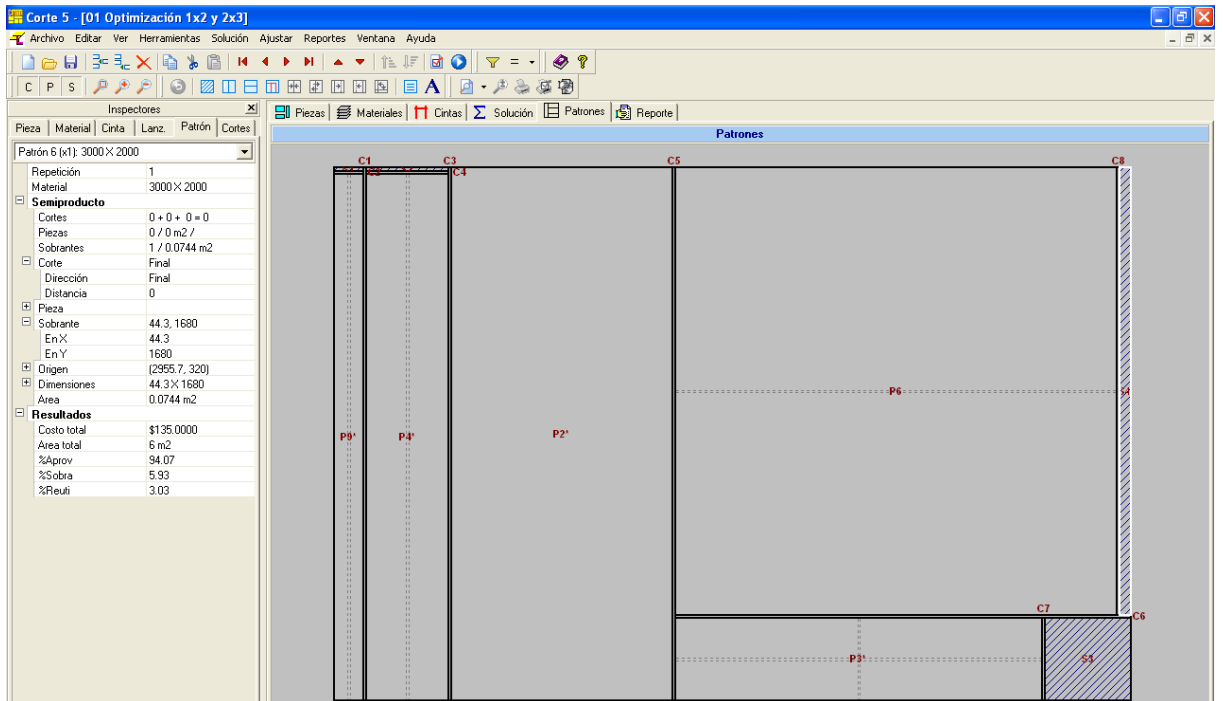
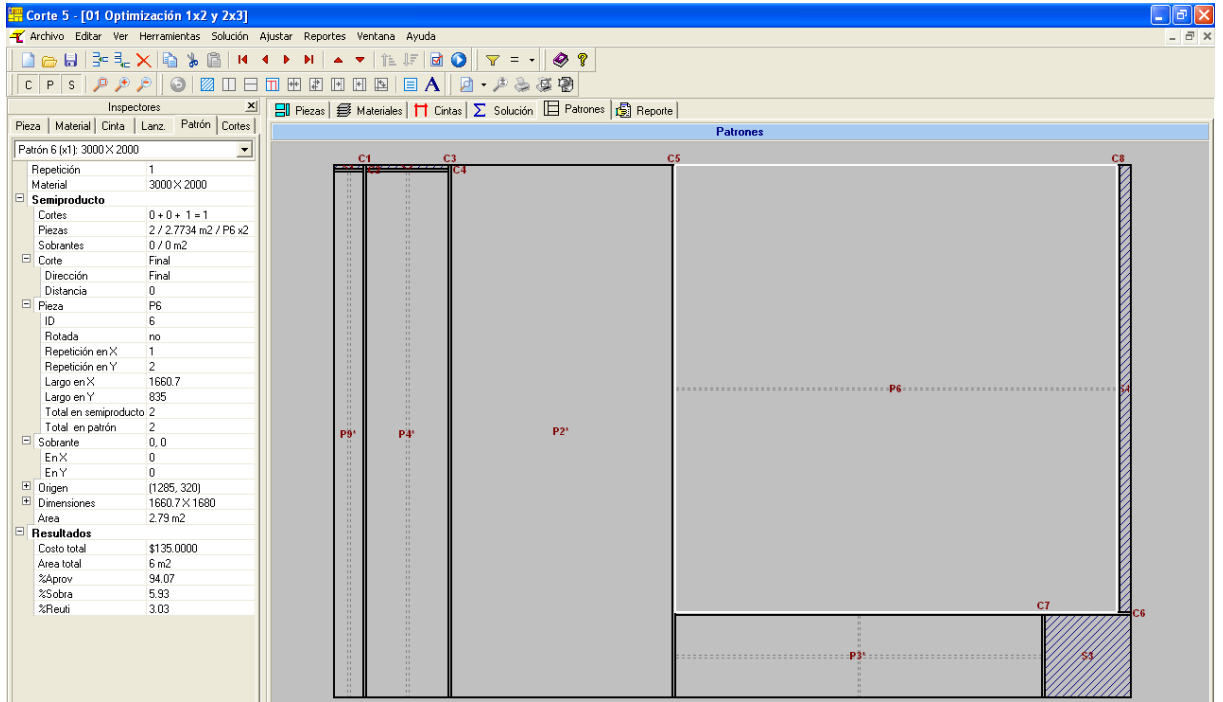
Patrón 6



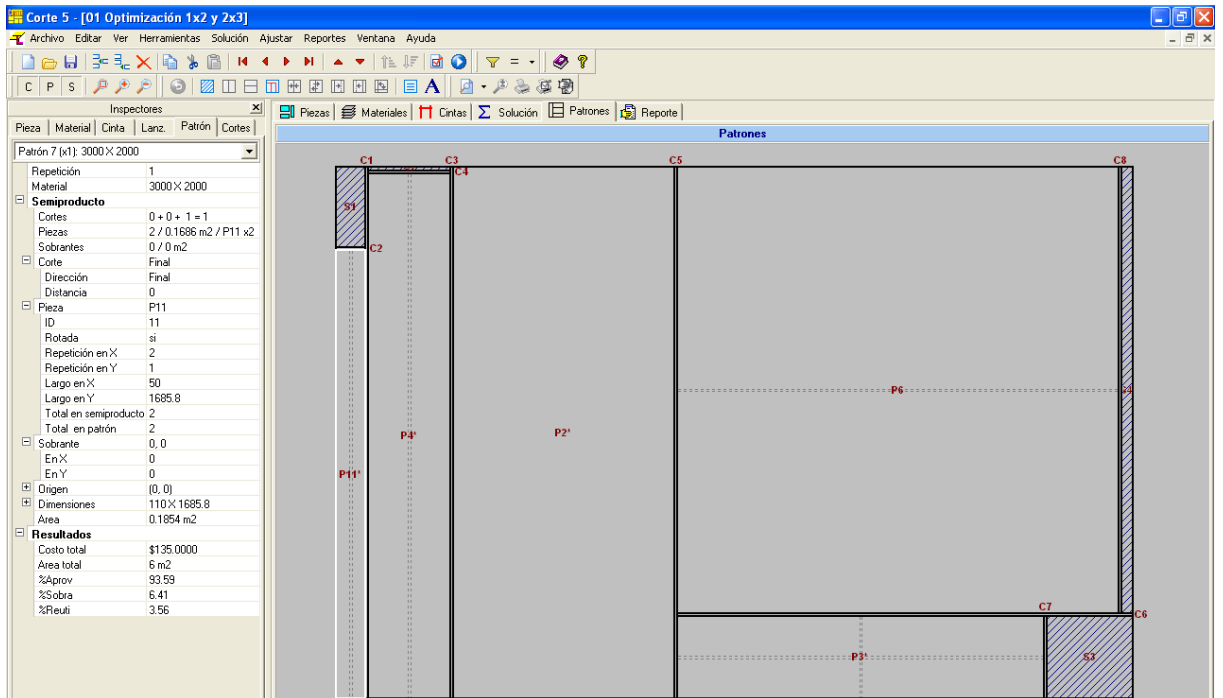
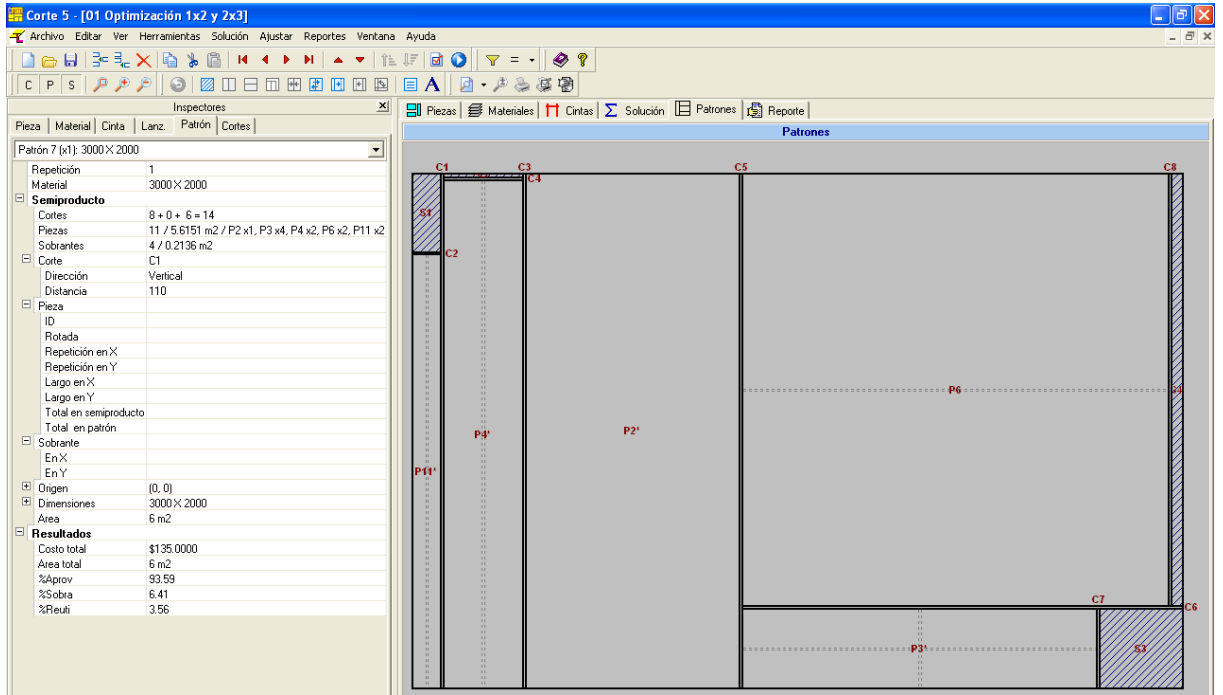


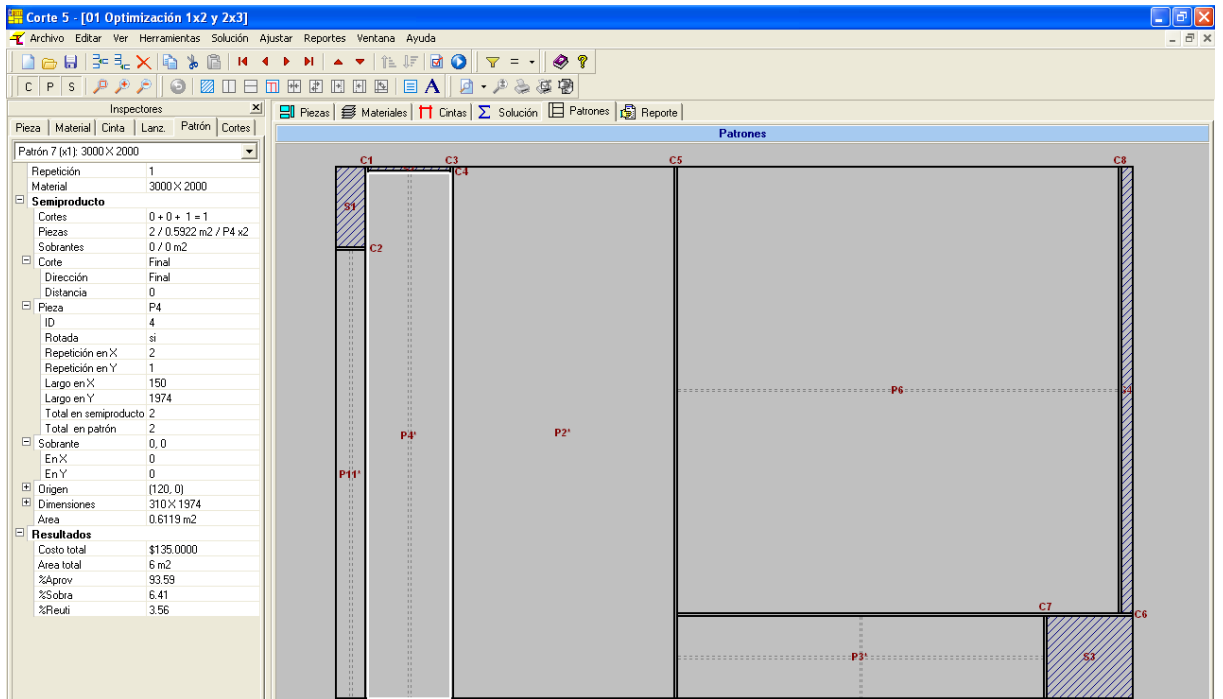
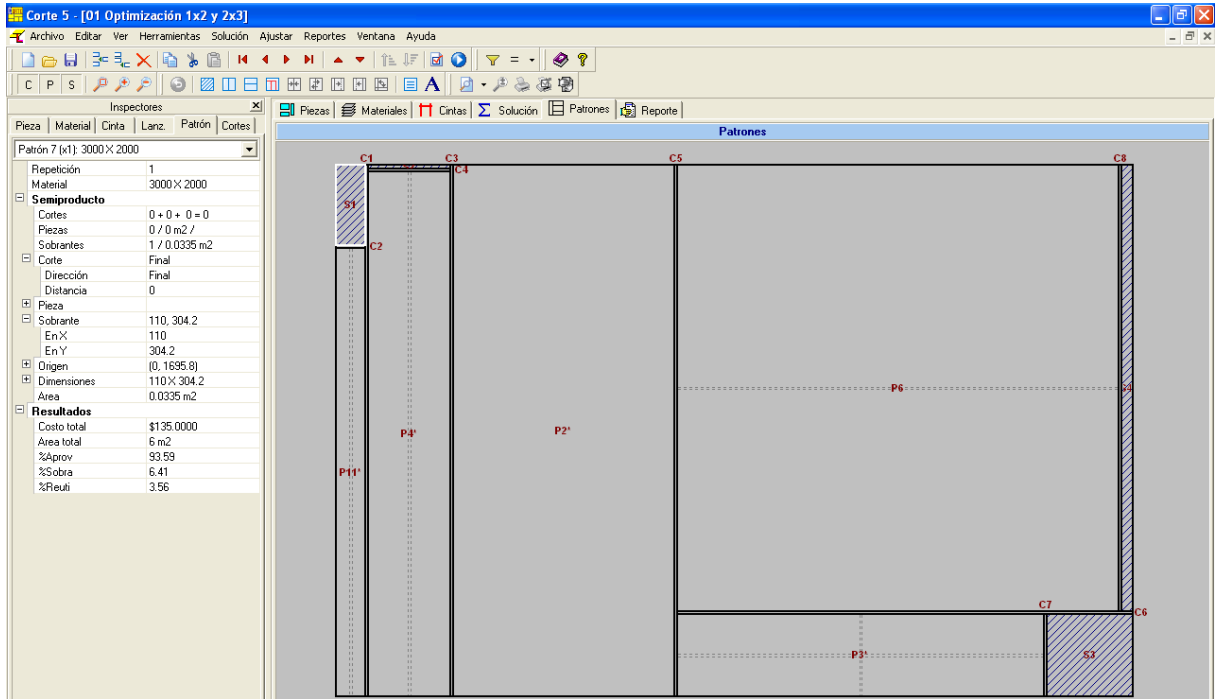


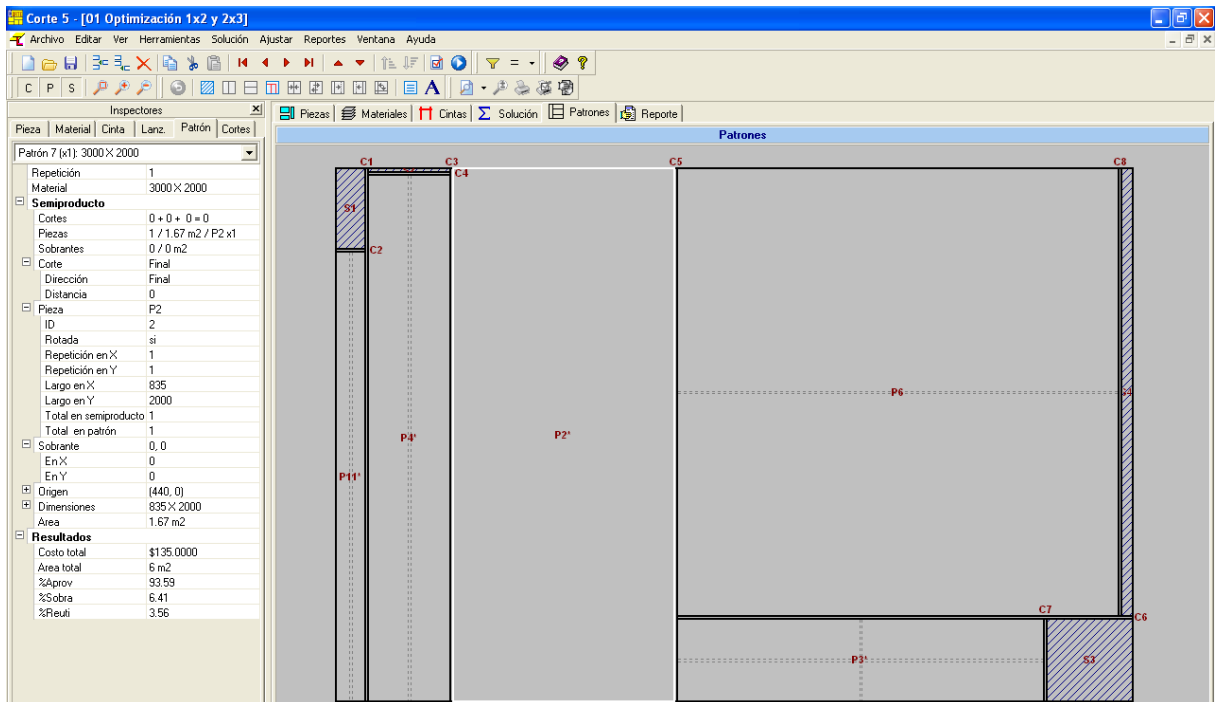
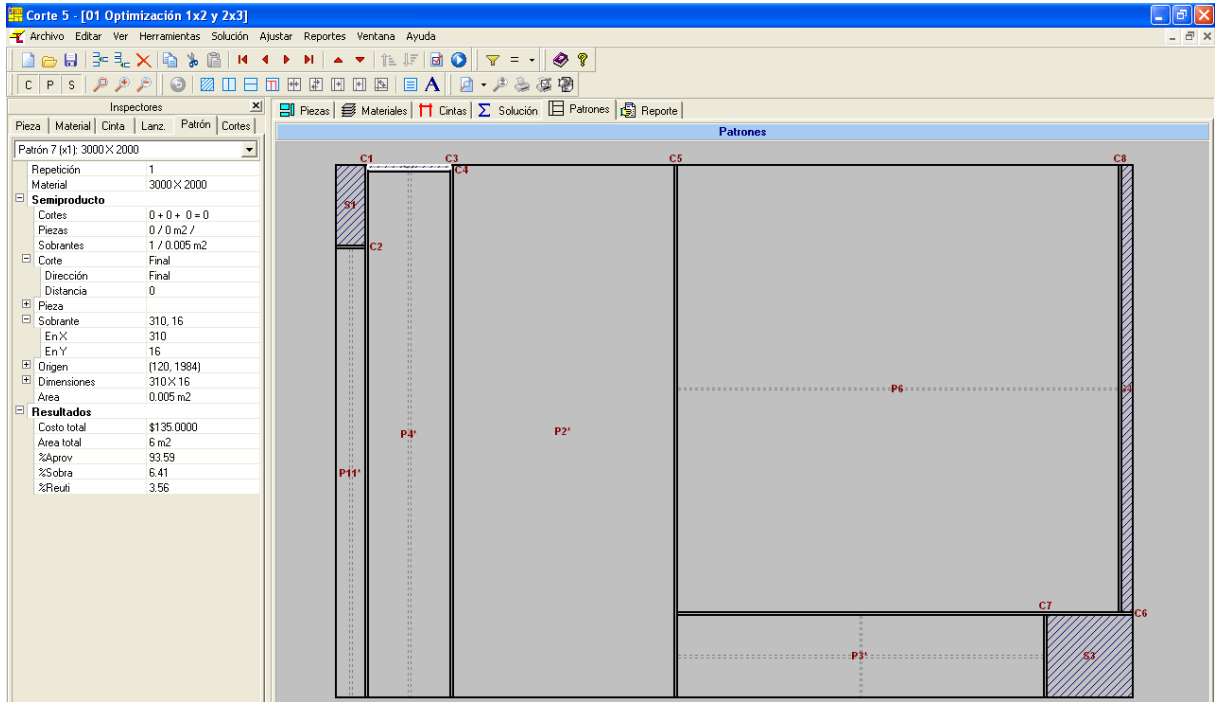


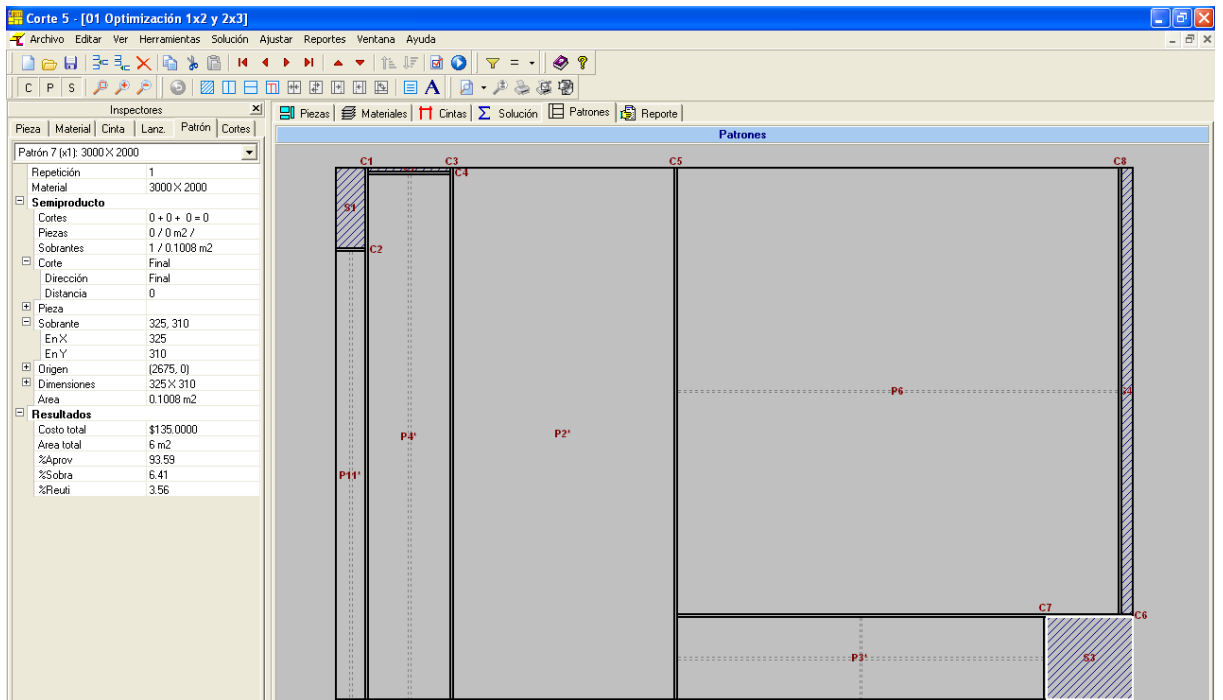
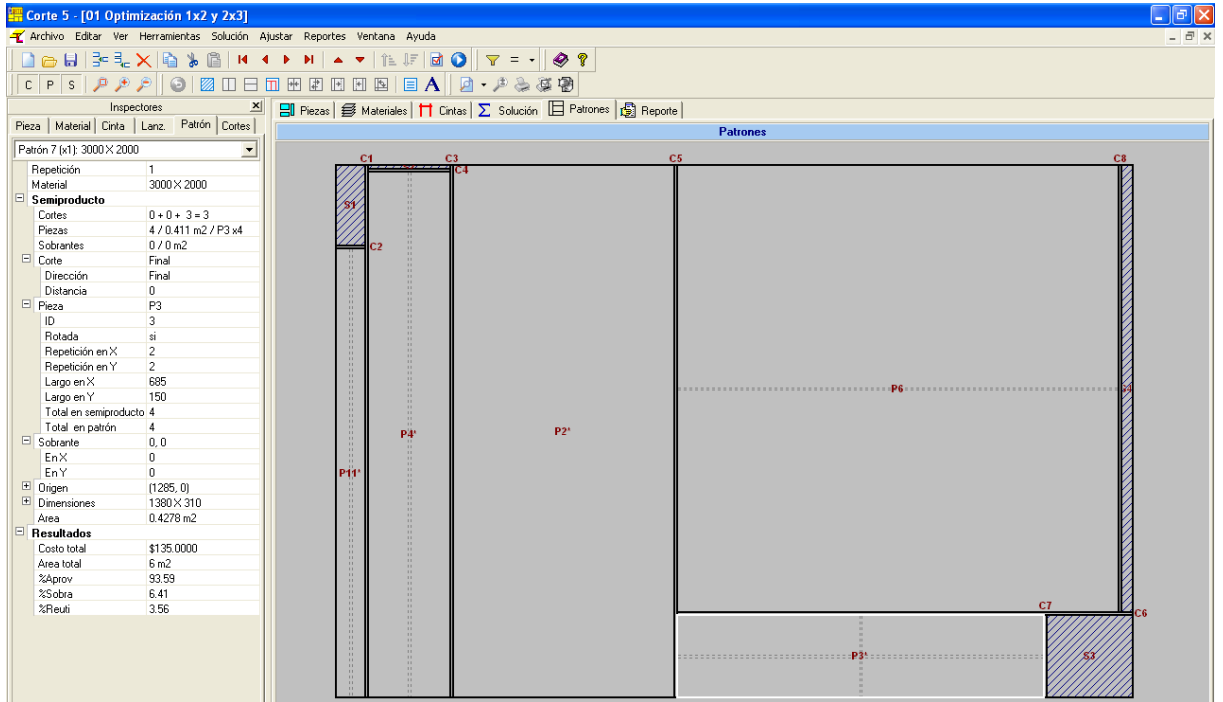


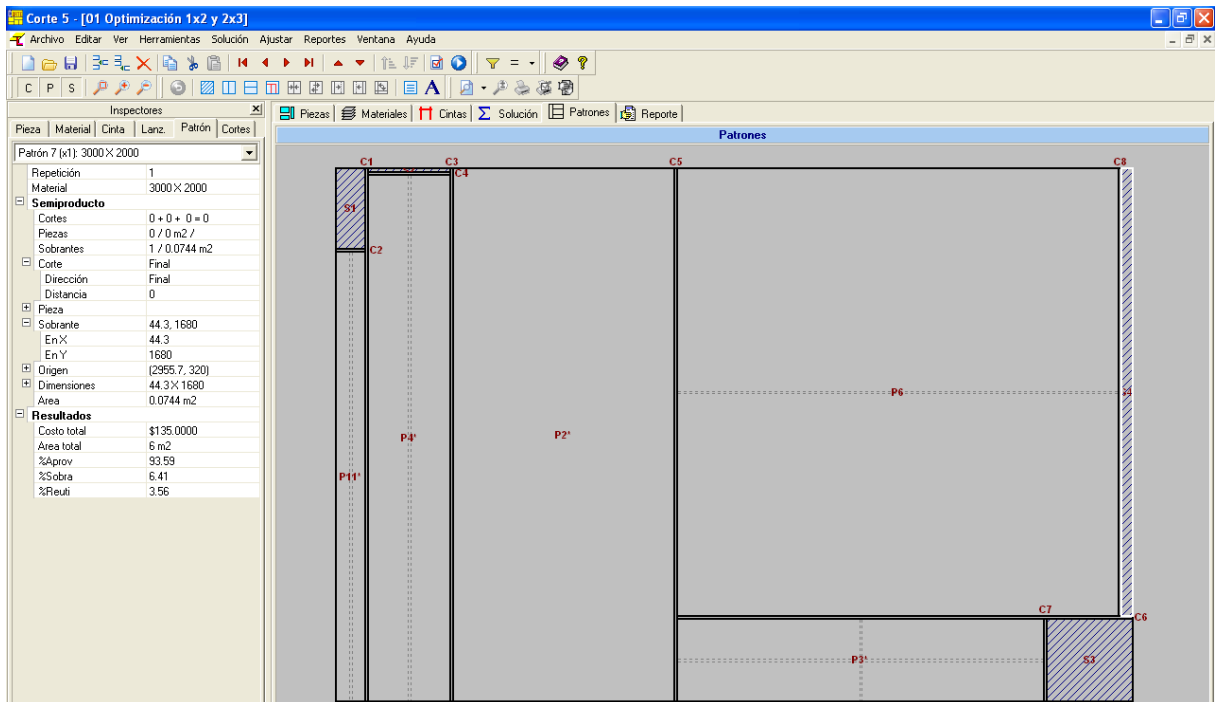
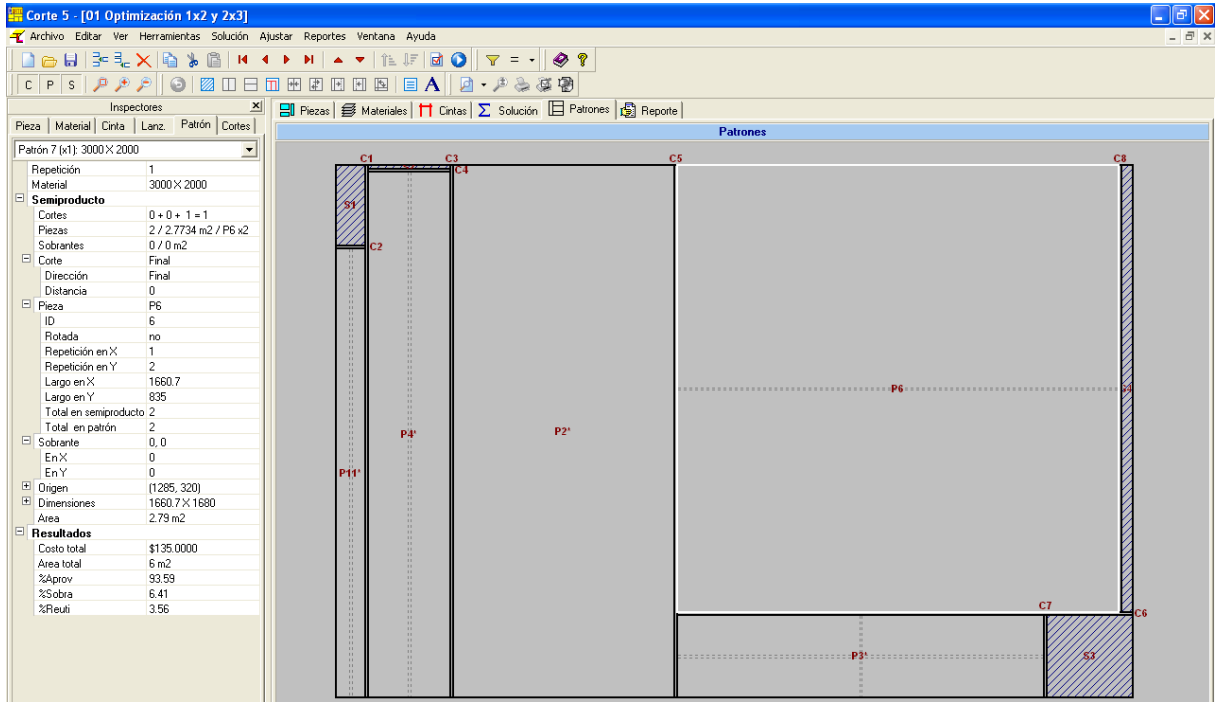
Patrón 7











Patrón 8

Corte 5 - [01 Optimización 1x2 y 2x3]

Archivo Editar Ver Herramientas Solución Ajustar Reportes Ventana Ayuda

Inspectores

Pieza	Material	Cinta	Lanz	Patrón	Cortes
Patrón 8 (x1): 3000 X 2000					
Repetición	1				
Material	3000 X 2000				
Semiproducto					
Cortes	9 + 0 + 4 = 13				
Piezas	9 / 5.5896 m ² / P1 x2, P3 x2, P5 x1, P9 x2, P10 x2				
Sobrantes	5 / 0.2351 m ²				
Corte					
Corte	C1				
Dirección	Vertical				
Distancia	110				
Pieza					
ID					
Rotada					
Repetición en X					
Repetición en Y					
Largo en X					
Largo en Y					
Total en semiproducto					
Total en patrón					
Sobranante					
En X					
En Y					
Origen					
Origen	(0, 0)				
Dimensiones					
Dimensiones	3000 X 2000				
Area	6 m ²				
Resultados					
Costo total	\$135.0000				
Area total	6 m ²				
%Aprov	93.16				
%Sobra	6.84				
%Reuti	3.92				

Patrones

Diagram showing a 3000x2000 pattern with cuts C1, C3, C4, C5, C8, C9 and pieces P9, P1, P5, P10, P3, S3, C7, C6.

Corte 5 - [01 Optimización 1x2 y 2x3]

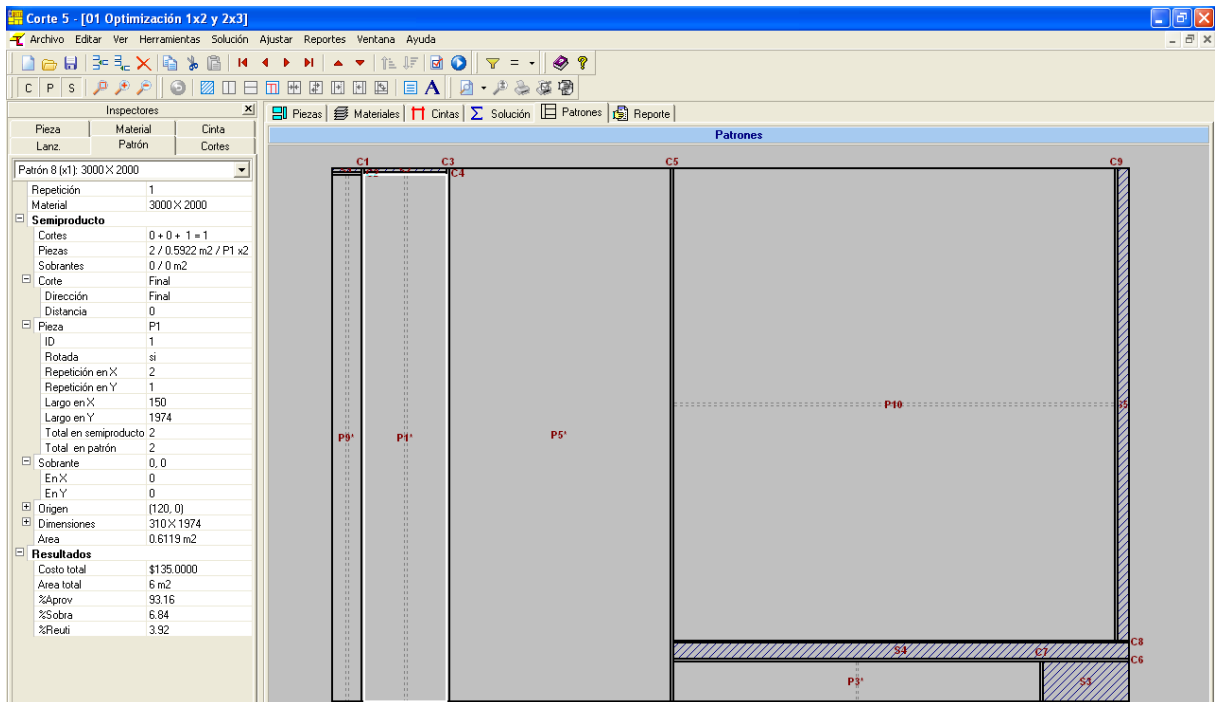
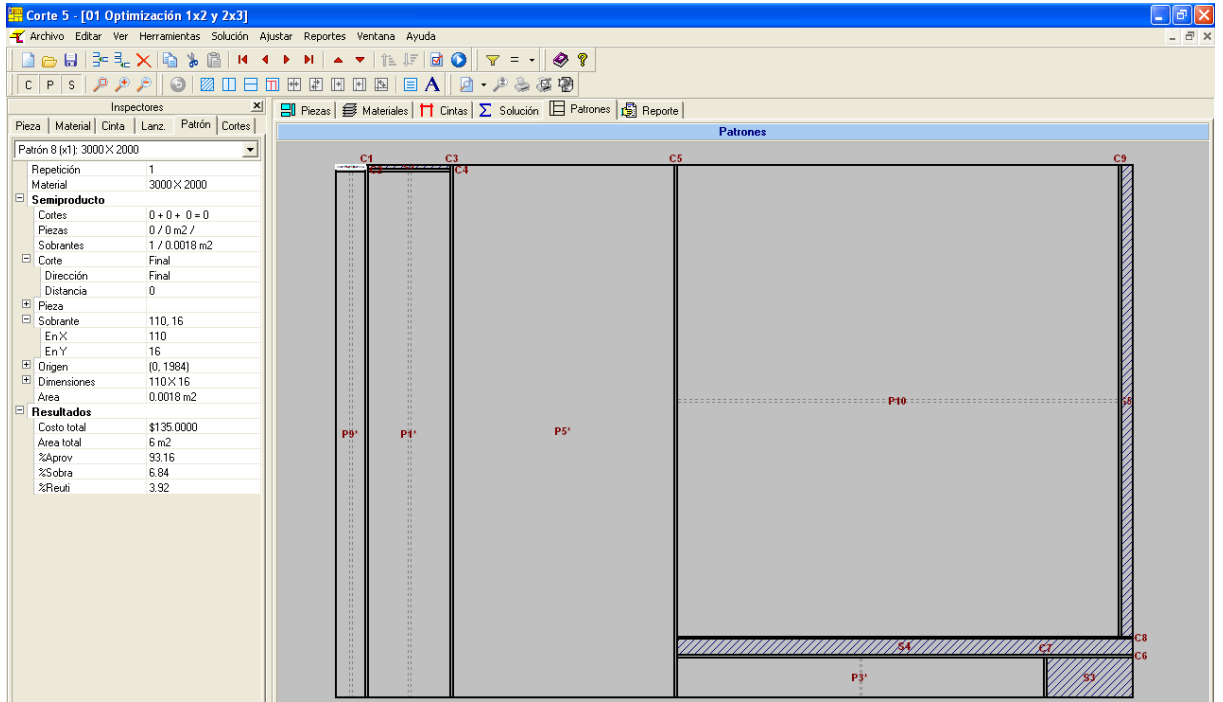
Archivo Editar Ver Herramientas Solución Ajustar Reportes Ventana Ayuda

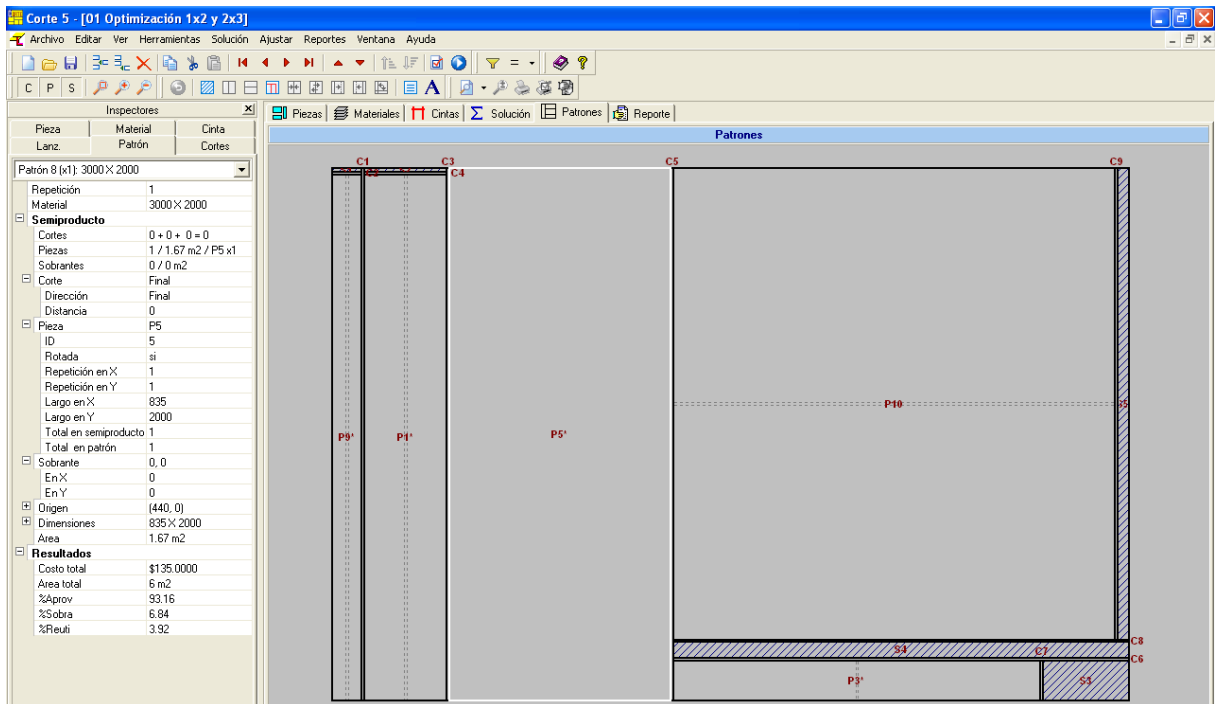
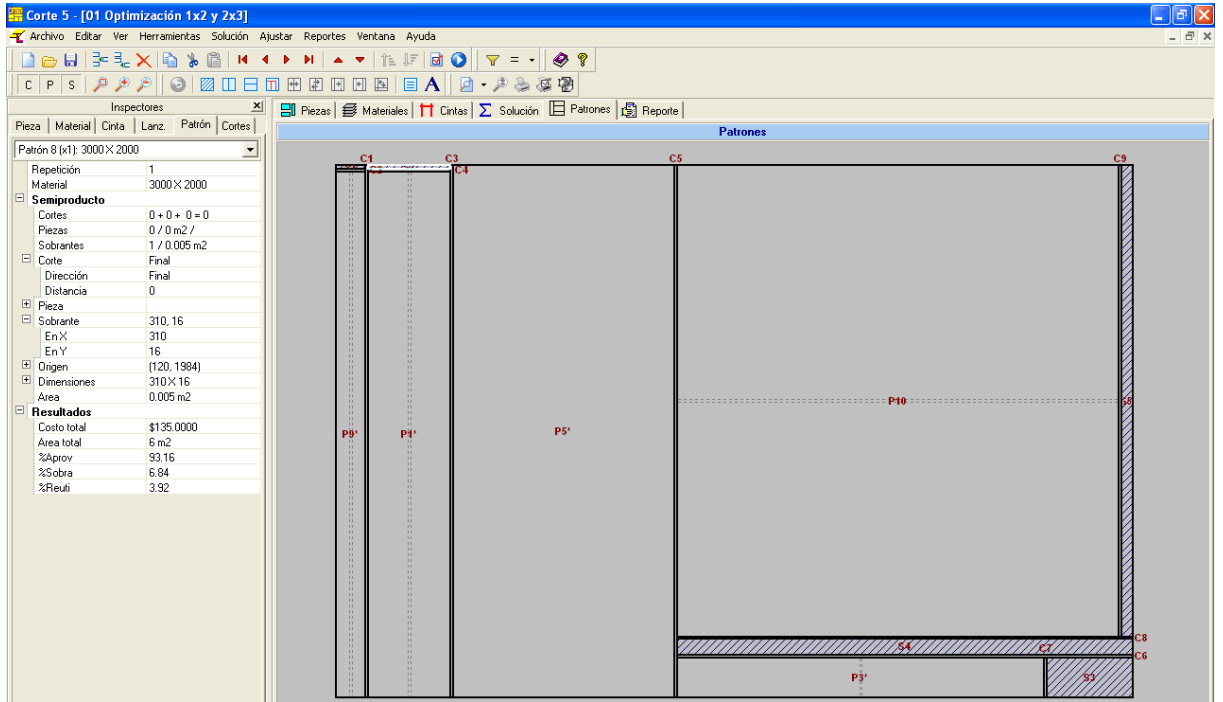
Inspectores

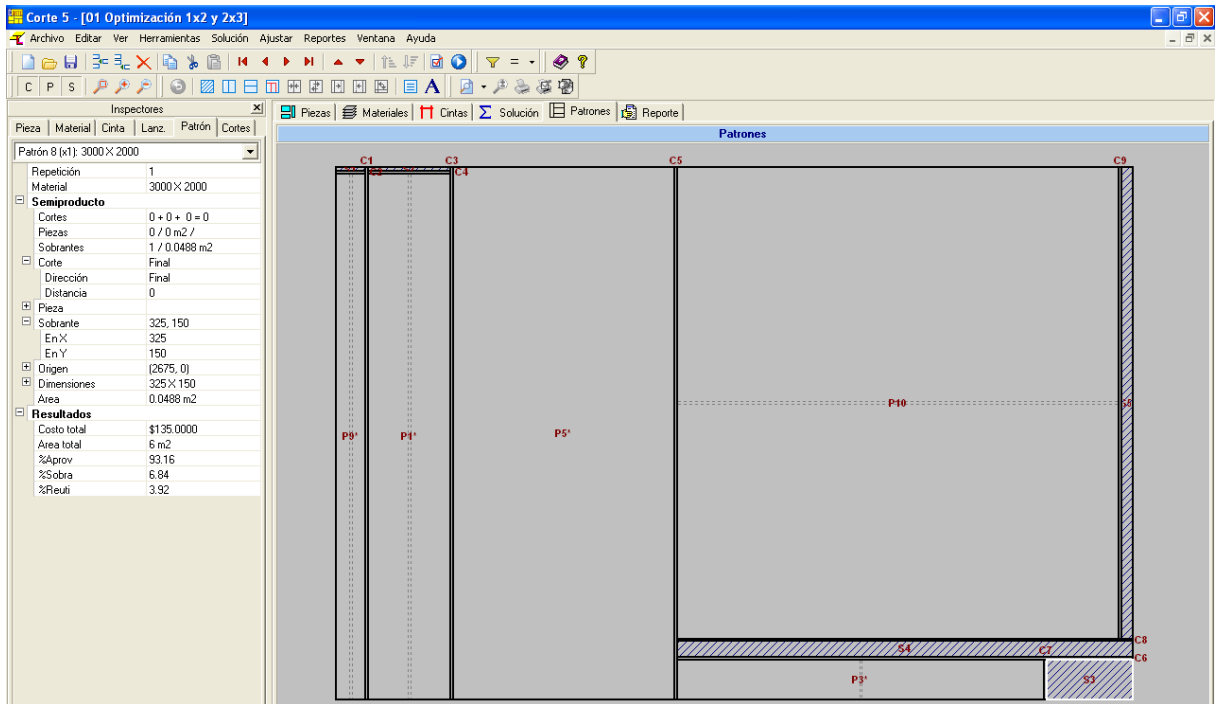
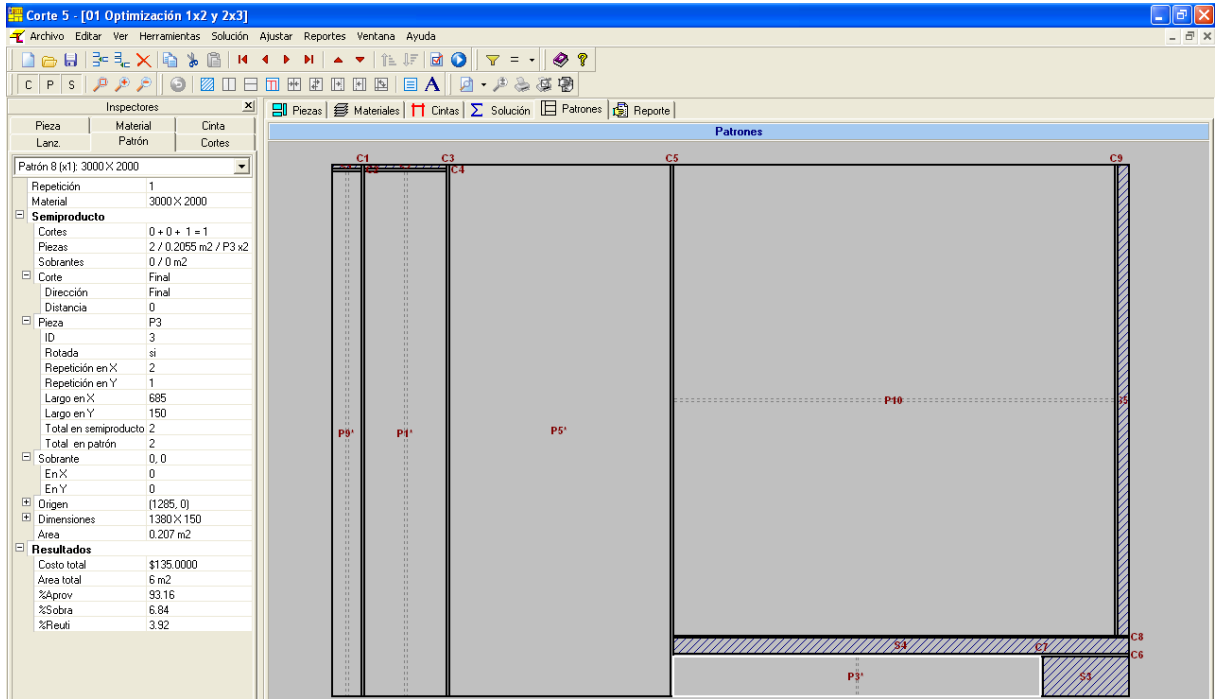
Pieza	Material	Cinta	Lanz	Patrón	Cortes
Patrón 8 (x1): 3000 X 2000					
Repetición	1				
Material	3000 X 2000				
Semiproducto					
Cortes	0 + 0 + 1 = 1				
Piezas	2 / 0.1974 m ² / P9 x2				
Sobrantes	0 / 0 m ²				
Corte					
Corte	Final				
Dirección	Final				
Distancia	0				
Pieza					
ID	9				
Rotada	si				
Repetición en X	2				
Repetición en Y	1				
Largo en X	50				
Largo en Y	1974				
Total en semiproducto	2				
Total en patrón	2				
Sobranante					
En X	0,0				
En Y	0				
Origen					
Origen	(0, 0)				
Dimensiones					
Dimensiones	110 X 1974				
Area	0.2171 m ²				
Resultados					
Costo total	\$135.0000				
Area total	6 m ²				
%Aprov	93.16				
%Sobra	6.84				
%Reuti	3.92				

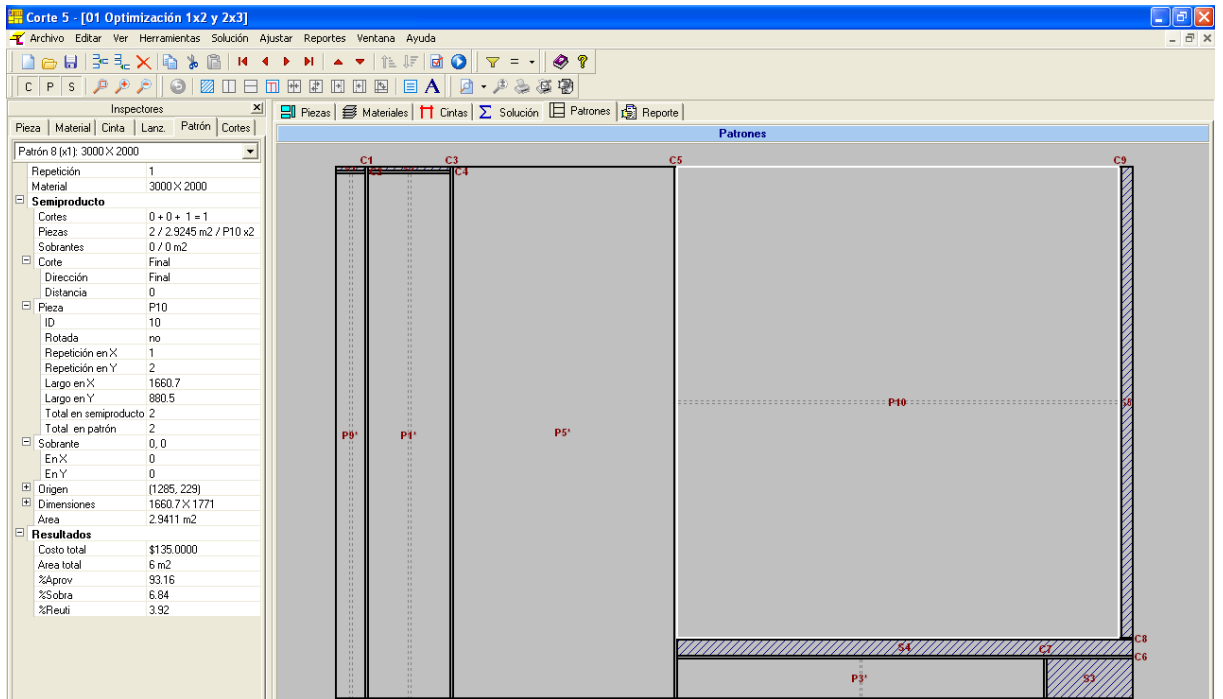
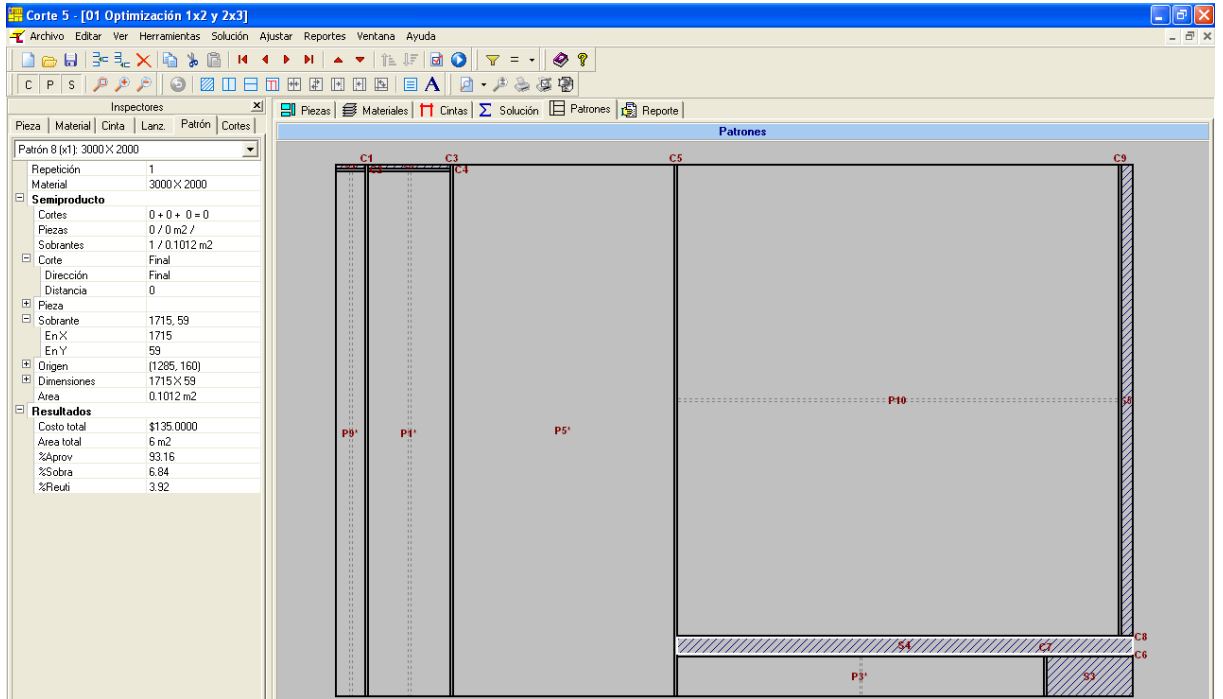
Patrones

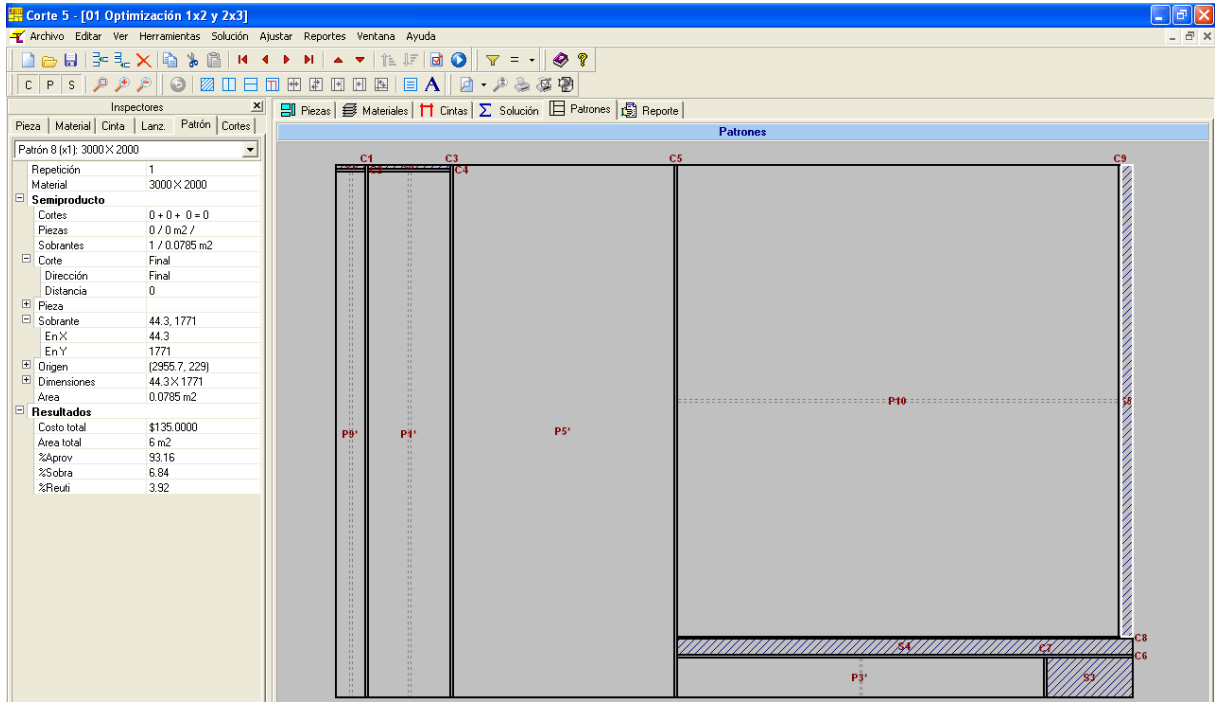
Diagram showing a 3000x2000 pattern with cut C1 and pieces P9, P1, P5, P10, P3, S3, C7, C6.



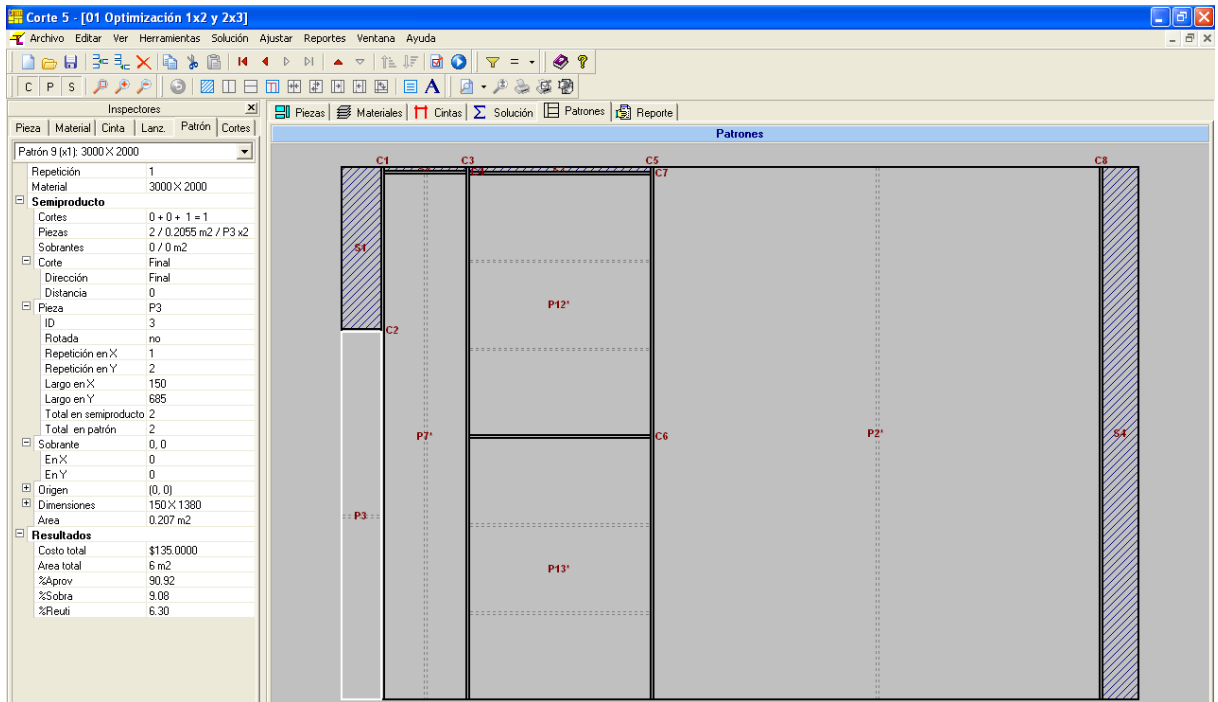
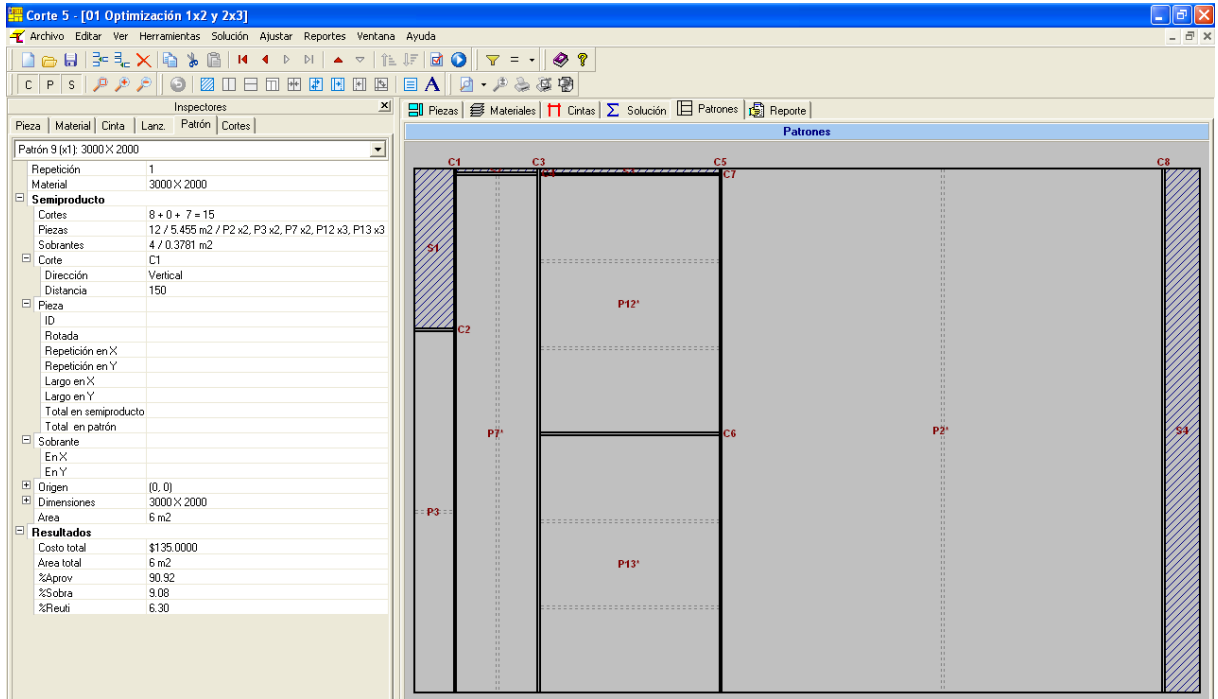


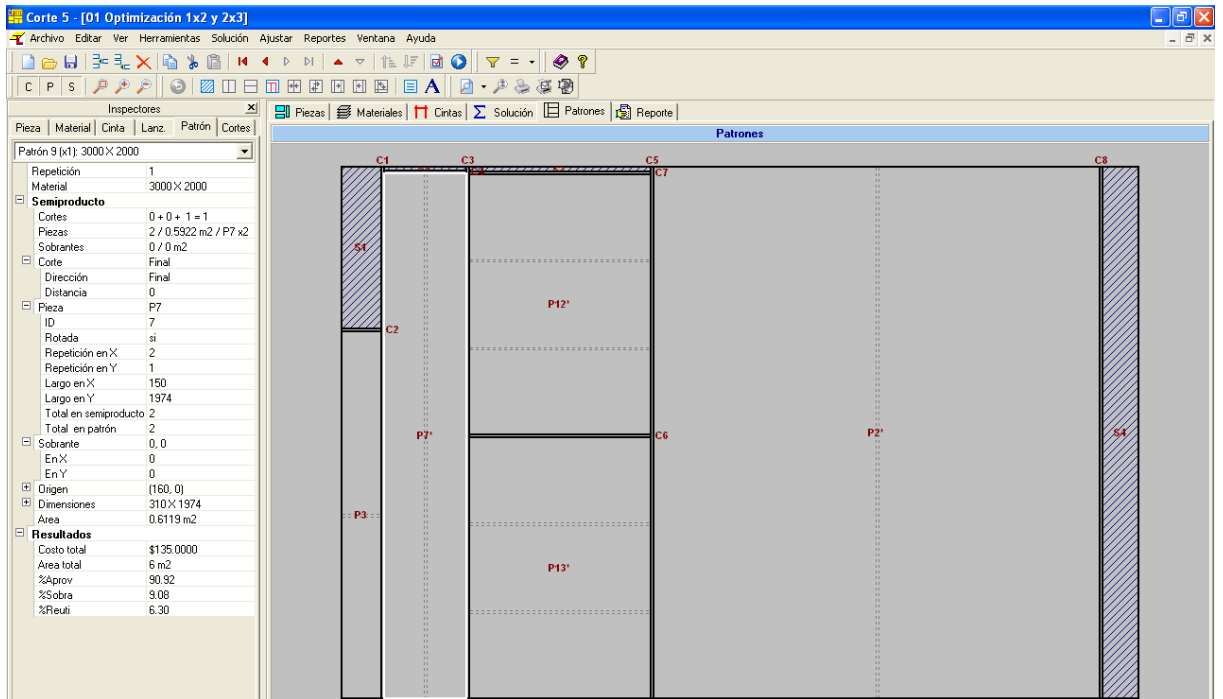
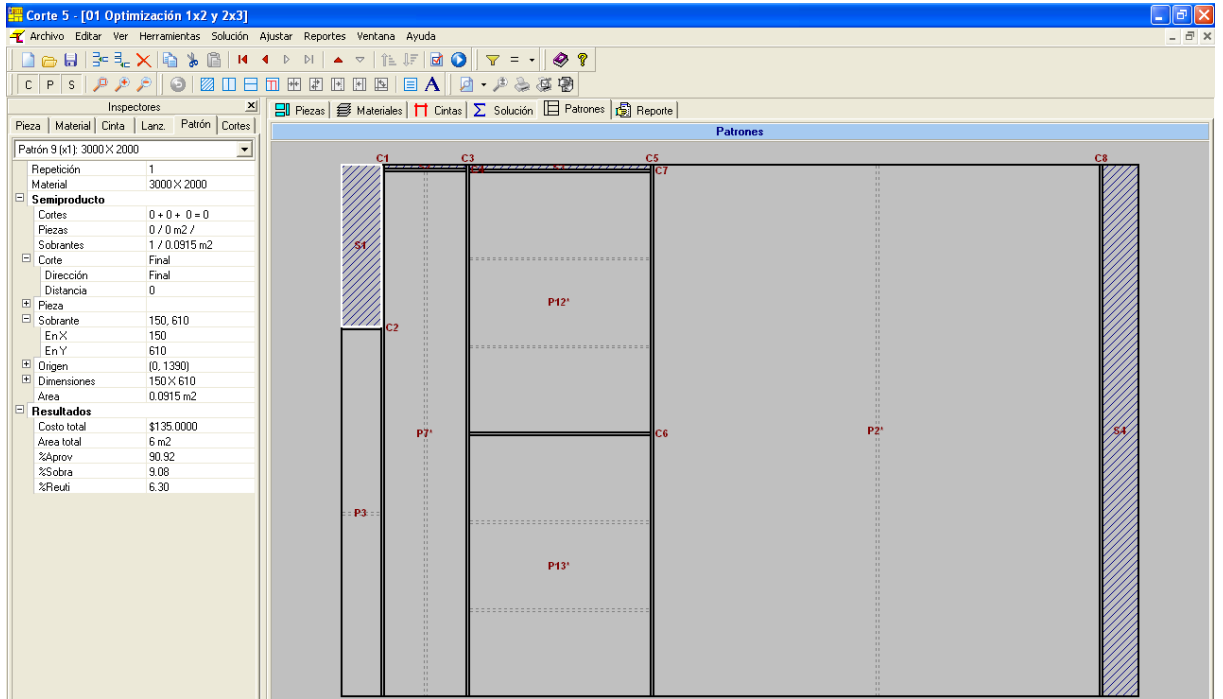


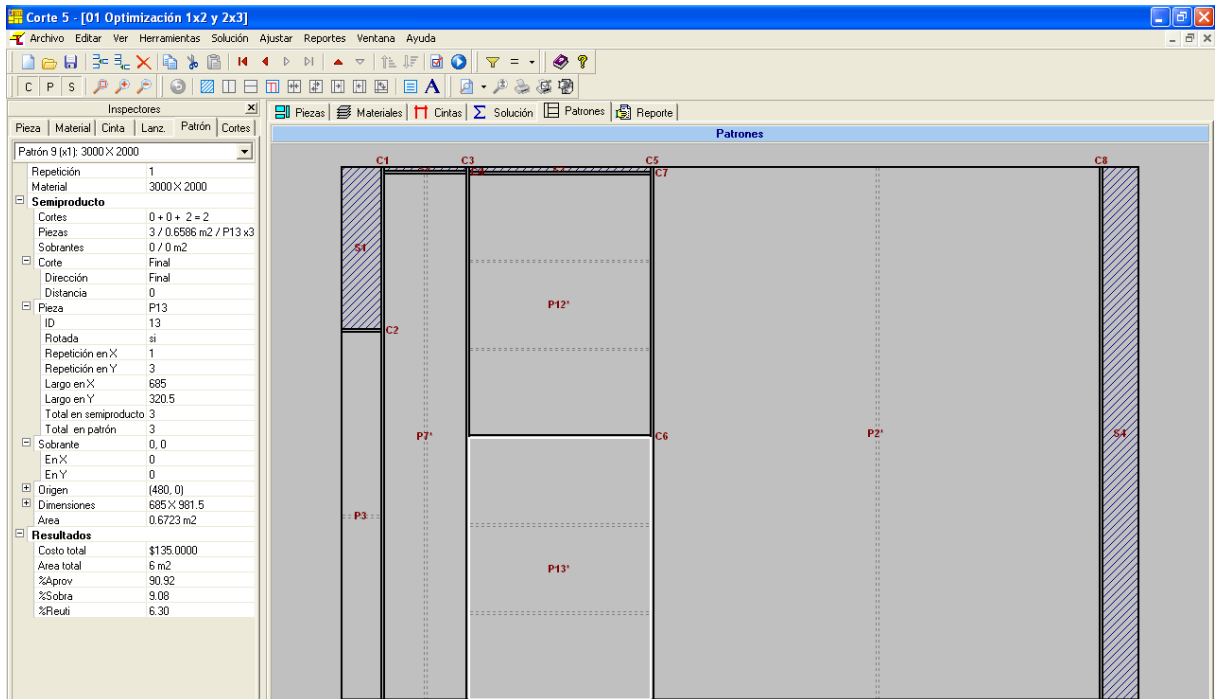
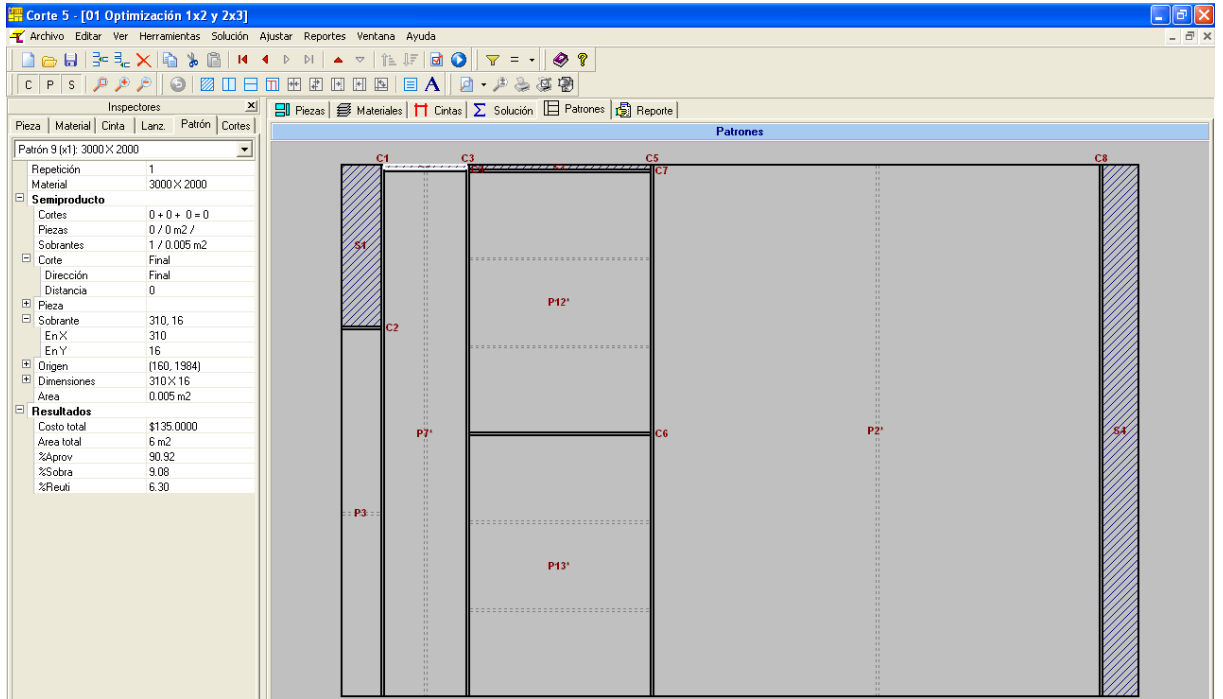


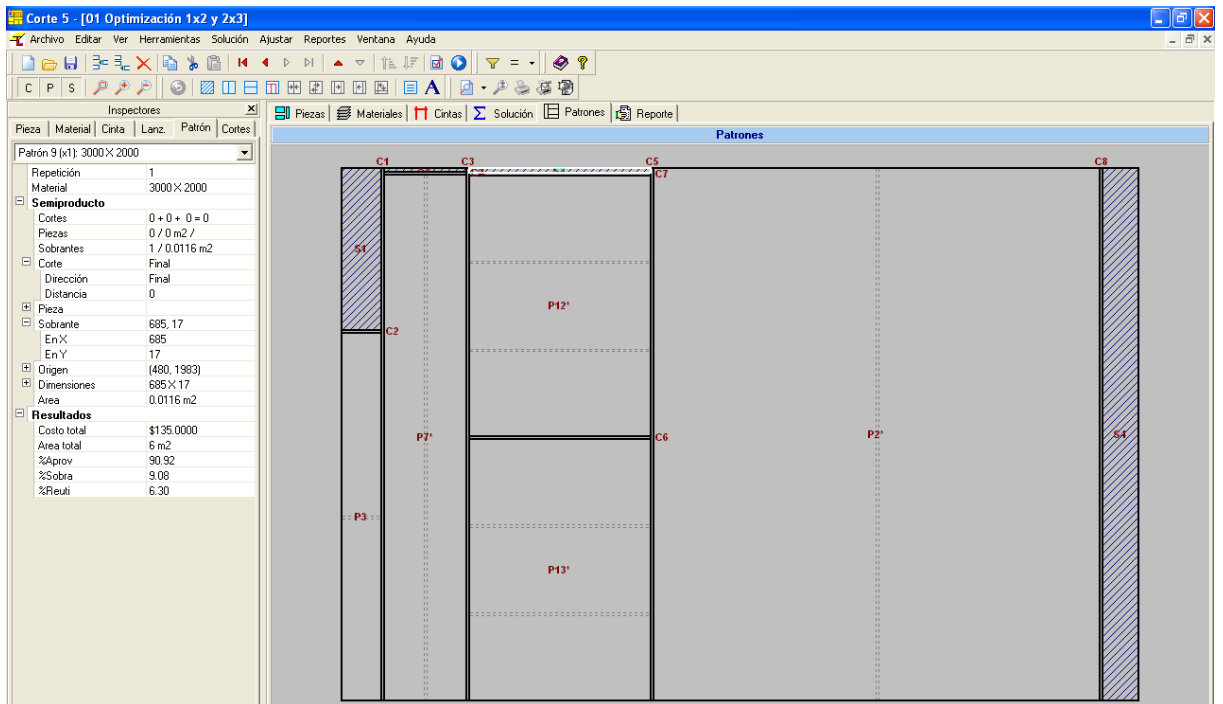
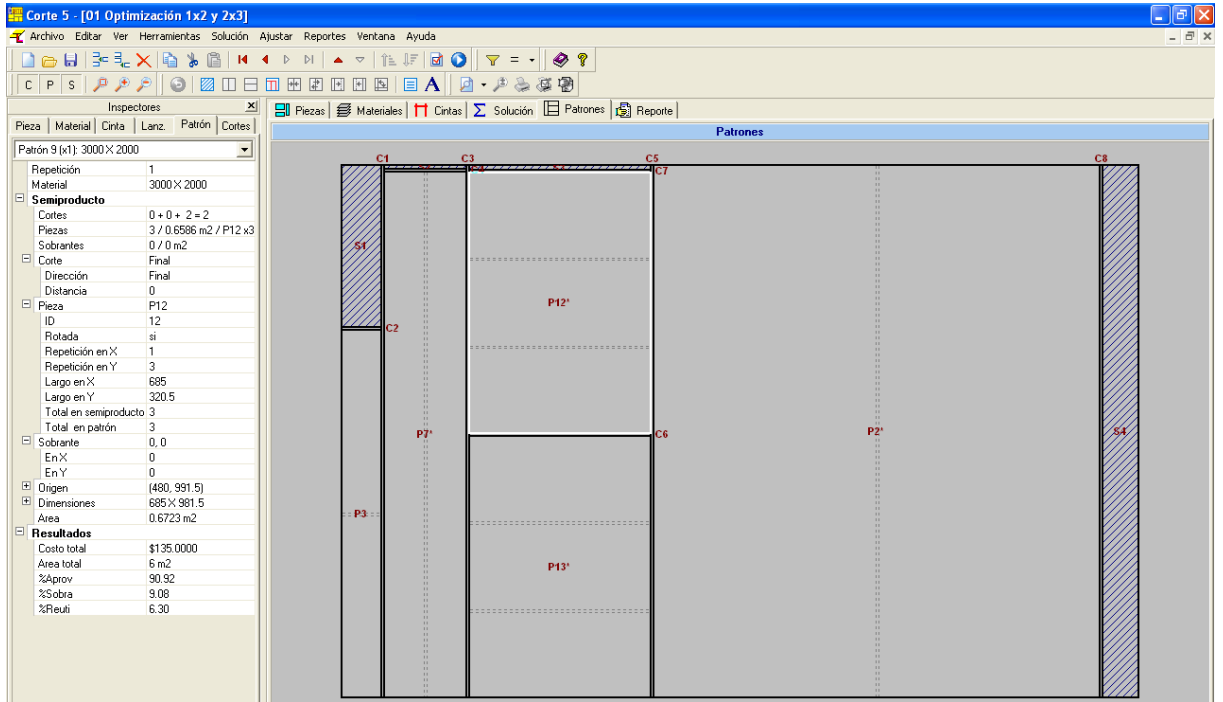


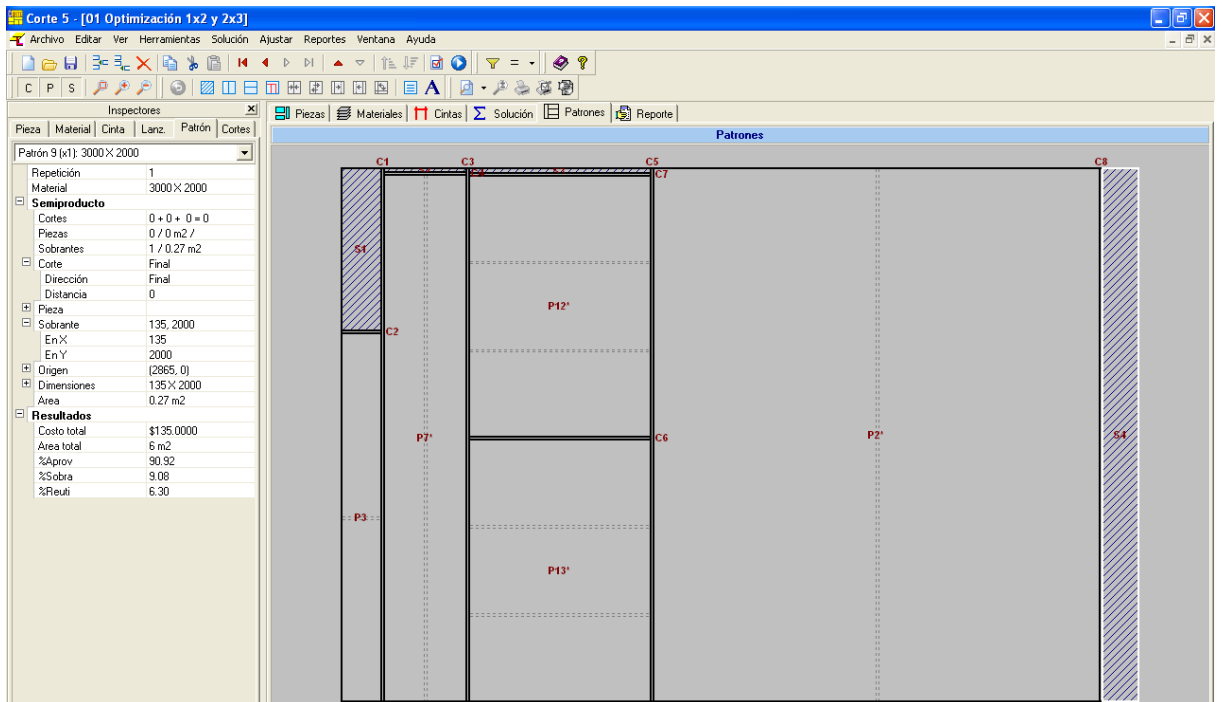
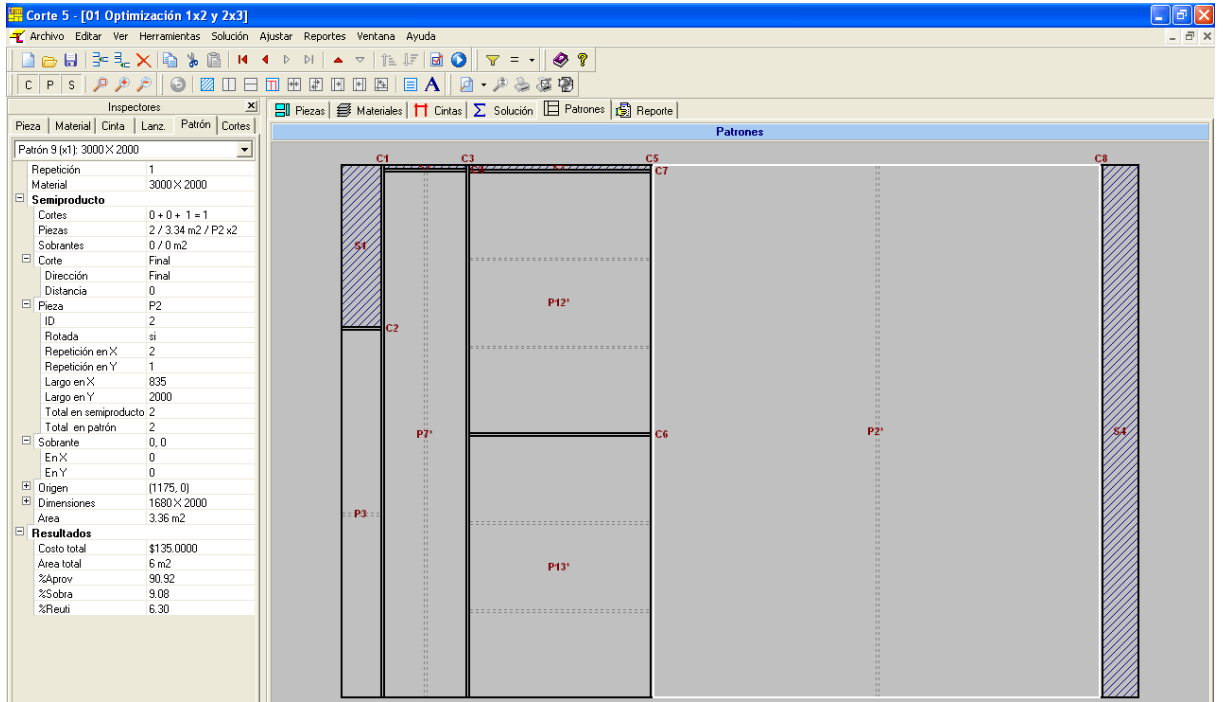
Patrón 9











ANEXO 4: PRESUPUESTOS DE POLIETILENO

Martínez Iñigo S.A.

		Martínez Iñigo, s.a. Polígono Comarca 2 calle B-18 31191 ESQUIROZ - NAVARRA Tfno. 948 188544 Fax. 948 188563 CIF. A/31/240971 ami@martinezi.com www.martinezi.com		PRESUPUESTO NÚMERO: 6377 FECHA: 03/02/2010	
		CLIENTE			
CODIGO: 00000		S/REF.		FORMA DE PAGO: METALICO EN CAJA	
IVA 16% no incluido	EMBALAJES Incluidos	TRANSPORTE -----	PORTES Debidos	FECHA ENTREGA	
CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE		
205	Polietileno blanco o gris, 2000 x 1000 x 6	46,80	9.594,00		
Fdo.  MARTÍNEZ IÑIGO, S.A.					
OBSERVACIONES / CROQUIS:					

Plancha de Polietileno HD de 2000 x 1000 x 6 mm:


46.8 €

Innova Plásticos Industriales S.L.

Código	De Refer.	Descripción	Cant.	Precio/u	Dto.	%	Importe
POLIET.13Q		Placa polietileno blanco natural HD 2000x1000x6mm	205	55,61	0	16	11.400,05
Base Imponible							11.400,05
IVA							1.624,01
TOTAL							13.224,06 Euros

Plancha de Polietileno HD de 2000 x 1000 x 6 mm: **55,61 €**

Complas Barcelona S.A.



COMPLAS
COMERCIAL DE PLASTICOS
PRESUPUESTO

DOCUMENTO 27993	FECHA 04/02/2010
CLIENTE DNI/CIF IÑIGO SUBIES	S/REFERENCIA

Nos place cursarles nuestra mejor oferta para el siguiente material.

Unidades	Código	Descripción	Uni.Medidas	Precio	Dtos.	Importe
205,00	DLCOLNAT001	POLIETILENO REF PE300/HD NATURAL Medidas:2.000,00 X 1.000,00 X 6	205,00 UDS.	43,010		8.817,050
		BASE :				8.817,05
		IMPORTE IVA (16,00%):				1.410,73
		TOTAL :				10.227,78

Plazo de Entrega: 04/02/10
 Portes:
 Validez de esta oferta: 60 días salvo variación de la materia prima.
 Forma de Pago: CONTADO

Esperando que lo expuesto merezca su aprobación, aprovechamos la ocasión para saludarles muy atentamente.


COMPLAS BARCELONA S.A.
 Ctra. N-150 Barcelona/Sabadell Km.2,68, nave 1, Montcada i Reixac (BCN) 08110
 Tel. 935650045 · Fax. 935650046 · e-mail: montcada@complasbcn.com
 REGISTRO MERCANTIL DE BARCELONA, HOJA 107.596, FOLIO 65, TOMO 9580, LIBRO 8.755, SEC.2º -N.I.F.A-58-560541

Le informamos, en virtud de la Ley de Protección de Datos, que los datos personales, fundamentalmente de la persona de contacto, obtenidos de las relaciones comerciales mantenidas con usted, han sido incorporados a un fichero del que es responsable COMPLAS BARCELONA, S.A., con objeto de aplicarlos a la actividad relacionada con el fin de realizar la gestión de administración general, informar y comercializar nuestros servicios. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, dirigiéndose a COMPLAS BARCELONA, S.A., domiciliada en el Taquígraf Gariga nº 170 bajos Cp de Barcelona 08029. Asimismo, le informamos que sus datos podrán ser utilizados por COMPLAS BARCELONA, S.A., para remitirle información de su interés. En el caso de que usted no lo desee así, o detecte que la información no está actualizada, diríjase por escrito a la dirección anteriormente indicada para hacérselo saber. Por todo ello solicitamos su autorización para el tratamiento de sus datos conforme a lo dispuesto en la cláusula anterior el cual entendemos otorgada si no recibimos noticias suyas en sentido contrario en el plazo de un mes.

Plancha de Polietileno HD de 2000 x 1000 x 6 mm:

43,01 €

Plásticos Ferplast S.L.



**Plásticos
FERPLAST S.L**

- METACRILATO • POLICARBONATO • POLIESTIRENO
- POLIETILENO • PETG • P.V.C. Y OTRAS MATERIAS
- MECANIZADOS C.N.C. (GRAN FORMATO)
- CORTE POR LASER • ENCOLADOS DE PRECISIÓN
- PROTOTIPOS Y PIEZAS ESPECIALES
- MOLDEO DE PIEZAS

Pressupost/Presupuesto/Budget

Nº Doc.	Nº Client.	Data/Fecha	Pg.
1.578	99999	08/02/2010	1/1

r/Ref.	s/Ref.	Responsable

sr. nºingó subtrés

CIF / NIF: A00000000

Cod.	Descripció /Descripción/Description	Unid.	Pr.Un.	Pardal
VJ -	Planchas de PE blanco de 2000x1000x8mm	205,00	38,00	7.790,00
TRANS.V//	TRANSPORTE (opcional)	1,00	97,00	97,00
Precio para la fabricación y suministro de las planchas de PE blanco de 8mm de las medidas indicadas. Plazo de entrega: 4-5 días.				
Import Net/Importe Neto/Net Amount		B. Imponible	15 % IVA	TOTAL/TOTAL AMOUNT
7.887,00		7.887,00	1.261,92	9.148,92 €

OBSERVACIONES:

TRANSPERENCIA AL I/FPA.
CCC:

Vencimiento Importe

Descrita en el Reg. Mercantil de Barcelona, Tomo 32.638, Folio 0211, Hoja B-27753, Inscripción 2ª, N.I.F. B-18.889.070

OFICINAS TERRASSA
 C/ Valls, 69 (Pol. Ind. Siglo XXI) • 08203 Terrassa (Barcelona) España
 Tel: (+34) 03 785 11 93 • Fax: (+34) 03 731 01 52
 www.plasticosferplast.es • info@plasticosferplast.es

OFICINAS Y FABRICA MANRESA
 C/ta. C-55, Km. 25,4 • Els Corredors • 08245 Manresa (Barcelona) España
 Tel: (+34) 932 901 905 • Fax: (+34) 932 561 907
 www.plasticosferplast.es • info@plasticosferplast.es

Plancha de Polietileno HD de 2000 x 1000 x 6 mm: **38 €**

Industria de la goma S.A.

75 aniversario 1933 - 2008

Industria de la goma
SUC. DE JMORELL S.A.
Cif. A43064740

Pol.Riu Clar OPlom.43
Tel 977.206520 Fax 977.206565
43006 TARRAGONA

e-mail info@industriadelagoma.com
web www.industriadelagoma.com

CLIENT GENERIC/PRESSUPOST

Fecha	Núm. Presupuesto	Ciiente
10/02/2010	A-1176	9000

Fecha Servicio	Su Referencia	N.I.F.	Teléfono	Pag.
	ACH			1

Artículo	Descripción	Unid.	Precio	Dto	Importe
99010	POLIETILENO HD DE 2000X1000X8MM COLOR BLANCO PLAZO DE ENTREGA 10 DIAS PORTES A SU CARGO PAGO POR ADELANTADO MEDIANTE TRANSFERENCIA BANCARIA	205,00	37,500		7.687,50

BASE	% IVA	CUOTA	% REC	CUOTA
7.687,50	16,00	1.230,00	0,00	0,00




Total Bases Iva	7.687,50
Total Iva	1.230,00
Total Presupuesto	8.917,50

Forma de Pago	Núm. Vtos
CONTADO	1

Plancha de Polietileno HD de 2000 x 1000 x 6 mm:

37,5 €

Maniastic S.L.

				Polgono Ind. Villanquejar - C/ López Bravo, 28-30 Telf: +34 947 29 81 33 - Fax: +34 947 29 81 34 00001 BURGOS (ESPAÑA) E-mail: comanda@maniastic.es www.maniastic.es	
N° Oferta: 10/00193-00					
Fecha: 09/02/2010					
C.I.F./N.I.F.:					
Página:1					
Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe	
Partida 1:					
000010	PLACAS DE PE 2000*1000*6mm	- UNIDAD	206,00	35,8000	7288,00
Importe Bruto		Base Imponible	Importe IVA	TOTAL OFERTA	
7298,00		7298,00	1167,68	8465,68 Eu	
Periodo de validad: 30 Plazo de entrega: 7 Portes: Debidos					
ACEPTADO CLIENTE					

Plancha de Polietileno HD de 2000 x 1000 x 6 mm: **35,6 €**

ANEXO 5: PRESUPUESTOS DE MAQUINARIA COMERCIAL

Una de las empresas de maquinaria de maquinaria comercial es:

Alarsis Corte Industrial, S.L.

Polígono industrial Las Salinas C/ Holanda parcela 12, nave 7
30840 Alhama de Murcia - Murcia, España.

Tel. (+34) 968638192

info@alarsis.com

Antes de presentar los presupuestos dados, presento sus productos:

FR180 CBO



ALARSIS

Sistemas de corte industrial

Fresadora FR180+OPCCBRUC



Características Técnicas

Fresadora /enrutadora FR180 opción Brushless/Ordenador.

- ✓ Mesa construida con bastidores de aluminio muy robusta.
- ✓ Guías lineales con patines de recirculación de bolas sin holguras.
- ✓ Transmisión por correas dentadas en poliuretano con hilos de acero interiores inextensible.
- ✓ Alta velocidad de desplazamiento 15metros/min.
- ✓ Resolución 0,01 mm.
- ✓ Cabezal brushless de 1,4CV (sin escobillas)
- ✓ Motores CeNeCe 24HB90 alto torque 30 Kg/cm.
- ✓ Nueva electrónica de control modelo CeNeCe-C6 de micropaso y PWM.
- ✓ Carro integrado con electrónica C6, ordenador y variador Fuji.
- ✓ Puntero láser para verificación de puesta a cero de ejes X,Y.
- ✓ Palpador para puesta a cero de eje Z.
- ✓ Control Remoto.
- ✓ Dimensiones de la mesa 1590x810 mm.
- ✓ Detección de fin de carrera en los ejes.
- ✓ Área útil de trabajo: 1360x740. Altura útil eje Z 80 mm.

2 años de garantía. Certificada CE. Fabricada en España por Alarsis
Información disponible en www.alarsis.com , www.cenece.com

Versión profesional perfecta por su tamaño para rotulistas, maquetistas y modelistas, muy robusta y bajo mantenimiento, característica de todos los modelos de fresadora FR. Motor fresador brushless, carro con ordenador completo, electrónica de control y variador de frecuencia






Motor Fresador BRUSHLESS de alta frecuencia.
Detalles técnicos:
* Potencia..... 1kw 1,4CV.
* Rango Velocidad..... 7200/24000 rpm.
* Motor brushless sin escobillas.
* Pinza-portapinza de 3 hasta 32mm mango.
* Variador Fuji Multi 2,2 Kw.


www.cenece.com

FR210 CBO



ALARSIS

Sistemas de corte industrial

Fresadora FR210 CBO

Modelo profesional de dimensiones medias, perfecta para rotulistas carpinteros, muy robusta y bajo mantenimiento, característica de todos los modelos de fresadora FR. Motor fresador brushless y carro con ordenador. Dimensiones para materiales de 200x100cm



Características Técnicas

Fresadora FR210 opción Carro/Brushless/Ordenador.

- ✓ Mesa construida con bastidores de aluminio muy robustos.
- ✓ Nueva electrónica de control modelo C6 con micropasos.
- ✓ Guías lineales con patines de recirculación de bolas sin holguras.
- ✓ Velocidad de desplazamiento 15 metros/mín. (250mm/seg)!!.
- ✓ Resolución 0,01mm.
- ✓ Motores CeNeCe 24HB90 30kg/cm alto torque.
- ✓ Nuevo sistema de aspiración de viruta.
- ✓ Cabezal brushless de 1,4CV (sin escobillas, alto rendimiento).
- ✓ Carro integrado con electrónica C6, ordenador y variador Fuji.
- ✓ Puntero láser para verificación de puesta a cero de ejes X,Y.
- ✓ Palpador para puesta a cero de eje Z.
- ✓ Control remoto.
- ✓ Software Mach2/3 incluido y configurado.
- ✓ Dimensiones de Mesa 2240x1080 mm.
- ✓ Dimensiones útil de trabajo 2000x1000mm.
- ✓ Altura eje Z 90mm, recorrido eje Z 180 mm.





Motor fresador brushless de alta frecuencia.

Detalles técnicos:

- * Potencia..... 1kW 1,4CV.
- * Rango velocidad variable hasta 24000 rpm.
- * Motor brushless sin escobillas.
- * Pinza-portapinza de 3 hasta 12mm mango.
- * Variador Fuji Multi 2,2kw.

2 años de garantía. Certificado CE. Fabricado en España por **Alaris**

Información disponible en www.alarsis.com , www.cenece.com



FR210 VAC



ALARSIS

Sistemas de corte industrial

Fresadora FR210+ OPCMVACC



Características Técnicas

Fresadora/enrutadora Fr210 opción MesaVacio/Brushless/Ordenador.

- ✓ Mesa construida con bastidores de aluminio muy robusto.
- ✓ Nueva electrónica de control modelo C6 con micropasos.
- ✓ Guías lineales con patines de recirculación de bolas sin holguras.
- ✓ Velocidad de desplazamiento 15 metros/min. (250mm/seg)!!.
- ✓ Resolución 0,01mm.
- ✓ Motores CeNeCe 24HB90 30Kg/cm alto torque.
- ✓ Mesa de vacío para sujeción de piezas con 2 sectores Independientes.
- ✓ Bomba de vacío de 2,5CV.
- ✓ Nuevo sistema de aspiración de viruta.
- ✓ Cabezal brushless de 1,4CV (sin escobillas, alto rendimiento).
- ✓ Carro integrado con electrónica C6, ordenador y variador Fuji.
- ✓ Puntero láser para verificación de puesta a cero de ejes X,Y.
- ✓ Palpador para puesta a cero de eje Z.
- ✓ Control remoto.
- ✓ Software Mach2/3 incluido y configurado.
- ✓ Dimensiones de Mesa 2240x1080 mm.
- ✓ Dimensiones útil de trabajo 2000x1000mm.
- ✓ Altura eje Z 80mm, recorrido eje Z 120 mm.

Modelo profesional de dimensiones medias, perfecta para rotulistas, muy robusta y bajo mantenimiento, característica de todos los modelos de fresadora FR. Motor fresador brushless, mesa de vacío sectorizada, Dimensiones para materiales de 200x100cm




Motor Fresador BRUSHLESS de alta frecuencia.

Detalles técnicos:

- * Potencia 1kW 1,4CV.
- * Rango velocidad variable hasta 24000 rpm.
- * Motor brushless sin escobillas.
- * Pinza-portaobjetos de 3 hasta 12mm mango
- * Variador Fuji Multi 2,2Kw.

2 años de garantía. Certificada CE. Fabricada en España por Alaris

Información disponible en www.alarsis.com , www.cenece.com



FR250 VAC**Fresadora FR250 v**

Modelo profesional de dimensiones especiales para rotulistas y carpinteros, muy robusta y bajo mantenimiento, característica de todos los modelos de fresadora FR. Sus dimensiones permite introducir y mecanizar tableros de 244x122cm. Motor fresador brushless con carro ordenador, electrónica control y variador de frecuencia, con la mesa de vacío sectorizada en cuatro áreas independientes para facilitar la fijación de piezas.

**Características Técnicas**

- ✓ Mesa construida con bastidor de aluminio muy robusto.
- ✓ Mesa de vacío para sujeción de piezas con 4 sectores independientes.
- ✓ Bomba de vacío de 7CV.
- ✓ Guías lineales con patines de recirculación de bolas de 15 mm sin holguras.
- ✓ Transmisión por correas dentadas en poliuretano con hilos de acero interiores inextensible, paso HTD3M.
- ✓ Alta velocidad de desplazamiento 1.5000mm/min.
- ✓ Resolución 0,01 mm.
- ✓ Motores de 200 pasos CeNeCe 24HB90 alto torque 30 Kg/cm.
- ✓ Carro con electrónica de control C6 Micropaso y ordenador.
- ✓ Desplazamiento en los Ejes X e Y mediante poleas dentadas.
- ✓ Desplazamiento en el Eje Z por husillo de rosca trapezoidal.
- ✓ Detección de fin de carrera en los ejes.
- ✓ Dimensiones de la mesa: **2780x1350**.
- ✓ Área útil de trabajo: **2680x1270mm**. Altura útil eje **Z 100 mm**.



Motor Fresador BRUSHLESS de alta frecuencia.

Detalles técnicos:

- * Potencia..... 1KW 1,4CV.
- * Rango velocidad variable hasta 24000 rpm.
- * Motor brushless sin escobillas.
- * Pinza-partapiza de 3 hasta 12mm mango
- * Variador Fuji Multi 2,2Kw.

2 años de garantía. Certificada CE. Fabricada en España por Alarsis
 Información disponible en www.alarsis.com , www.cenece.com



Así, tras exponer los productos de ALARSIS de maquinaria de fresado, detallo la oferta de una fresadora FR210 lista para funcionar para el mecanizado de planchas de polietileno de 2000 x 1000 (mm)

ALARSIS son fabricantes de todos sus modelos CNC con el 100 % de I+D propio bajo normativa de calidad ISO 9001, lo que asegura el servicio postventa y la garantía de 2 años CE, les abalan los más de 450 sistemas instalados en España y otros países.

	Presupuesto sistema de fresado	Precio (€)
FR 210 VAC	Fresadora FR210 con motor brushless, carro con ordenador y mesa de vacío	14170
Mach2	Software de control fresadora	150
Vcarve PRO	Software de gestión de fresado 2D 2,5D	450
ASP12	Aspirador industrial 1200 W	295
IPM	Instalación y puesta en marcha	sin cargo
Portes		250
Total		15315
	Oferta	14500

Precio sin IVA



Y en conjunto, los precios del año pasado, y según asegura el comercial de ALARSIS, manteniendo los precios a lo largo de 2010.



Lista de precios fresadoras CeNeCe. Julio2009						
OPCIONES	Mesa aluminio y motor fresador Kress	Estándar con puente de 120mm	Mesa aluminio con carro con ordenador + motor brushless	Mesa alu. con carro + ordenador + motor brushless y puente de 120mm.	Mesa alu. con carro + ordenador + motor brushless y puente de 250mm.	Mesa vacío con carro con ordenador + motor brushless
MODELO	Estándar	Estándar PA120	Carro Brushless	Carro Brushless PA120	Carro Brushless PA250	Carro Vacío
FR150	4.780 €	4.980 €				
FR180	7.490 €	7.740 €	10.690 €	10.990 €		
FR210	9.270 €	9.570 €	12.470 €	12.770 €	14.870 €	14.170 €
FR250	11.460 €	11.760 €	14.980 €	15.280 €	15.960 €	18.600 €
FR270			15.600 €	15.900 €		19.350 €
FR350						24.840 €

Lista de precios cortadores CeNeCe. Julio2009						
OPCIONES	Electrónica C5 + Control Temperatura Manual	Electrónica C5 + Control Temperatura Digital	Carro integrando Electrónica C5 + CT manual + ordenador	Carro integrando Electrónica C5 + CT digital + ordenador		
MODELO	Estándar	CT Digital	Carro	Carro CT-Digital		Medidas útiles cm
CRT150	2.950 €	3.650 €				100x40x*
CRT150L	3.980 €	4.680 €				150x60x*
CRT300	6.940 €	7.650 €	7.840 €	8.540 €		200x130x100
CRT300L	7.740 €	8.440 €	8.640 €	9.340 €		250x130x100
CRT300XL	8.540 €	9.230 €	9.440 €	10.140 €		300x130x100
CRT300 S	Medidas especiales... consultar.					
Todos los modelos CRT300 incluyen multihilo (3 hilos) y software CeNeCe PRO						

PROGRAMAS	MCH2	Mach2	150 €
	VCARV	VcarvePro	450 €
	PHOTV	PhotoVcarve	125 €
	CUT3D	3DCut	240 €
	2DCUT	2DCut	120 €
	SFPRO	Progama CeNeCe Pro	280 €
ACCESORIOS	AMKRS	Amoladora Kress	198 €
	ASP12	Aspirador 1200 W	295 €
	ASP22	Aspirador 2200 W 2 motores 78 litros	680 €
	ESCKR	Juego de escobillas para amoladora Kress	12 €
	MNASP	Manguera aspiración 5m.	39 €
	BRDAC	Kit brida de sujeción para mesa de aluminio	5 €
ORDENADOR	PCCNC	CPU P4 3ghz, 80Mb HD, 1 Mb RAM	465 €
	MO17TFT	Monitor	189 €
	TCLOGIT	Teclado	24 €
	RTLOGIT	Ratón	15 €