

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO INNOVADOR DE UNA PLANTA DE RECICLAJE
DE PRODUCTOS ELECTRO-ELECTRÓNICOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA
ING. LINDA MARISOL MACHADO GALLO**

**DIRECTORES DE TESIS:
DR. BENJAMÍN VALDEZ SALAS**

**CODIRECTOR DE TESIS:
DR. TOMAS PRIETO BAUMANN**

Mexicali, B. C., 20 enero del 2017

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo financiero a través de la beca de estudios que me fue otorgada durante el periodo del posgrado.

A la UABC y al Instituto de Ingeniería por todas las oportunidades que me brindaron al Dr. Benjamín Valdez quien me apoyo durante mi desarrollo y tenerme la confianza para ser su estudiante. Al Dr. Tomas Prieto, a quien agradezco su tiempo compartido para el desarrollo de esta tesis y el aporte de su valiosa experiencia e información en el área del reciclaje.

A los Doctores, Benjamín Valdez, Mónica Carrillo, Rogelio Irigoyen, quienes me evaluaron durante mis presentaciones cada semestre, gracias por sus consejos y comentarios.

A mis padres Conchita Gallo y Miguel Machado por su incondicional apoyo en todos los aspectos y al apoyo de mi esposo Héctor Velasco.

Y a Jesucristo quien ha hecho este proyecto una complacencia para mi vida profesional.

RESUMEN

Los residuos de aparatos electro-electrónicos conocido por sus siglas como RAEE es un problema que esta aumentado en el mundo (STEP, 2014), vivimos en una sociedad donde cada vez dependemos más de los dispositivos electro-electrónicos, tanto en nuestra vida cotidiana y profesional, la demanda de los productos electro-electrónicos se están elevando a cantidades abrumadoras, donde un dispositivo electro-electrónico se deja de usar no solo porque ya presenta una falla sino que además de esto, también dejamos de usarlos debido a que los mercados ofertan productos nuevos que obsoleta los anteriores en un ciclo muy corto; Si este tipo de residuos no reciben un tratamiento especial, pueden ser causa para contaminar el ambiente y pone en riesgo grave de salud a las personas que se encuentran alrededor, así como a su ecosistema.

La presente tesis es una propuesta de una planta para el proceso de reciclaje de productos electro-electrónicos tomando en cuenta la experiencia que se ha vivido dos de las empresas más importantes del continente Europeo como RECYTEL en España y IMMARMARK en suiza, ya que estas presentan un gran avance en capacidad de proceso para el reciclaje y esto se debe a que Europa atravesó por una grave crisis de residuos y tuvieron que adelantar su tecnología en los procesos del reciclaje de este residuo en comparación con el resto de los países; Sus procesos han evolucionado, a un ritmo de proceso de 20 toneladas la hora.

El objetivo principal en esta tesis es retomar las experiencias de las empresas mencionadas. El diseño de esta planta tendrá una capacidad de 3 a 5 toneladas la hora, tal que la inversión de esta planta tenga un retorno de la inversión ajustada a los mercados de América donde las condiciones actuales son distintas, dichas condiciones son explicadas a lo largo de esta tesis.

Esta tesis muestra una solución redituable para los inversores, una solución ambiental para el estado y una solución que preserva y asegura la calidad de vida en un futuro que podría padecer nuestra sociedad y el ambiente, una medida sustentable que es urgente e importante llevar a cabo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABLAS	8
1. Introducción.....	9
2. Problemática	12
2.1 Problemática Local.....	14
2.2 Problemática internacional.....	17
2.3 La Situación por País.....	18
3. Soluciones inmediatas para el control de los residuos en la zona noroeste de México.....	20
4. Beneficio ambiental y oportunidades de negocio.....	24
4.1 Contenido de Metales en el RAEE.....	25
5. Normativa	29
6. Mercado de interés y filosofía de diseño	31
6.1 Mercado de interés	31
6.2 Filosofía de diseño	31
7. Diseño para un proceso automático de reciclaje	33
7.1 Selección del tipo de residuo electro-electrónico a reciclar	35
7.2 Selección de maquinaria para el fragmentado.....	36
7.3 Esquema de procesos existentes.....	44
7.4 Esquema de procesos optimizado para América.....	57
7.5 Esquema de proceso en 3ra dimensión y descripción de maquinaria	61
7.6 Distribución de la planta	64
7.7 Señalamientos y ambiente de trabajo para la seguridad.....	66
7.8 Flujo de proceso	70
7.9 Diseño de módulo para las estructuras.....	72
8. Rentabilidad (Retorno de la inversión).....	87
CONCLUSIÓN.....	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXO 1 (Planos de distribución de procesos).....	95
ANEXO 2 (Tablas para el diseño del área del estacionamiento).....	96
ANEXO 3 (Tablas para el diseño del área de muebles sanitarios).....	98

ANEXO 4 (Asignación y localización de letreros y señalamientos).....	99
ANEXO 5 (Diagrama de proceso).....	115
ANEXO 6 (Planos de construcción y configuraciones de módulos estructurales).....	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de productos electrónicos (mmd)	10
Figura 2. Consumo mundial de productos electrónico 2010-2020 (mmd)	11
Figura 3. Elementos químicos contenidos en un celular.....	12
Figura 4. Distribución en porcentaje del tipo de basura estimada para el 2020	13
Figura 5. Consumo nacional de productos electrónicos 2010-2020 (mmd)	14
Figura 6. Productos Electro-Electrónicos generados anualmente en el Mundo (mmd/Ton).....	17
Figura 7. Basura Electro-Electrónicos generada por País.....	18
Figura 8. Ruta de las exportaciones ilegales de basura electrónica	19
Figura 9. Porcentaje de residuos no peligrosos y peligrosos	20
Figura 10. Países con un avance en legislación o voluntarios para el tratamiento de la basura electro-electrónica.....	22
Figura 11. Porcentaje de exportación de México al mayor consumidor del mundo.....	22
Figura 12. Costos de los metales.....	28
Figura 13. Línea blanca.....	35
Figura 14. Línea marrón	35
Figura 15. Línea gris	35
Figura 16. Triturado de un marco de CPU.....	36
Figura 17. El espacio entre las navajas y ejes es de menos de 1 plg y comprime los materiales	37
Figura 18. Material peligroso para la separación manual en un proceso para el obrero.....	37
Figura 19. Máquinas de fragmentación ventajas y desventajas	38
Figura 20. Máquinas de impacto ventajas y desventajas	39
Figura 21. Máquina de impacto por cadena ventajas y desventajas	40
Figura 22. Interior de una cámara de una máquina de impacto por cadena.....	40
Figura 23. Materiales peligrosos separados durante el proceso de reciclaje	41
Figura 24. Residuos después de la fragmentación con la máquina de impacto por cadenas.....	41
Figura 25. Materiales separados en operaciones posteriores a la máquina de impacto	42
Figura 26. Máquina de fragmentación de cadena	43
Figura 27. Planta RECYTEL, Madrid, España.....	45
Figura 28. Proceso de reciclaje de RAEE en RECYTEL	46
Figura 29. Banda de elevación de materia prima en el proceso de RECYTEL.....	47

Figura 30. Planta Immark de Suiza, Zúrich	49
Figura 31. Proceso de Immark	50
Figura 32. Proceso interior en Immark, estructuras y mezzanines característicos de este proceso	51
Figura 33. Planta CEAR, Sacramento, California	53
Figura 34. Proceso de CEAR	54
Figura 35. Interior de la planta CEAR, utilizando una máquina de impacto.....	55
Figura 36. Proceso conceptual para América	57
Figura 37. Proceso de separación de residuo	58
Figura 38. Procesos de reciclaje de RAEE para América.....	58
Figura 39. Esquema de las estimaciones para la separación de los residuos durante el proceso propuesto para América	60
Figura 40. Esquema de proceso en 3ra dimensión.....	61
Figura 41. Esquema de proceso de separación de residuo en 3ra dimensión	61
Figura 42. Criba para separar materiales a fracciones convenientes	62
Figura 43. Máquina de corrientes de Foucault STEINERT.....	63
Figura 44. Proceso general en 3ra dimensión	63
Figura 45. Plano de distribución de planta en vista superior	64
Figura 46. Planta completa en 3ra dimensión.....	66
Figura 47. Planta completa en 3ra dimensión con corte	67
Figura 48. Vista en planta de la distribución a detalle.....	67
Figura 49. Plano de distribución con los delineamientos	68
Figura 50. Diagrama de flujo planeado en plano de distribución	71
Figura 51. Esquema general mezzanines	72
Figura 52. División de los mezzanines por módulos estructurales.....	73
Figura 53. Columnas y Tensores	74
Figura 54. Estructura armada con tornillería	74
Figura 55. Base estructural del modulo	75
Figura 56. Posición de la base estructural en modulo.....	75
Figura 57. Posición de la base sobre las columnas	76
Figura 58. Colocación de abrazaderas en las esquinas de los módulos	76
Figura 59. Módulos estructurales sin abrazaderas	77
Figura 60. Módulos estructurales con abrazaderas	77

Figura 61. Piso de diamante para los módulos	78
Figura 62. Ubicación de barandales en módulos	78
Figura 63. colocación de barandales en módulos	79
Figura 64. Orejas en los barandales	79
Figura 65. Cortes a 45 grados en los barandales.....	80
Figura 66. Escalera marina y de barandal.....	80
Figura 67. Posición de la jaula en la escalera	81
Figura 68. Posición de la escalera marina en el modulo.....	81
Figura 69. Escaleras marina larga y corta.....	82
Figura 70. 1er configuración de la escalera de barandal.....	82
Figura 71. 2da configuración de la escalera de barandal	83
Figura 72. 3ra configuración de la escalera de barandal.....	83
Figura 73. Dimensiones generales del modulo	84
Figura 74. Cálculo del análisis estructural para viga de modulo	85
Figura 75. 1er Mezzanine para el proceso de separación de residuo.....	85
Figura 76. 2do Mezzanine para el proceso de fragmentación	86
Figura 77. Integración de mezzanines al proceso diseñado.....	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Producción global de electrónicos por subsector 2011.....	9
Tabla 2. Productos Electro-Electrónicos vendidos en los mercados anualmente.....	10
Tabla 3. Productos Electro-Electrónicos generados anualmente.....	14
Tabla 4. Puntos Transfronterizos donde se han identificado cargamentos ilícitos.....	16
Tabla 5. Productos Electro-Electrónicos generados anualmente en el Mundo (mmd/Ton).....	17
Tabla 6. Basura Electro-Electrónicos generada por País.....	18
Tabla 7. Residuos no peligrosos y peligrosos.....	20
Tabla 8. Empresas donde se enviaron los materiales peligrosos.....	20
Tabla 9. Ranking mundial de productos exportados de México.....	23
Tabla 10. Emisiones de CO2 en la producción primaria de Metales.....	24
Tabla 11. Principales elementos metálicos en RAEE.....	25
Tabla 12. Estimación del valor de la industria del reciclaje electrónico.....	28
Tabla 13. Colores para delineamiento.....	69
Tabla 14. Simbología para el Flujo con la simbología de ASME, 1880.....	70
Tabla 15. Calculo para estimar la cantidad de toneladas al año.....	87
Tabla 16. Materiales recuperados por grupo de residual en 1 turno (18 toneladas al día).....	88
Tabla 17. Ingreso Estimado.....	89
Tabla 18. Costo de Inversión + Gasto Fijo (Mensual).....	89
Tabla 19. Utilidad Neta anual con 1 turno.....	89
Tabla 20. Utilidad Neta anual con 2 turnos.....	90
Tabla 21. Retorno de la Inversión.....	90

1. Introducción

Hoy siendo de Enero del 2016 el reloj poblacional nos marca 7,490 millones de habitantes; Del 2000 al 2016 el crecimiento fue de alrededor de 81 millones por año, esto equivale a toda la población de Alemania (Countrymeters, 2016, Noviembre). A su vez el avance tecnológico de hoy en día ha permitido el acceso a la tecnología a países en desarrollo, esto ha determinado una nueva forma de vida para la sociedad, por ejemplo, si Facebook fuera una nación sería el país con más habitantes del mundo ya que para enero del 2016 contaba con 1,590 mil millones (Moreno, 2016, Enero 28). La cantidad de dispositivos para internet en 1984 eran 1,000 en 1992 eran 1 millón en 2008 fue de 1,000 mil millones (Rose, 2016, Septiembre 7) para 2020 serán 75 billones de dispositivos conectados a internet (Esteves, 2016, Enero 18). Hoy internet junto con los dispositivos electrónicos han vuelto muy práctica la vida cotidiana y profesional, sirviendo en áreas como la medicina, transporte, educación, salud, alimentos, comunicación, seguridad, protección ambiental, cultura, entretenimiento, etc. El crecimiento de la población demanda cada vez más productos donde los materiales que se utilizan para su elaboración, son cada vez más escasos y la tendencia de crecimiento nos llevara a una crisis de escases de estos recursos. Solamente en el año 2011 la producción global de electrónicos fue de 3,525 mil millones de dólares y se estima que para el 2020 el valor será de 6,526 mil millones de dólares, con una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 7.0% para el periodo de 2011-2020, ver figura 1. (Secretaría de Economía, 2012, p. 6).

Subsector	2011 (mmd)	% TCMA (2011-2020)	% Participación
Semiconductores	1150	5.5	32.7
Equipo médico e industrial	814	7.5	23.1
Computación	624	8.1	17.1
Comunicaciones	481	7.8	13.6
Electrónica de consumo	456	8.9	12.9
Total	3525	-	100

Tabla 1. Producción global de electrónicos por subsector 2011 (Secretaría de Economía, 2012)

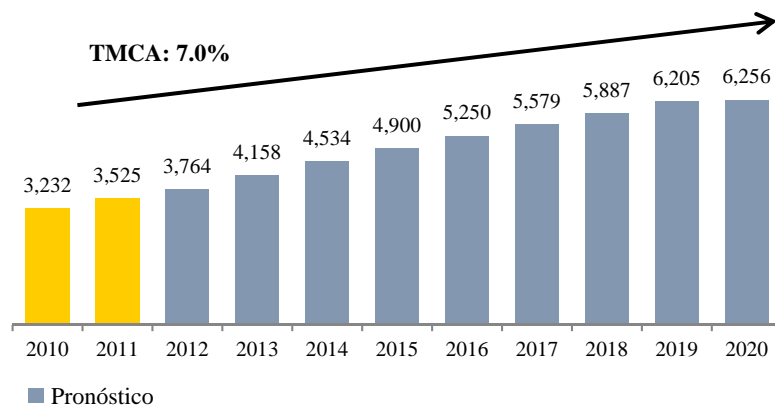


Figura 1. Producción mundial de productos electrónicos (mmd) (Secretaría de Economía, 2012)

En 2011, la región con mayor participación en la producción y venta en el mercado de electrónicos fue Asia Pacífico con 63% seguido de Norteamérica con un 17.5% y la Unión Europea con 16.5%, (Secretaría de Economía, 2012, p. 7). Esto nos muestra que la sociedad cada vez va dependiendo más de los productos electro-electrónicos y es muy importante iniciar un proceso de reciclaje de los productos que ya no sirven, recuperando los materiales que pueden ser reutilizados y así minimizar la explotación de los recursos naturales. Indudablemente el crecimiento de la demografía mundial, está demandando altas cantidades de consumo y temas como el calentamiento global empuja a la sociedad a generar tecnología de manera sustentable. Y el problema seguirá creciendo de manera exponencial; En los mercados de productos electro-electrónicos la cantidad de productos puestos en el mercado mundial en millones de toneladas han sido las siguientes:

Año	1990	2000	2010	2015
Millones Toneladas	19.5	34	57.4	76.1

Tabla 2. Productos Electro-Electrónicos vendidos en los mercados anualmente (Goodship, 2012)

Secretaría de Economía (2012) afirmó “El consumo global de electrónicos alcanzó un valor de 3,630 mil millones de dólares en 2011. Se estima que para el 2020 el consumo aumente a 6,701 mil millones de dólares, con una TMCA de 7.0% en el periodo de 2011-2020”, ver figura 2. (Secretaría de Economía, 2012, p. 6).

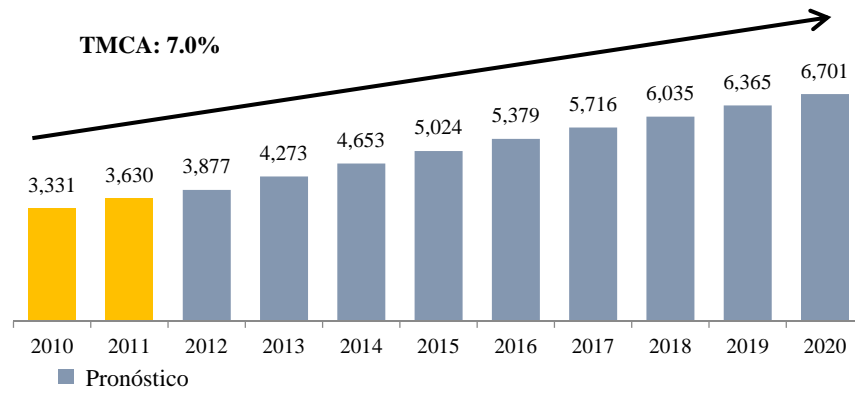


Figura 2. Consumo mundial de productos electrónico 2010-2020 (mmd) (Secretaría de Economía, 2012)

2. Problemática

El problema empieza en el momento de tirar un objeto a la basura, una típica persona viviendo en un país industrializado desecha cerca de 5.9 kg de basura solida al día, pero es más interesante, saber qué es lo que estamos tirando y sus efectos (STEP, 2014). En estos días la tecnología de los equipos electro-electrónicos empieza a demandar cada vez más elementos químicos.

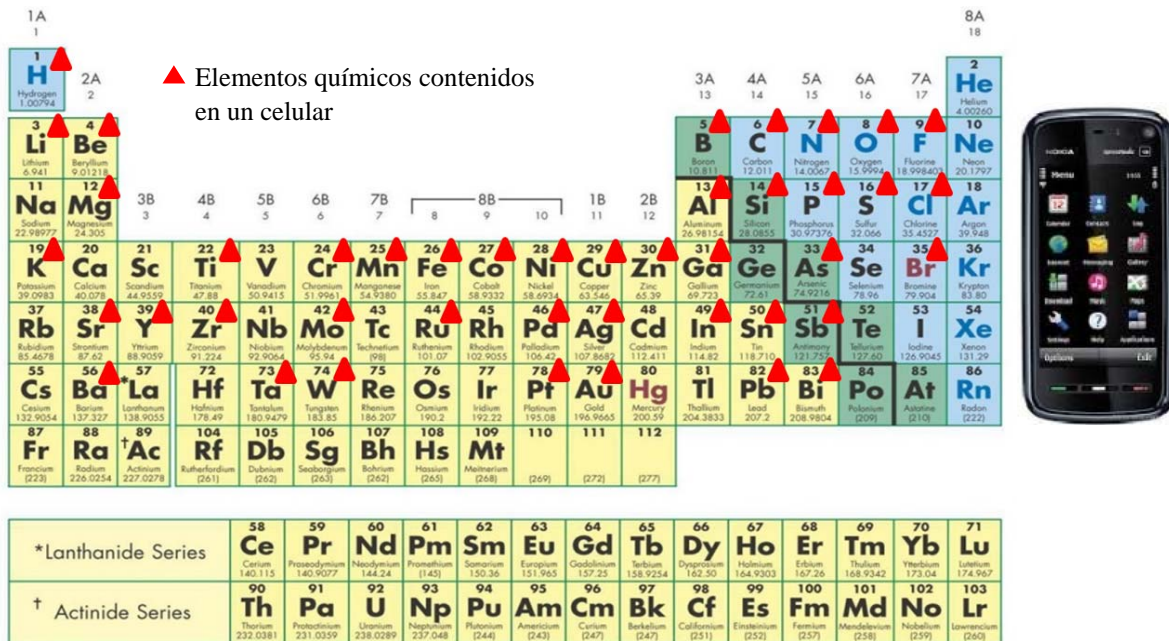


Figura 3. Elementos químicos contenidos en un celular (Hageluekenb, 2009, Julio)

Solo un celular contiene 43 elementos químicos, que representan el 42% de los materiales que existen; Millones de toneladas de equipo electro-electrónico son tirados todos los años y aunque normalmente los pepenadores realizar un reciclaje manual no lo hacen de manera correcta, estos suelen quemar este tipo de residuo en botes para que solo queden los materiales que les interesa y el resto es desechado; El mayor problema de estos componentes es que contienen metales pesados y son tóxicos, como los son el Cadmio, Cromo, Mercurio, Plomo, Berilio, Bario y Selenio, todos estos tienen efectos en la salud y el reciclaje es una opción para evitar que estos residuos peligrosos lleguen al medio ambiente. Los países desarrollados tienen reglas estrictas en cuanto al manejo de materiales tóxicos, esto y otros factores hacen que el reciclaje manual sea costoso. Por lo que algunas compañías evitan este problema simplemente enviando los aparatos o dispositivos electrónicos a países de bajos recursos y estos residuos terminan en acopios y finalizan quemándolos para extraer algunos metales; Esta situación expone al riesgo tanto a la

personas involucradas y al medio ambiente, los monitores y las televisiones son probablemente la fuente más grande de plomo, el tubo de rayos catódicos de los monitores contienen 2 a 3 kilogramos de plomo incrustados en el vidrio (Morgan, 2006, p. 30-37). Este tipo de acciones en el mundo, han levantado una publicidad negativa sobre los fabricantes; Esto en relación a la deficiencia actual del destino final de estos productos y sobre todo en los países del 3^{er} mundo, organismos como Greenpeace, han denunciado las deficiencias de estas empresas.

A la basura electro-electrónica se le conoce actualmente como: (RAEE) Residuo de Aparatos Eléctrico Electrónico. Actualmente se están produciendo dispositivos electro-electrónicos con ciclos de vida muy corto, los cuales utilizan materiales peligrosos y generan residuos durante su fabricación. Actualmente los productos electro-electrónicos no solo terminan su ciclo de vida por razón de una falla, si no que la tecnología avanza tan rápido que productos desplazan a otros y toman el lugar de los viejos aparatos, es por eso que la basura electro-electrónica se ha vuelto hoy en día en un problema muy grande. En un Pronóstico desarrollado por la Universidad de las Naciones Unidas (Huisman, 2007, Agosto 05, p. iii) informa que para el 2020 el total de RAEE se elevaría anualmente entre 2.5% a 2.7% que serían cerca de 12.3 millones de toneladas y la distribución de los porcentajes del tipo de basura será la siguiente:

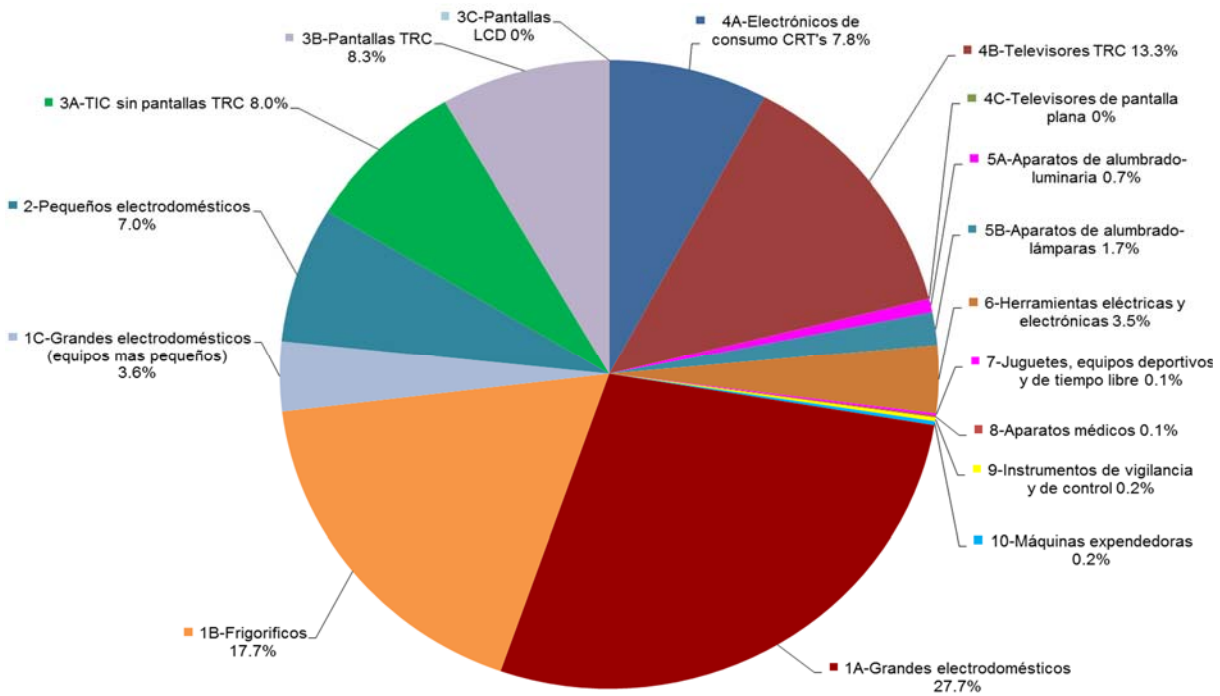


Figura 4. Distribución en porcentaje del tipo de basura estimada para el 2020 (Huisman, 2007, Agosto 05)

2.1 Problemática Local

Anualmente en México se generan 350 mil toneladas de productos electro-electrónicos, (Mendoza, 2015, Junio 21) pero en un organismo internacional llamado “Solving the e-waste world map” STEP por sus siglas en inglés, no indica que se generan 958 mil toneladas al año de productos electro-electrónicos, (STEP, 2014) se trata de televisiones, computadoras de escritorio y portátiles, teléfonos fijos, celulares, aparatos de sonido, video, entre otros, que han llegado al final de su vida útil y de los cuales el 90 por ciento no recibe tratamiento especial. Con notables retrasos, la legislación mexicana los cataloga como desechos de manejo especial y no como residuos peligrosos, lo que deja a cargo de gobiernos estatales, el manejo y confinamiento.

Y el crecimiento de los productos electro-electrónicos en México va en aumento, como muestra la tabla 3.

Año	2006	2010	2014
Mil Toneladas	257	300	358

Tabla 3. Productos Electro-Eléctricos generados anualmente (Mendoza, 2015, Junio 21)

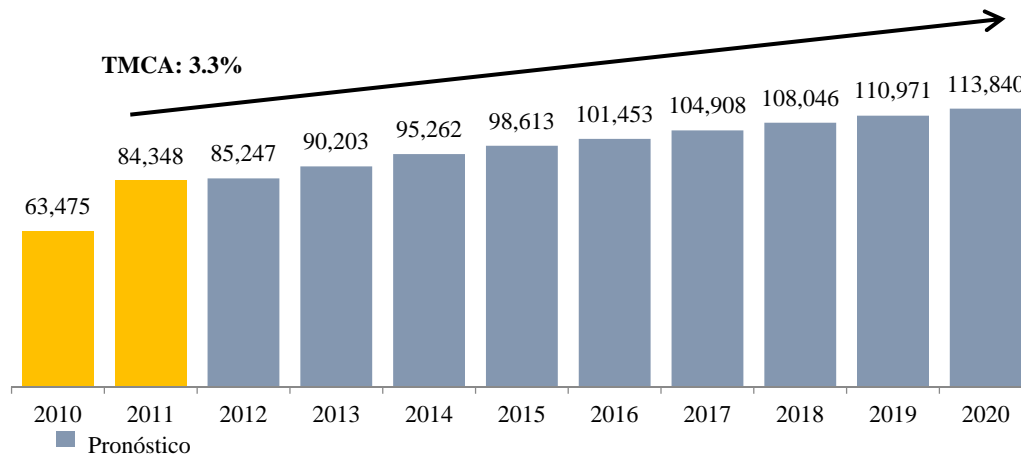


Figura 5. Consumo nacional de productos electrónicos 2010-2020 (mmd) (Secretaría de Economía, 2012)

Actualmente, México recicla apenas el 10 por ciento de sus desechos; el 40 por ciento permanece almacenado en casas habitación, oficinas o bodegas y cerca de 50 por ciento llega a rellenos sanitarios o tiraderos no controlados. (Mendoza, 2015, Junio 21). Al no existir en México una cultura y una legislación para la disposición y reciclaje de desechos electrónicos, se ha generado una situación confusa. En México se han autorizado las operaciones de empresas especializadas

en la basura electrónica (desarmado, reciclaje y destrucción de contaminantes) como AMTECH, ENVIROTECH, MARCONI E-WASTE, TBS o REMSA, por citar las más visibles, las legalmente establecidas y autorizadas. Actualmente está operando una especie de mercado negro de piezas reciclables, que esta fuera de control de las autoridades del medioambiente municipales, estatales y federales, las que en su mayoría no cuentan con infraestructura para atender este tipo de trabajo, ni recursos económicos para invertir.

En cuanto al marco legal para el manejo de los productos electro-electrónicos solo 19 estados cuentan con este marco legal, los cuales son: Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sonora, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz (Mendoza, 2015, Junio 21).

(Mendoza, 2015, Junio 21) encontró que:

“Otro gran problema que enfrentamos en México son los movimientos transfronterizos de desechos ilegales de productos electro-electrónicos. A partir de 2010 y hasta mayo de 2015, la Profepa ha verificado 598 movimientos transfronterizos de desechos electrónicos, alrededor de 3 mil 28 toneladas en los puntos de entrada y de salida del país.

Derivado de esas acciones, se detectaron 17 cargamentos ilícitos, ocho en el Puerto de Altamira, en Tamaulipas; cinco en el Puerto de Manzanillo, en Colima; dos en el Puerto de Lázaro Cárdenas, en Michoacán; uno en el Puerto Fronterizo Suchiate II, en Chiapas; y uno más en el Puente Internacional Zaragoza, en Chihuahua.

Solamente en el mes mayo del 2015, la Procuraduría detectó más de 19 toneladas de desechos en la aduana de Altamira, Tamaulipas, los desechos electrónicos fueron embarcados en el Puerto de Cartagena, Colombia, los cuales pretendían ser importados sin la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). La carga consistía en monitores de computadora, pantallas dañadas y tablillas electrónicas (unidades de disco duro de PC), cuya vida útil concluyó.”

Cargamentos ilícitos detectados	Ubicación
8	Puerto de Altamira, Tamaulipas
5	Puerto de Manzanillo, Colima
2	Puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán
1	Puerto Fronterizo Suchiate II, Chiapas
1	Puerto Internacional Zaragoza, Chihuahua

Tabla 4. Puntos Transfronterizos donde se han identificado cargamentos ilícitos (Mendoza, 2015, Junio 21)

2.2 Problemática internacional

Hoy en la actualidad se generan en el Mundo 41.8 millones de toneladas de desechos electrónicos cada año, esto equivale a 5.9 Kg habitantes/año (STEP, 2014). La basura electrónica es ahora el flujo de residuos más grande y de más rápido crecimiento y se espera que para el año 2017 la tendencia sea 65.4 millones de toneladas (Infobae, 2013, Diciembre 17) y para el año 2019 sea de 141.05 millones de toneladas (PRNewswire, 2014, Febrero 25).

La tendencia del RAEE en el mundo:

Año	2010	2012	2014	2017	2019
Millones de Toneladas	33.8	48.9	41.8	65.4	141.05

Tabla 5. Productos Electro-Electrónicos generados anualmente en el Mundo (mmd/Ton) (PRNewswire, 2014, Febrero 25)

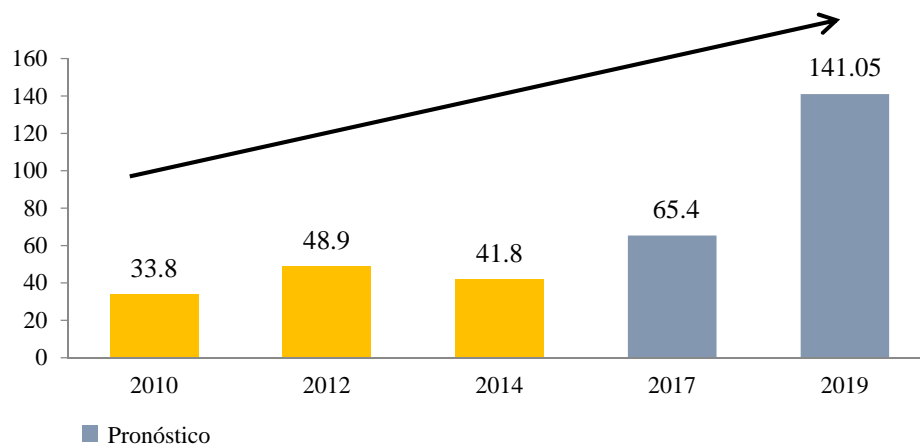


Figura 6. Productos Electro-Electrónicos generados anualmente en el Mundo (mmd/Ton) (PRNewswire, 2014, Febrero 25)

2.3 La Situación por País

El país que genera más basura electro-electrónica es Estados Unidos, seguido por China, Japón e India. Sólo EUA y China generan de forma conjunta casi una tercera parte (un 32 %) de la basura electrónica del mundo.

En la tabla 6 se muestra la cantidad de basura electrónica generada por país y por habitante en el año 2014.

País	Ton/Año	Kg Habitante Año
EU	8,183,000	18.7
EUA	7,072,000	22.1
China	6,033,000	4.4
Japón	2,200,000	17.3
India	1,645,000	1.3
Brasil	1,412,000	7
Rusia	1,231,000	8.7
México	958,000	8.2

Tabla 6. Basura Electro-Electrónicos generada por País (STEP, 2014)

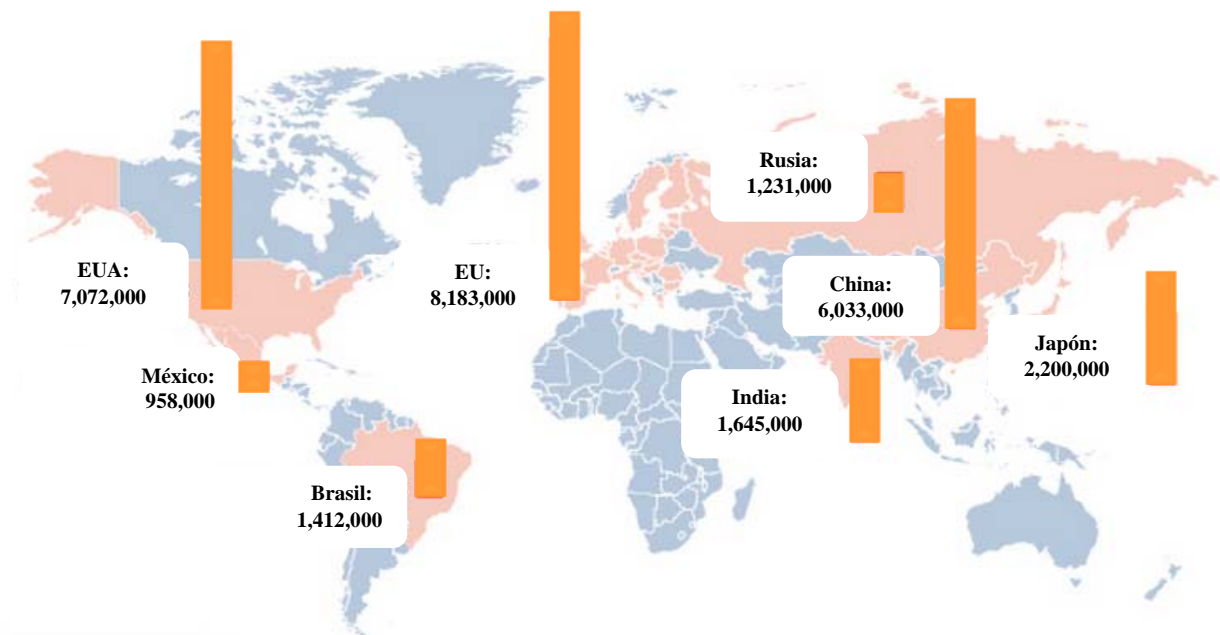


Figura 7. Basura Electro-Electrónicos generada por País (STEP, 2014)

Otro problema es la exportación ilegal de basura electro-electrónica desde los países ricos, especialmente de EUA y Europa, los cuales se estima que exportan 250,000 toneladas al año a países en vías de desarrollo de forma ilegal como bienes de segunda mano, cuando en realidad

son productos inutilizables, donde esos residuos pone en riesgo la vida de los trabajadores que desarmen los equipos sin debida protección (El Mundo.com, 2014, Noviembre 01).

África y Asia son los principales destinos de los envíos a gran escala de residuos peligrosos, ya sea para su venta o en ocasiones, para su reciclaje. Ghana y Nigeria son los principales receptores de RAEE en África Occidental, aunque también se transportan grandes cantidades de basura electrónica hasta Costa de Marfil y la República del Congo. En Asia, China Hong Kong, Pakistán, India, Bangladesh y Vietnam reciben los mayores cargamentos ilegales de residuos electrónicos (El Mundo.com, 2014, Noviembre 01).



Figura 8. Ruta de las exportaciones ilegales de basura electrónica (Attanasio, s.f.)

3. Soluciones inmediatas para el control de los residuos en la zona noroeste de México

Las soluciones inmediatas hoy en día es el acopio tanto gubernamental como de empresas privadas; y para muestra de ejemplo en el año 2015 se realizaron acopios en Mexicali por parte de la fundación Hélice en colaboración con la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza y la Agencia de protección Ambiental de los EE.UU. se realizaron 3 eventos en lugares estratégicos del municipio de Mexicali, de las cuales se lograron recabar 32 toneladas 453 Kg. Los residuos se dividieron en 2 grupos, estos están dados en la siguiente tabla 7:

Producto RAEE	Cantidad
No peligroso	20 Toneladas 987 Kg
Peligroso	11 Toneladas 466 Kg
Total	32 Toneladas 453 Kg

Tabla 7. Residuos no peligrosos y peligrosos

Y la distribución en porcentaje quedo como sigue:

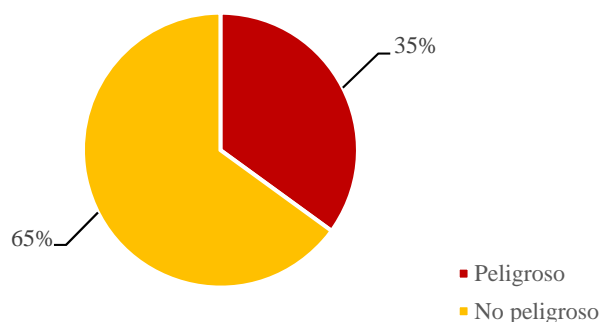


Figura 9. Porcentaje de residuos no peligrosos y peligrosos

Los dispositivos que son considerados como materiales peligrosos fueron enviados a empresas que tienen las certificaciones para el tratamiento de estos materiales donde fueron dispuestos de la siguiente manera:

Excluyendo	Empresas
Televisión	VIDEOCOM
Monitor	VIDEOCOM
Pilas	RIMSA

Tabla 8. Empresas donde se enviaron los materiales peligrosos

El material no peligroso es dispuesto a empresas que reciclan este material, actualmente en México existen 50 empresas de reciclaje electrónico registradas ante la SEMARNAT (SEMARNAT, 2010, p. 9-88). Una de las más trascendentes es REMSA que cuenta con 36 puntos de acopio en 12 estados del país y cuenta con una capacidad de 100 toneladas a la semana. Según la organización STEP, México genera 958,000 toneladas de basura electrónica al año (STEP, 2014), de ser así, a REMSA le tomaría alrededor de los 180 años para reciclar toda la basura generada en un año en México. En México se recicla solo el 5% de toda la basura generada. Para poder detonar este tipo de negocio se requiere que el Estado tenga una gestión para poder crear una normatividad que permita regular la fabricación y el destino final de estos productos electro-electrónicos. En México fue el día 6 de junio del 2004 cuando en la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, se contempló quizás por primera vez el tema de los residuos electro-electrónicos, para el 2006 salió un reglamento para dicha ley, que especifica y clasifica los residuos de este tipo de tecnología y desde entonces han surgido 18 reglas más en la materia, sin embargo, aún no se ha logrado llevar a cabo, tal que impacte en la sociedad (Acosta, 2010, Febrero 25). En EUA, hay estados adelantados en esta normativa, por ejemplo, en California, existe una obligación por parte de los manufactureros e incluso existen tarifas agregadas al costo de venta del producto, esta tarifa está a disposición a la hora de reciclar dicho producto. Las industrias del reciclaje en EUA actualmente utilizan maquinaria para el reciclaje donde la capacidad de proceso es de 1.5 a 4.5 toneladas la hora (Prieto, 2010, Junio, p. 9). En el continente Europeo se tienen buenos antecedentes para el tratamiento de los productos electro-electrónicos y están muy avanzados en legislación, ver figura 10, como es el caso de la (Restriction of the use of certain Hazardous Substances) RoHS y (Waste Electrical and Electronic Equipment) WEEE la cual limita el uso de materiales peligrosos en los procesos y obliga a las empresas a considerar el reciclaje de sus productos una vez que terminan su vida útil, entre otras obligaciones (Hester, 2009, p. 3).

Por ejemplo, un decreto promulgado en Europa dice lo siguiente:

Cada manufacturero de monitores de computadora y televisiones, es individualmente responsable del manejo y reciclamiento de todos los monitores y televisiones que hayan producido, o por cualquier negocio por el cual el manufacturero haya asumido una responsabilidad legal, será responsable de proveer al estado, un sitio de acopio para los productos descompuestos o que hayan terminado su ciclo de vida (Official Journal of the European Union, 2003, Enero 27).

Producto	Ranking mundial
Televisiones de pantalla plana	1° lugar
Computadoras	4° lugar
Micrófonos, altavoces y auriculares	4° lugar
Teléfonos celulares	14° lugar

Tabla 9. Ranking mundial de productos exportados de México

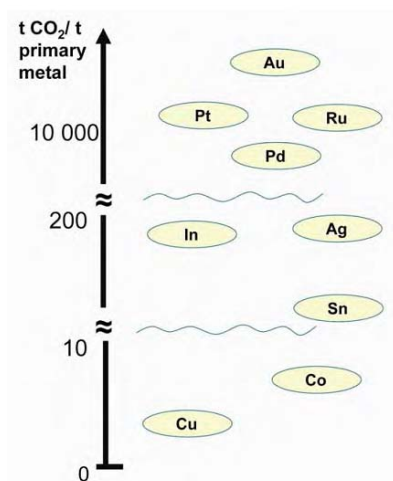
Tenemos una situación propicia para que el Estado como la iniciativa privada se organicen y se desarrolle la tecnología para el reciclaje y la solución al problema de este residuo en crecimiento.

El objetivo principal de esta tesis, es investigar las mejores prácticas de las empresas Europeas para diseñar un proceso de reciclaje de productos electro-electrónicos que se adapte al volumen de mercado que vivimos en América, ya que no se puede simplemente copiar los procesos de Europa debido a que los procesos y la maquinaria que utilizan en Europa están diseñados para una demanda de proceso muy alta comparada con la necesaria en América, asiendo de esta tecnología muy costosa como para poder justificar un retorno de inversión a corto plazo de 2 a 4 años.

Para el desarrollo de esta tesis se solicitó el asesoramiento con especialistas en la industria del reciclaje en Europa, además de considerar el nivel de mercado en América se concluyó que una empresa de reciclaje manual puede pasar a un sistema de mecanizado al llegar a unas 4,000 toneladas anuales de proceso y poseer un costo de adquisición de alrededor de 2.5 millones de dólares (Prieto, 2010, Junio, p. 9-10). Para esto durante el desarrollo de la tesis se llevará a cabo el estudio del arte sobre estos procesos actuales de reciclaje de las mejores empresas de Europa, para sentar una base e iniciar nuestro diseño de planta para el reciclaje de productos electro-electrónicos.

4. Beneficio ambiental y oportunidades de negocio

El reciclaje de los materiales también reduce el impacto en el ambiente ya que hay productos que en su proceso generan mucha emisión de CO₂ por ejemplo: para producir 1 tonelada de oro, paladio o platino, las emisiones de CO₂, son en promedio 13 000 toneladas, en cambio por ejemplo al reciclar 1 kg de aluminio se necesita de una décima parte de la energía requerida que la producción primaria en la minería. En la manufactura de una computadora y monitores se usan 240 kilogramos de combustible fósil, 22 kilogramos de químicos y 1500 litros de agua (Morgan, 2006, p. 30-37).



Metales	Demanda Ton/Anual	Emisiones t CO ₂ /t metal	CO ₂ Emisiones [Mt]
Cobre	4 500 000	3.4	15.3
Cobalto	11 000	7.6	0.08
Titanio	90 000	16.1	1.45
Indio	380	142	0.05
Plata	6 000	144	0.86
Oro	300	16 991	5.1
Paladio	32	9 380	0.3
Platino	13	13 954	0.18
Rutenio	6	13 954	0.08
CO₂ Total [t]			23.4

Tabla 10. Emisiones de CO₂ en la producción primaria de Metales (Hageluekenb, 2009, Julio)

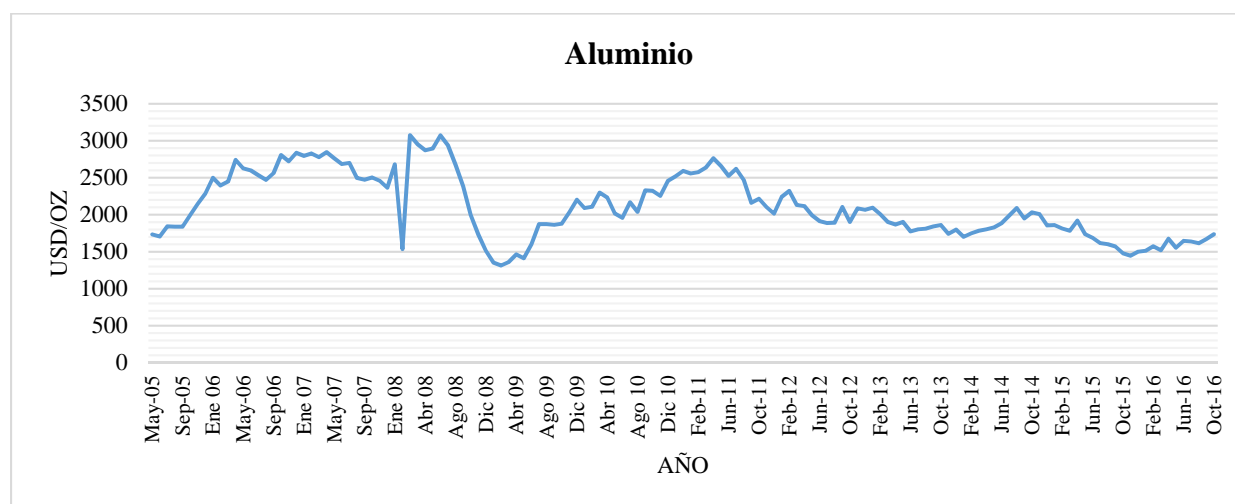
En cuanto al interés económico, se pueden recuperar metales preciosos como cobre, oro, plata, paladio, platino y metales como el hierro, acero y aluminio, así como plásticos para ser reciclados. Por ejemplo, de un teléfono móvil se pueden reutilizar hasta el 90% de los componentes (según la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EEUU) y de cada millón de teléfonos móviles que se reciclan, que pesan unas 70 toneladas se pueden recuperar 34 kilos de oro, 350 kilos de plata, 16 toneladas de cobre y 15 kilos de paladio. Estos dispositivos contienen también plásticos, plomo, vidrio y fibras de vidrio que pueden recuperarse para otros usos, además de las pilas y baterías (Expansión.com, 2013, Octubre 21).

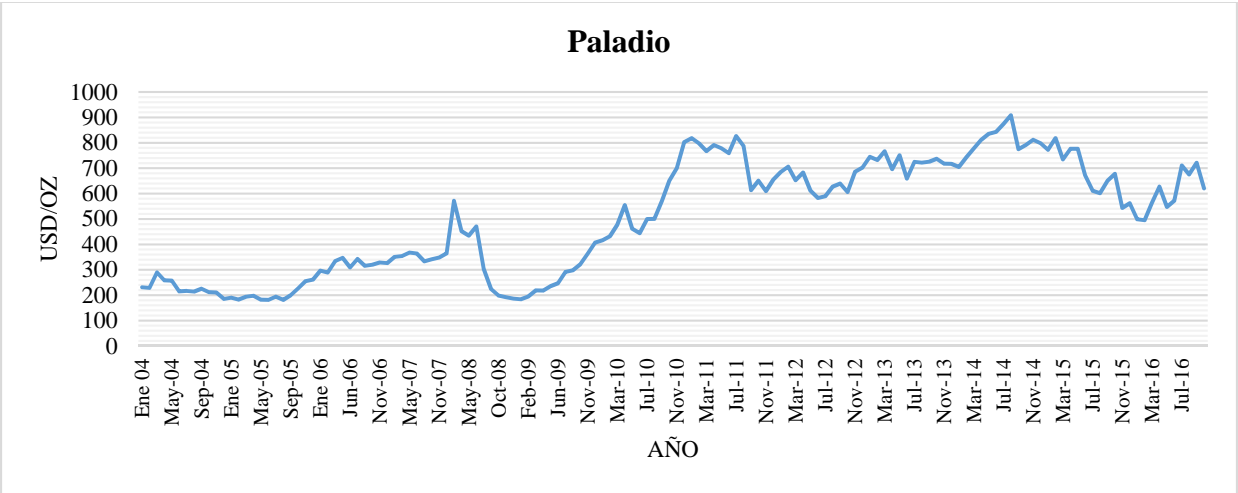
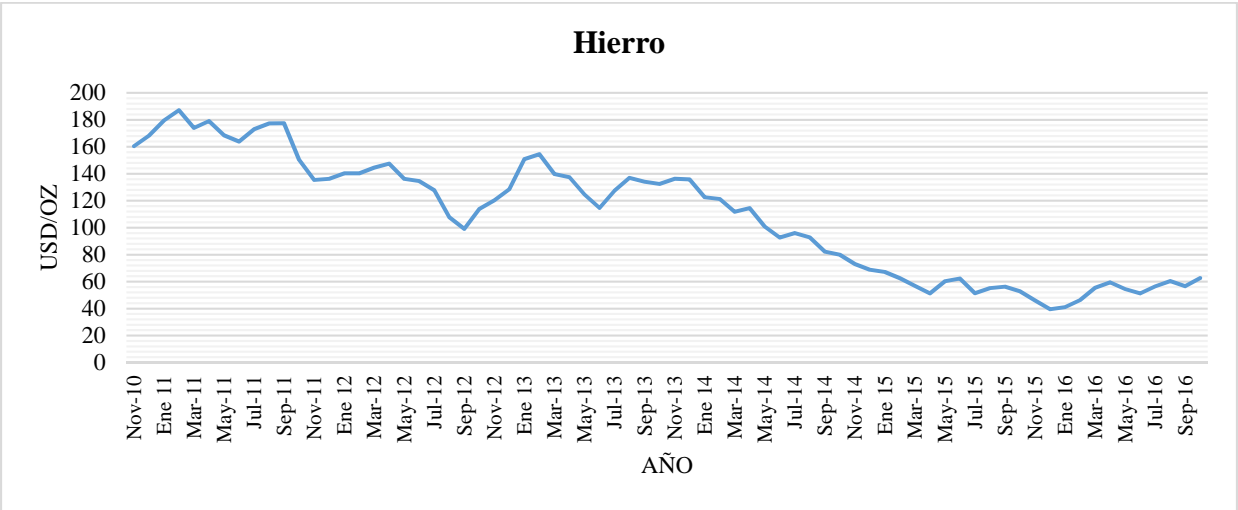
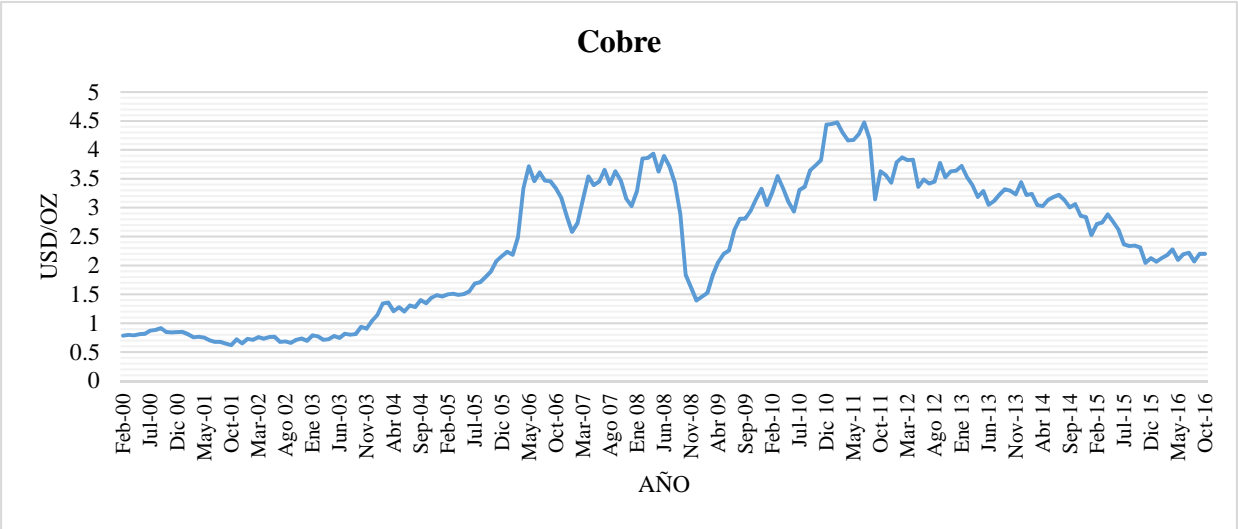
4.1 Contenido de Metales en el RAEE

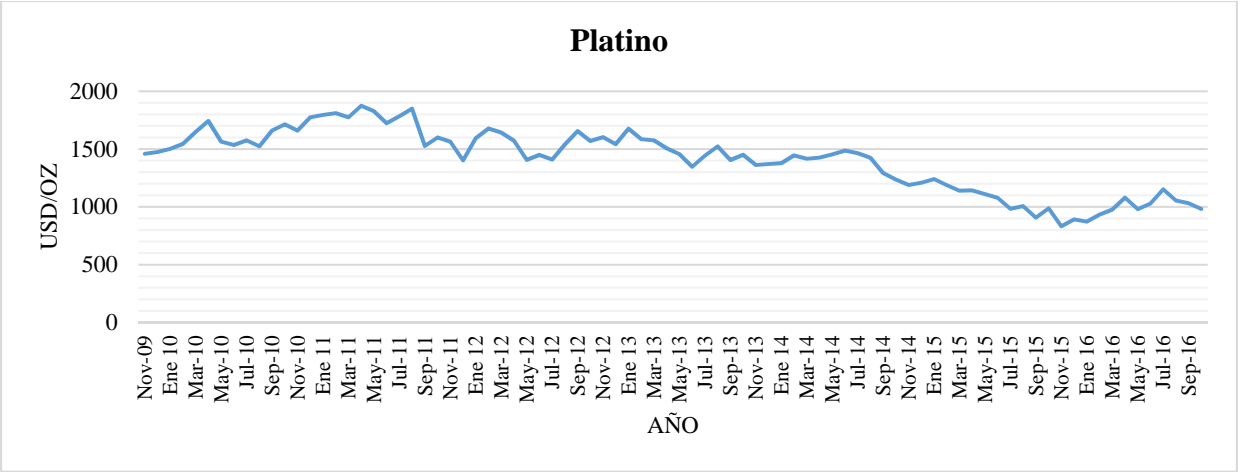
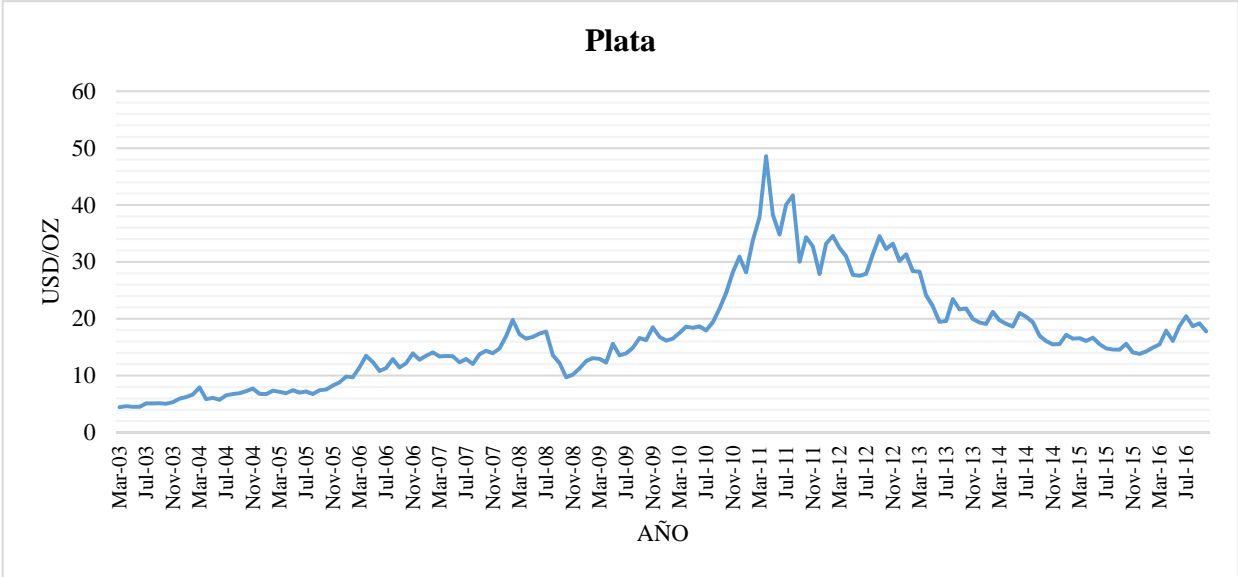
Los componentes metálicos que componen un producto electrónico se pueden recuperar y volver a utilizar mediante procedimientos de reciclaje, en la tabla 11 se identifican los principales elementos metálicos utilizados en los productos electro-electrónicos y en la figura 12 se muestran los costos de los elementos.

Metales	Producción primaria	Demanda de electrónicos	Demanda/Producción	Principales aplicaciones
	ton/año	ton/año	%	
Ag	20 000	6 000	30	Contacto, interruptor, soldadura
Au	2 500	300	12	Alambre de unión, contacto, circuitos integrados
Pd	230	33	14	Condensadores, conectores
Pt	210	13	6	Disco duro, termopares, pilas
Ru	32	27	84	Disco duro, pantalla de plasma
Cu	15 000 000	4 500 000	30	Cable, conector
Sn	275 000	90 000	33	Soldadura
Sb	130 000	65 000	50	Flama retardante, vidrio CRT
Co	58 000	11 000	19	Baterías recargables
Bi	5 600	900	16	Condensador, disipador de calor
Se	1 400	240	17	Electro-óptica, copiadoras, celular
In	480	380	79	Cristal LCD, soldadura, semiconductores

Tabla 11. Principales elementos metálicos en RAEE (Hageluekenb, 2009, Julio, p. 9)







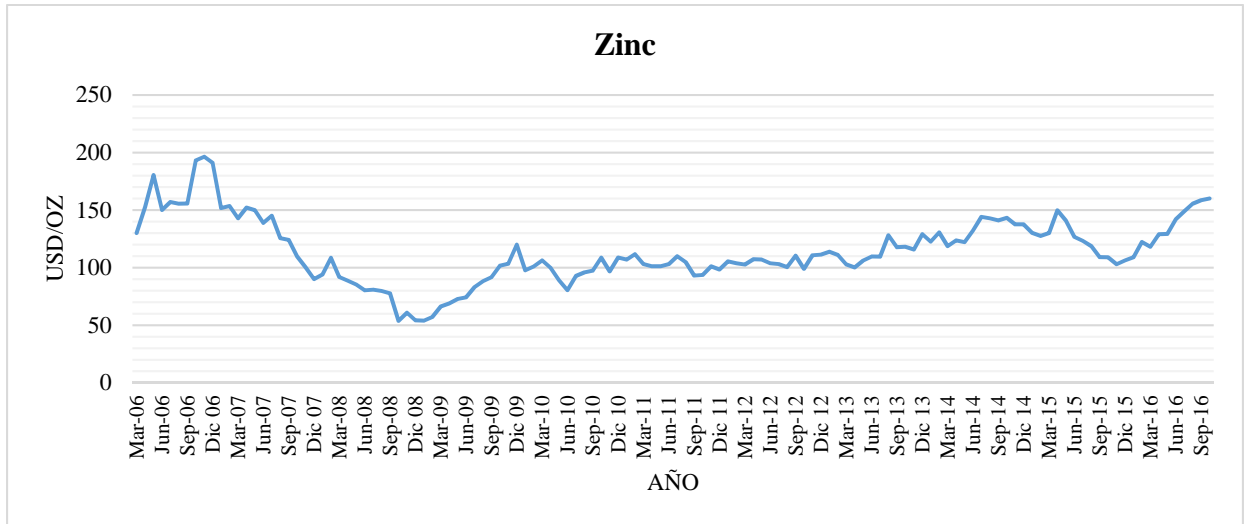


Figura 12. Costos de los metales (Inverting.com, 2016, Noviembre 12)

En las anteriores graficas de la figura 12 podemos observar que los costos de los materiales han tenido una estabilidad y en algunos casos podemos observar que los precios están al alza, esto hace redituable los procesos de reciclaje, además de que al reciclar se requiere de menos esfuerzo y energía para la producción de metales en comparación con los precedentes de la minería.

De acuerdo con un nuevo informe de mercado publicado por Transparency Market Research- Análisis Global de la Industria el mercado del reciclaje fue valorado en 9.84 Billones de dólares en el año 2012 y que se espera llegue a 41.36 Billones de dólares en el año 2019, creciendo a una tasa compuesta anual del 23,06% de 2013 a 2019 (PRNewswire, 2014, Febrero 25).

Año	2012	2019
Billones USD	9.84	41.36

Tabla 12. Estimación del valor de la industria del reciclaje electrónico (PRNewswire, 2014, Febrero 25)

5. Normativa

Al terminar la vida útil de un equipo electrónico, en muchas ocasiones, en lugar de ser reciclado o desechado apropiadamente, el desperdicio exportado es abandonado en terrenos al aire libre, en los que supone una amenaza importante para los habitantes y el medio ambiente en general.

Dado que los consumidores y las empresas están cada vez más conscientes y preocupados por el reciclaje y la protección del medio ambiente; La norma de prácticas para el reciclado responsable, es mejor conocida como R2 (Responsible Recycling®), es una nueva herramienta oportuna y significativa para hacer frente a este grave problema. Desarrollada por un grupo de partes interesadas en reciclaje y apoyada por la EPA (Agencia de Protección Ambiental), la norma de acreditación R2 es un conjunto de principios voluntarios y directrices diseñadas para promover y evaluar las prácticas responsables de los recicladores electrónicos.



La norma R2 requiere la implementación de un sistema de gestión responsable de las prácticas que afectan a:

1. Sistema de Gestión Ambiental, Salud y de Seguridad.
2. Reutilización, Recuperación... Jerarquía de estrategias para la gestión responsable.
3. Requisitos legales.
4. Medio ambiente, salud y seguridad en la empresa.
5. Materiales de Interés para R2.
6. Equipo y componentes reutilizables.
7. Seguimiento del producto.
8. Destrucción de datos.
9. Almacenamiento.
10. Seguridad.
11. Seguro, Plan de Clausura y Responsabilidad Financiera.
12. Transporte.
13. Sistema de archivo.

Beneficios de la certificación e implementación de R2:

- Promueve la recuperación segura, eficaz y el re-uso de equipo y material electrónico.

- Cuida el control descendente de la cadena de reciclado.
- Minimiza los riesgos ambientales y de salud pública.
- Demuestra la conformidad con leyes nacionales e internacionales.
- Minimiza la responsabilidad y promueve la reducción de los costos por seguros a los recicladores.
- Auxilia a los fabricantes de productos originales (OEMs) con el procesamiento adecuado de sus productos electrónicos al término de su vida útil.
- Infunde confianza pública a través de revisiones de terceras partes certificadas.

Un punto importante es que si una compañía recicladora o de desperdicios que busca la certificación R2 tendrá una clara ventaja al contar ya con una certificación de sistema de gestión ISO 9001, ISO 14001 u OHSAS 18001 ya establecida (R2 2013 Responsible Recycling, 2014).

6. Mercado de interés y filosofía de diseño

6.1 Mercado de interés

En la actualidad las condiciones de los mercados en América es muy distinta a la de Europa y esto debido a que en Europa existe una fuerte regulación que obliga a las empresas que manufacturan y al usuario que compra el equipo electro-electrónico a responsabilizarse una vez que el equipo es desechado, por este motivo las empresas desarrolladas en Europa manejan un volumen muy alto de procesamiento de basura, otro característica en Europa es que existen pocas empresa por eso la concentración de RAEE en pocas empresas genera una gran demanda para el procesamiento entre esas empresas, por otro lado nuestro principal mercado de interés será la necesidad en América donde la capacidad de proceso va de 1.5 a 4.5 toneladas la hora, (Prieto, 2010, Junio, p. 9) por lo tanto el objetivo principal de esta tesis es dirigirnos a este grupo de mercado donde por lo general sus procesos son manuales o semiautomáticos. Por lo que en el diseño se prevé tomar en cuenta la experiencia del proceso y la tecnología de la maquinas utilizadas en Europa, pero estas serán adaptadas a un nivel de proceso más bajo, para poder bajar los costos y lograr un retorno de inversión más corto.

El experto concluye que por su experiencia un parámetro que mide la situación en la que una empresa debe considerar un proceso automático, es cuando la empresa recicla unas 4,000 toneladas de residuos de aparatos electro-electrónicos por año y con una capacidad anual de 10,000 toneladas y el costo de adquisición de una planta automatizada rondaría en unos 2.5 millones de dólares (Prieto, 2010, Junio, p. 9-10).

6.2 Filosofía de diseño

La conceptualización y diseño de la planta estarán basados en estándares que nos permitan la facilidad de tener un sistema flexible y similar en todos los casos de diseño por ejemplo en las estructuras para formar los mezzanines, se busca generar módulos estructurales, que nos permitan construir una estructura similar de tal manera que al juntar los módulos nos permita ampliar las áreas de operación a la necesidad que el cliente planea la distribución de la planta, reduciendo con ello los costos de fabricación de dichos módulos, al igual los accesorios como desde un tornillo a un motor, su selección es estandarizar para poder utilizar un mismo accesorio en varias aplicaciones de la planta, esto reduce dinero, tiempo de compra, tiempo de ejecución de mantenimiento, tiempo de respuesta para la ejecución de un mantenimiento correctivo. A su vez

con apoyo de expertos los objetivos de la operación de esta planta estarán enfocados en resolver la problemática y soluciones para la recuperación de materiales comerciales, y esto en base al historial de éxitos y fracasos en empresas de éxito establecidas en Europea, el principal interés es la recuperación de los metales preciosos así que este proceso deberá permitir la máxima recuperación de este material a fracciones indispensables tal que cumplan con la factibilidad económica de este negocio; Durante el desarrollo del diseño de la planta se establecerán el tipo de fracciones a recuperar.

7. Diseño para un proceso automático de reciclaje

Para el desarrollo de este diseño de planta de reciclaje se deben tomar en cuenta los criterios que demanda cada una de las necesidades, por ejemplo, pensando en el mercado, es importante mencionar que este diseño se está acotando para el mercado americano, donde se tiene una capacidad de 1.5 a 4.5 toneladas la hora y se debe considerar que se requiere de una inversión de 2.5 millones de USD (Prieto, 2010, Junio, p. 9-10), la recuperación de la amortización será estimada en este proyecto

En cuanto a los materiales, se considera como principal objetivo la recuperación de metales preciosos, metales comunes y plásticos, los cuales se detallarán durante el desarrollo de la tesis.

En cuanto a la normativa se toma en cuenta el análisis de la normativa R2 ya que esta determina que materiales requieren un tratamiento especial y estos residuos quedan excluidos de la operación debido al tratamiento especial que debe llevarse a cabo y no generar operaciones adicionales a este proceso, se decide incluso no recibir este tipo de residuos y lo que llegue por accidente será apartado en un proceso anterior que del cual también será diseñado.

Las exclusiones que se están considerando en cuanto a material residual peligroso, quedara excluido el procesamiento de CFC (refrigeradores), CRT (tubos de rayos catódicos) y baterías.

En cuanto al diseño en general se realizara un análisis del estado del arte para verificar cómo funcionan los procesos en el mundo, analizar sus ventajas y desventajas para poder definir un diseño muy simplificado, que cumpla con la funcionalidad de los criterios a su medida, que no falte de ello y no sobrepase los objetivos, para poder reducir la inversión inicial, además de estandarizar todos los elementos mecánicos y estructuras modulares, que sean flexibles para adaptarse al uso y operación. Uno de las ventajas que se buscan, es mantener el circuito cerrado de este proceso, de esta manera si el residuo requiere de un segundo tratamiento este vuelve al proceso a cumplir un nuevo ciclo.

Una segunda ventaja para el procesamiento de este residuo es crear un proceso anterior al de fragmentación de residuos, donde se puedan clasificar el tipo de basura electrónica, para poder controlar parámetros de velocidad, número de operadores y tipo de salida de materiales a recuperar con una mayor precisión.

Uno de los factores más importantes que van a permitir que el diseño del proceso funcione, es la selección de la maquina principal que fragmenta los residuos el cual se expone a continuación, seguido de esto se desarrollara el esquema del proceso basado en el estado del arte de los procesos que utilizan maquinaria de impacto.

7.1 Selección del tipo de residuo electro-electrónico a reciclar

Después de analizar la normativa R2 y las normas Nacionales NOM, nos es conveniente acotar el tipo de residuo que podemos reciclar, debido que hay productos electrónicos que son considerados peligrosos y estos deben ser sometidos bajo un control minucioso y requieren de un proceso adecuado para su reciclaje, este tipo de residuo no están dentro de los alcances para el diseño de la empresa de esta tesis, habiendo ya mencionado lo que se excluye, tenemos 3 grupos de dispositivos electro-electrónicos de los cuales podemos seleccionar, y que a continuación se describen.

Línea Blanca: Electrodomésticos relacionados con labores domésticas, preparación de alimentos y condicionamiento térmico.

Características:

- Dispositivos muy pesados
- Microondas, aspiradoras, etc.
- Alto contenido de metal
- Aluminio, Cobre, Hierro, Níquel



Figura 13. Línea blanca

Línea Marrón: Aparatos individuales de uso doméstico.

Características:

- Alto contenido en plástico
- ABS



Figura 14. Línea marrón

Línea Gris: “Equipos utilizados en la tecnología de la información y telecomunicación.

Características:

- Alto contenido de metal preciosos
- Oro, Paladio, Plata, Platino



Figura 15. Línea gris

Debido a los objetivos de esta planta, a la implicación de las normas internacionales y nacionales e intereses económicos para el proceso, se va a elegir los dispositivos de la línea marrón y gris.

7.2 Selección de maquinaria para el fragmentado

Una de las experiencias más aprovechables de la industria del reciclaje en Europa, es la historia comprobada de que las máquinas de navajas perjudican al proceso para la recuperación de materiales, esto se debe principalmente porque el material al ser triturado tiene que pasar entre las navajas y lo que sucede es que el material es compactado y a su vez encapsula a otros materiales y la manipulación de este material para poder desprender devuelta estos componentes atrapados es muy difícil.



Figura 16. Triturado de un marco de CPU

Como podemos ver en la figura 16, solamente el marco de un CPU, pero cuando este viene completo con todos sus componentes, como por ejemplo sus tarjetas electrónicas, estos deben pasar entre el pequeño espacio que hay entre las navajas; Prácticamente las navajas aparte de cortar también encapsulan los componentes electrónicos entre el metal. En la figura 17 podemos ver lo cerrado que están los espacios entre las navajas es por eso que podemos ver en la figura 18, cuál es el resultado del material resultante, un residuo encapsulado y con bordes punzocortantes que representan un riesgo para los operadores, al tener que manipularlo y además se vuelve muy complicado poder desprender los componentes atrapados entre las capsulas de metal.

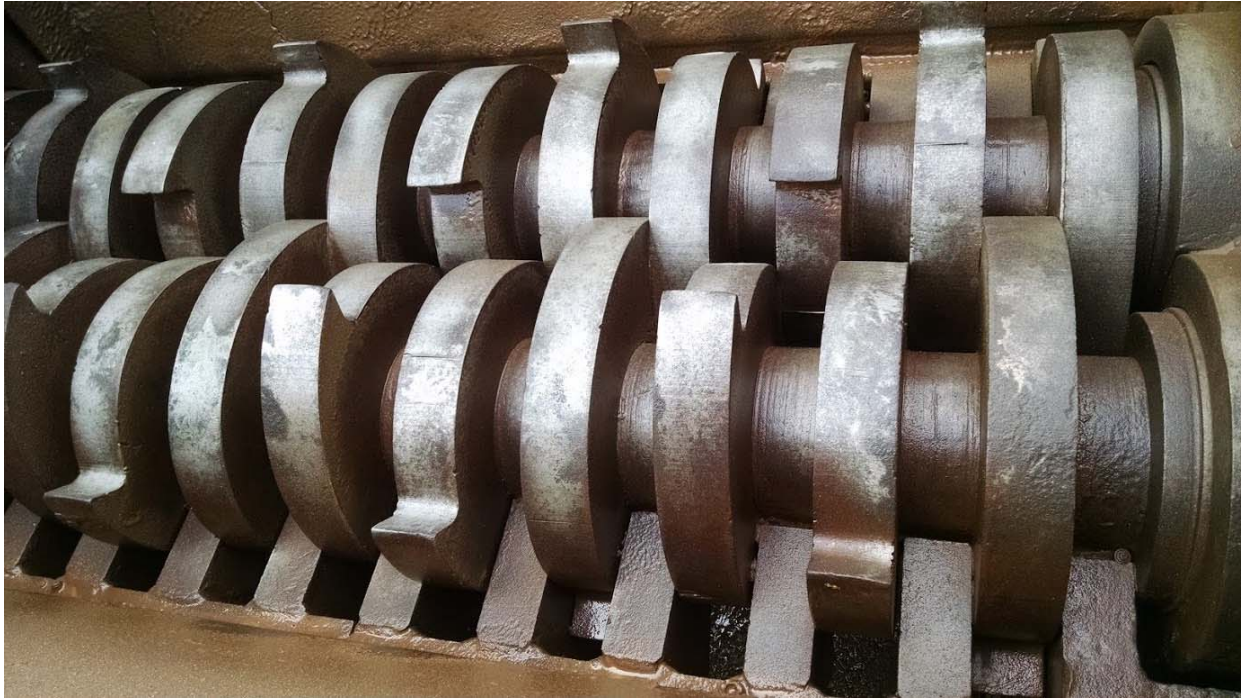


Figura 17. El espacio entre las navajas y ejes es de menos de 1 plg y comprime los materiales



Figura 18. Material peligroso para la separación manual en un proceso para el obrero

En la siguiente figura 19 podemos ver algunas de las máquinas que se utilizan en los procesos y se enlistan las ventajas y desventajas de utilizar este tipo de maquinaria para el proceso de reciclaje de productos electro-electrónicos.

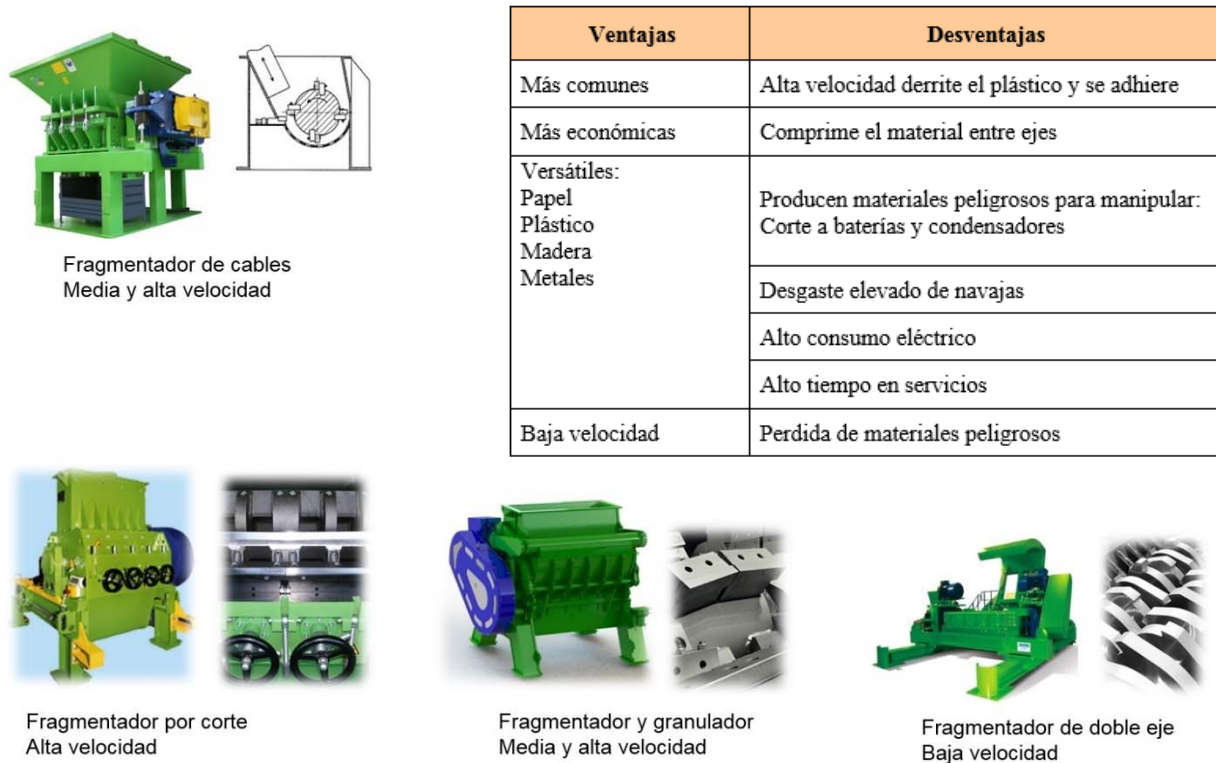
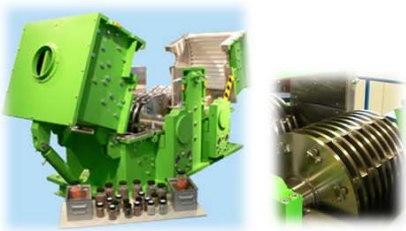


Figura 19. Máquinas de fragmentación ventajas y desventajas

El corte que generan estas máquinas no tiene una previa selección, si caen baterías, condensadores y otros residuos peligrosos, estos al ser cortados, contaminan el material en la zona; La alta velocidad que existe en estas máquinas hace que el plástico que están en la zona de trituración se derrita ya que las navajas se calientan durante el proceso y esto provoca bloqueos en los trituradores; Además teniendo un alto consumo de la energía eléctrica, un mantenimiento costoso, consumibles de navajas elevado y tiempos largos para el mantenimiento, hace de estas máquinas, las menos apropiadas para una amortización inmediata (Prieto, 2010, Junio, p. 20-23).

Unas de las mejores prácticas que se tomaran en cuenta de los procesos Europeos de las empresas de RECYTEL y IMMARMARK, es la utilización de las máquinas de impacto, algunas de estas las podemos ver en la figura 20, pero la que ha tenido mayor resultados es la máquina de impacto por cadenas la cual podemos ver en la figura 21 , donde la principal operación de esta máquina

es acelerar el material dentro de un cuerpo por lo general cilíndrico, donde el material es impactado tanto por los eslabones de la cadena y el choque con las paredes del cilindro ver figura 22 , esto hace que los materiales en vez de ser cortados sean destruidos y sus elementos son desprendidos unos de otros cada vez en una fracción más pequeña, tal que estas termina saliendo de una puerta, donde su apertura es controlada para poder tener fracciones grandes o pequeñas según el propósito de la recuperación de los materiales. Este tipo de operación beneficia en no cortar residuos peligrosos como baterías, condensadores y otros, al final estos residuos terminan siendo separados del proceso por los operadores, en la figura 23 podemos ver la separación de este tipo de residuo en un proceso de reciclaje; El resultado de la fragmentación de este material los podemos ver en la figura 24, es un residuo a una fracción manejable sin peligro de cortadura cuando se manipula manualmente por operadores, además se puede controlar el tamaño de la fracción a conveniencia. La salida de este tipo de residuo permite que en operaciones posteriores sea separado por tipo de residuo y a fracciones de conveniencia, figura 25.



Fragmentador de doble martillo

Ventajas	Desventajas
Menos desgaste de herramienta	Requiere muchos pasos repetitivos para reducir el tamaño de la fracción
Consumo eléctrico bajo	Perdida de recubrimientos materiales preciosos
No daña los componentes	Reducción de tamaño de limitado
Libera los materiales y la separación puede des manual o automática	Encapsula los materiales
Permite extracción manual de material tóxico y peligroso	



Desarmadora Smash Boom Bang (SB²)

Ventajas	Desventajas
No daña los plásticos, no los quema	30% de los componentes no se puede separar
Separa 70% los materiales	Requiere de muchos pasos repetitivos para reducir el tamaño de la fracción
Consumo eléctrico bajo	Requiere de procesos de corte o impacto posteriores
Menos desgaste de herramienta	
No daña los componentes	
Permite extracción manual de material tóxico y peligroso	

Figura 20. Máquinas de impacto ventajas y desventajas



Fragmentador de cadena

Ventajas	Desventajas
Menos desgastes de herramienta	2.5 veces más costos que las máquinas de corte
Consumo eléctrico bajo	Tiempos de mantenimiento elevados
No dañan los componentes como los plásticos	Cambio de balero /1 semana
Libera los materiales y la separación posterior puede ser manual o automática	Cambio de pared /4 días
Permite extracción manual de material Tóxico y Peligroso	Materiales y componentes muy caros

Figura 21. Máquina de impacto por cadena ventajas y desventajas



Figura 22. Interior de una cámara de una máquina de impacto por cadena



Figura 23. Materiales peligrosos separados durante el proceso de reciclaje



Figura 24. Residuos después de la fragmentación con la máquina de impacto por cadenas



Figura 25. Materiales separados en operaciones posteriores a la máquina de impacto

Por lo que sus principales ventajas sobre las máquinas de corte son el menor desgaste de las herramientas, el consumo eléctrico, permite la separación manual sin peligro, no se encapsulan los materiales, lo que al contrario libera el 75% de los materiales en una sola operación y no corta los residuos peligros evitando la contaminación del material, pero una de las desventajas de utilizar el equipo Europeo es que la maquina está diseñada para procesar un ritmo de operación de 20 toneladas esto hace que el costo de esta máquina en comparación con las de corte sea de 2.5 veces más caro que las máquinas de corte (Velasco, 2012, Enero 23, p. 25-26).

Por lo que en esta tesis se va a considerar una máquina de impacto por cadenas, pero adaptado al ritmo de proceso de América, con el diseño documentado en la tesis del M.I. Héctor Velasco, realizada en UABC, donde una de las principales conceptos de ingeniería inversa y reingeniería, es bajar la potencia del motor, se consideró un mantenimiento preventivos de corto tiempo, un diseño óptimo para desarmar y armar los componentes, componentes estandarizados para contar con cualquier accesorio que comercialmente sea disponible. La máquina europea utiliza un motor de 250 HP, en la maquina propuesta se bajó a 150 hp debido a una solución técnica de cargas, sin afectar ningún problema en el resultado de fragmentación, solo este cambio en el motor seleccionado ahorra \$10,000 USD, sin enumerar todas aquellas mejoras en el equipo (Velasco, 2012, Enero 23, p. 30-31).

En la figura 26 podemos ver el diseño de esta máquina y sus ventajas.

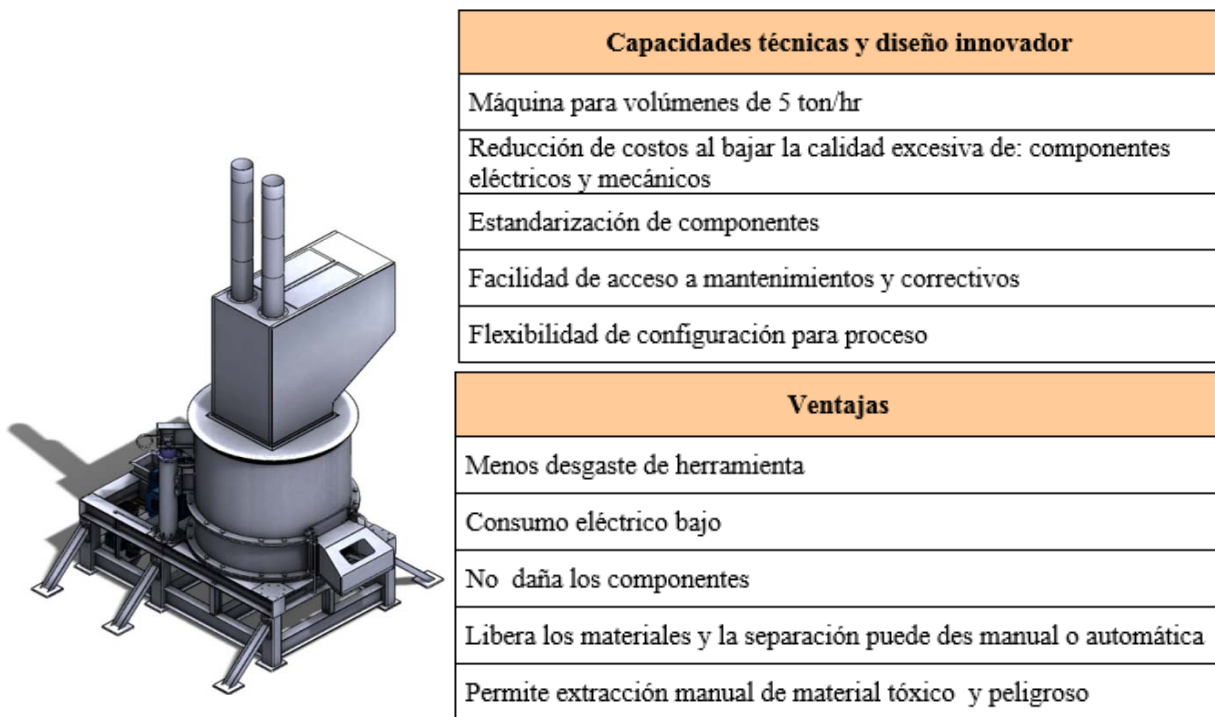


Figura 26. Máquina de fragmentación de cadena

7.3 Esquema de procesos existentes

Antes de iniciar con el diseño de nuestro proceso se identificó el estado del arte de los procesos de reciclaje de residuos electro-electrónicos, con ayuda de un experto en procesos de reciclaje, el objetivo es analizar cómo se llevan a cabo las operación para la recuperación de materiales, a fin de encontrar las ventajas y desventajas, así se tomara la decisión de cuales operaciones y de qué manera se pueden modificar para que nos beneficie a la necesidad en América, retomando de estos procesos sus mejores características. Para esto se tomaron en cuenta a 3 empresas que utilizan máquina de impacto por cadena, estas son las más modernizadas en el proceso de reciclaje.

Las empresas son RECYTEL, IMMARMARK y CEAR.



Figura 27. Planta RECYTEL, Madrid, España

Descripción de la empresa

RECYTEL fue formada en el año 2001, motivada por la entrada en vigor de los nuevos reglamentos que reclasificaban al Residuo de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) como un residuo peligroso y reglamentaban su gestión. El objetivo de la empresa era adelantarse a los acontecimientos legales, para que una vez fuera transcrita la Ley Europea y entrara en vigor la nueva legislación española, Madrid contara con la infraestructura necesaria para reciclar los RAEE. De esta manera, y en asociación con el grupo de pioneros más importante de Europa en el reciclaje de este residuo (Grupo suizo IMMARK), RECYTEL se convertía en la primera planta especializada de RAEE en España y en la segunda más moderna de Europa.

El éxito de la planta fue la transferencia tecnológica de los procesos más eficientes diseñados en Europa, incorporándose nuevas tecnologías que jamás habían sido utilizadas en el reciclaje de este tipo de residuos. Entre lo más destacado se encuentra el uso de fragmentadores por impacto, que utilizan la inercia de los diferentes componentes para separarlos en fracciones manejables manualmente y de las que se pueden separar grupos homogéneos de componentes y materiales. Para esta separación se utilizan también sistemas innovadores de cribado y separación de materiales, que permiten una valorización óptima del residuo. El proceso original Suizo es muy completo y genera fracciones muy puras a través del esfuerzo mecánico. Estas fracciones son luego vendidas a fundidoras, refinadoras de metales preciosos, que las aprovechan y separan según su densidad. El proceso es costoso, por lo que sólo existen unas pocas instalaciones refinadoras de metales preciosos en el mundo. Algunas de ellas son: Nord-Deutsche Affinerie (Aurubis), Boliden, Umicore y Glencore.

El proceso de Recytel es muy similar a la primera parte del que utiliza Immark en Suiza. La principal diferencia es que RECYTEL no termina de separar el material de manera mecánica hasta el final, sino que se centra en la producción de materiales homogéneos con valor de mercado, que, aunque no llegan al máximo grado de pureza que se puede obtener por medios mecánicos, si generan un beneficio económico muy bueno. Tras una reunión de trabajo entre el director de proyecto de RECYTEL, Tomás Prieto, y el gerente de la empresa Umicore, Thierry Van Kerckhoven, ambos encontraron un punto óptimo en la relación del nivel de depuración mecánica de los RAEE y las capacidades de los procesos de fundición y refinado. Esta reunión estableció la diferencia entre el proceso de IMMARK en Suiza y el de RECYTEL en España. IMMARK enviaba fracciones de material muy puras a la fundición. Eran el resultado de una extensa inversión en equipos mecánicos, en energía eléctrica y en herramienta de proceso. Pero estas fracciones que llegaban muy puras y en granulometrías muy reducidas; todas ellas eran luego fundidas en la misma colada. Incluso muchas veces la fundición incluía materiales mucho menos procesados para balancear su producción. Este conocimiento hizo que en RECYTEL no se invirtiera tanto en crear fracciones excesivamente puras, pues además de lo costoso, los procesos de fragmentación y cribado raspan los recubrimientos de oro y metales preciosos del material., formándose fracciones de polvo en que se pierden estos valores.

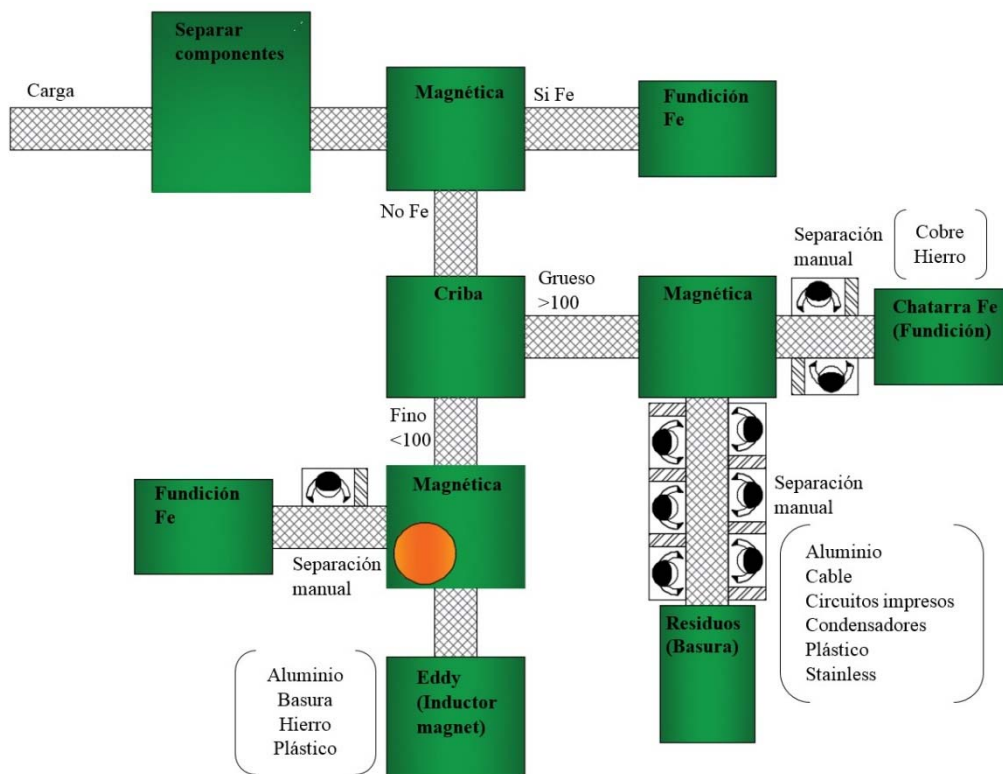


Figura 28. Proceso de reciclaje de RAEE en RECYTEL



Figura 29. Banda de elevación de materia prima en el proceso de RECYTEL

Descripción de proceso

El proceso de RECYTEL consta de una línea de carga, que eleva el material a un fragmentador por impacto (MEWA QZ 2000). Después del fragmentador el material pasa por una separación magnética que toma la fracción férrica gruesa y la desvía sobre un contenedor de metales.

El material restante es enviado a una criba, que genera dos flujos el mayor a 100 mm y el menor a 100 mm. El flujo mayor es enviado a un separador magnético, del que se toman los componentes férricos y los compuestos Fe-Cu (motores, transformadores, etc.). El resto del material es enviado a una banda de separación manual.

La fracción fina es enviada a un separador magnético de banda y rodillo de punta, que aseguran que no quede ningún elemento férrico sobre la banda. La banda descarga el material sobre un inductor que separa el aluminio y los metales de los plásticos.

El esquema de trabajo de RECYTEL es muy sencillo, eficiente y más económico de operar que muchos otros. En él se demuestra que la sencillez tiene ventajas competitivas sobre otros.

Las ventajas de la planta de RECYTEL son:

1. Menor inversión que procesos más automatizados
2. Menos etapas de fragmentación y menores pérdidas de metales preciosos
3. Consumo eléctrico reducido
4. Consumo de herramientas reducido

Las desventajas de la planta de RECYTEL son:

1. Requiere de mayor número de empleados
2. Es un proceso rectilíneo que se abre en diversas ramas, pero siempre genera una fracción que debe de ser re trabajada en la fracción gruesa después de la separación manual.
3. Con el mismo fragmentador que Immark, este proceso sólo puede trabajar 5 toneladas por hora, pues las bandas de separación manual se llenan y perjudican la calidad y la producción.



Figura 30. Planta Immark de Suiza, Zúrich

Descripción de la empresa

Esta empresa tiene más de 25 años operando. Tiene la capacidad de reciclar el 95% del proceso de su materia prima, que es el residuo electro-electrónico, la actividad de esta empresa se encuentra en Suiza y cooperan con plantas de desmantelamiento en todo el país, también tiene plantas en Irlanda, Alemania, Italia y Francia.

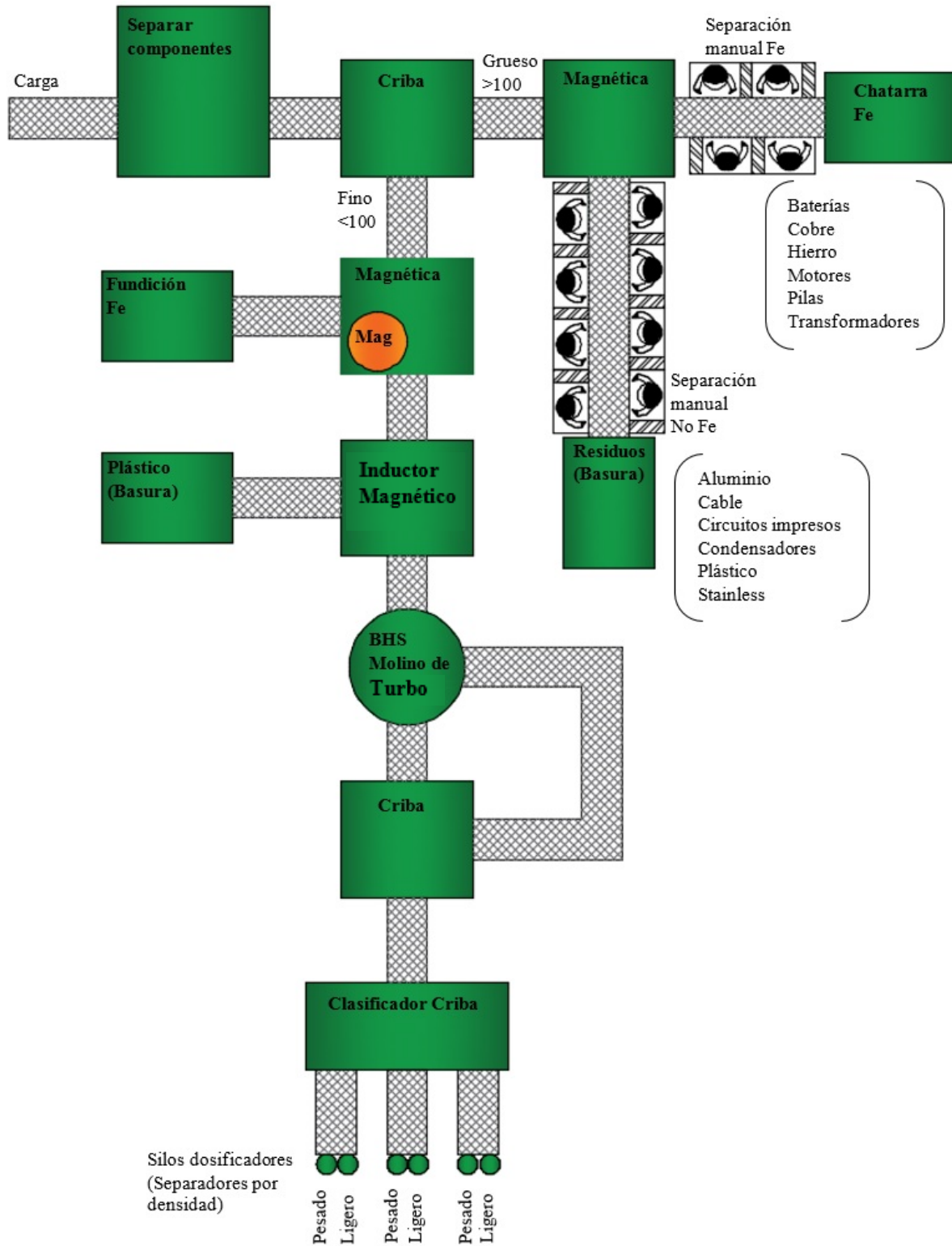


Figura 31. Proceso de Immark



Figura 32. Proceso interior en Immark, estructuras y mezzanines característicos de este proceso

Descripción de proceso

El proceso de Immark es el más completo de la industria, con el mismo fragmentador que RECYTEL, Immark es capaz de duplicar el volumen de proceso y llega a superar las 10 toneladas por hora.

El proceso consta de una cinta de carga que alimenta un fragmentador por impacto. El fragmentador descarga sobre una banda que alimenta una criba. La criba genera una fracción gruesa de la que un separador magnético extrae los componentes férricos y fierro-cobre del flujo. El material restante es enviado a un proceso de separación manual.

La fracción fina es enviada a un separador magnético de banda y rodillo, que extrae todos los componentes férricos del flujo. De este separador se retiran los plásticos y el material restante es enviado a un molino rotatorio (Rotormühle de BHS), que lo fragmenta en pequeños granos de metal de diferentes tamaños. Del molino una primera criba genera un flujo de retorno y el material restante es enviado a una serie de clasificadores que producen fracciones de similar granulometría y densidad, separando los metales de manera muy eficiente.

Las ventajas de la planta de IMMARK son:

1. Operando el fragmentador con mucha intensidad y produciendo fracciones pequeñas, la planta puede manejar grandes volúmenes por contar con una línea de proceso automatizada muy eficiente para la fracción fina.
2. Al fragmentar más intensamente, utiliza menos personal por cada tonelada de material recuperado.
3. El fragmentador se puede ajustar a diversos flujos de RAEE (impresoras, computadoras, línea marrón, etc.)

Las desventajas de la planta de IMMARK son:

1. El exceso de pre-proceso genera la pérdida de metales preciosos, tiene un costo energético elevado y requiere de grandes inversiones.
2. Por su complejidad, requiere de personal de mantenimiento muy capacitado.
3. Requiere de varias etapas de fragmentado y genera más polvo y desperdicio.



Figura 33. Planta CEAR, Sacramento, California

Descripción de la empresa

CEAR ha operado desde el año 2000 en Sacramento, California, tiene como a clientes a grandes corporaciones, agencias gubernamentales, pequeñas empresas y organizaciones cívicas.

Procesan más de 2 millones de libras de desechos electrónicos cada mes, desviando más de 25 millones de libras de los vertederos de California cada año. Están certificados en la ISO 14001 y pertenecen a la Red de Acción de Basilia (BAN's)

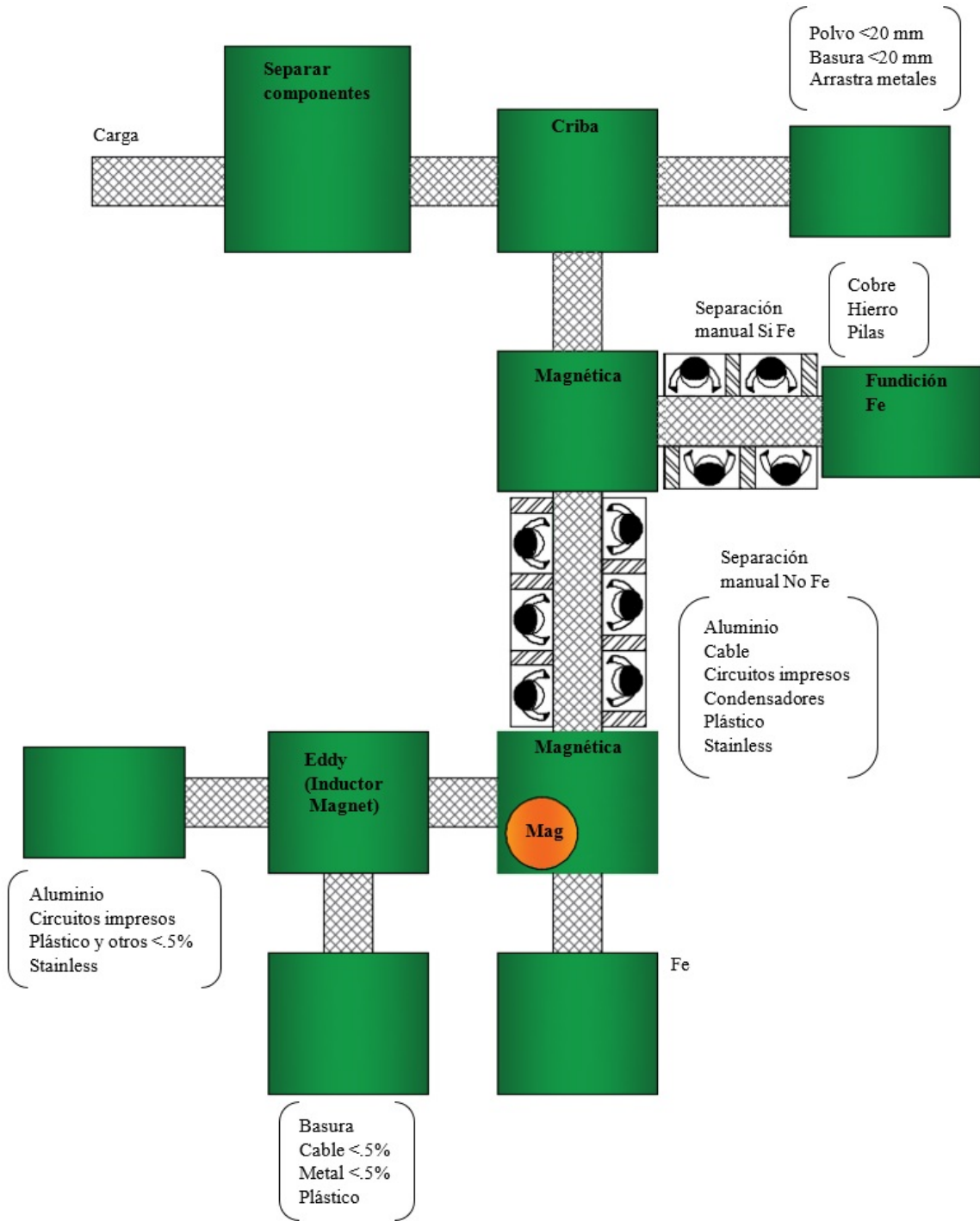


Figura 34. Proceso de CEAR



Figura 35. Interior de la planta CEAR, utilizando una máquina de impacto

Descripción de proceso

La primera parte de la planta de CEAR es muy similar a la suiza de IMMARK y a la española de RECYTEL. Una banda de carga alimenta un fragmentador por impacto (MEWA 1600), el cual trabaja con una intensidad inferior a la de RECYTEL. El resultado son fragmentos mayores, destinados a ser separados manualmente. El material pasa por una criba muy fina que retira el polvo y la basura, y es entregado a un separador magnético. El separador magnético extrae la chatarra férrica y los componentes hierro/cobre y produce una pequeña cantidad de compuestos sin separar que son retornados manualmente al fragmentador.

El resto del material pasa directamente a unas mesas de separación manual, donde se extrae la mayor parte del valor del flujo. EL material que no fue extraído manualmente es pasado por un separador magnético de banda y rodillo y enviado a un inductor que retira el plástico y el aluminio del flujo. El material restante es empacado y vendido como fracción de alto contenido de metales preciosos.

Las ventajas de la planta de CEAR son:

1. La inversión es muy baja
2. El desgaste es mínimo
3. La producción es muy alta y genera buenos materiales y beneficios.
4. El control y mantenimiento son sencillos.
5. El proceso es muy adaptable a diferentes tipos de residuo.

Las desventajas de la planta de CEAR son:

1. No se cuenta con un proceso de cribado antes de llegar a las bandas de corriente de Foucault
2. El volumen máximo de trabajo del proceso es de 3 toneladas por hora.
3. En ambas mesas de trabajo y separación manual hay fracciones de residuo que hay que reprocesar.

7.4 Esquema de procesos optimizado para América

Ahora después de haber conocido las ventajas y desventajas de estos procesos se desarrolló el siguiente esquema conceptual para el proceso en américa.

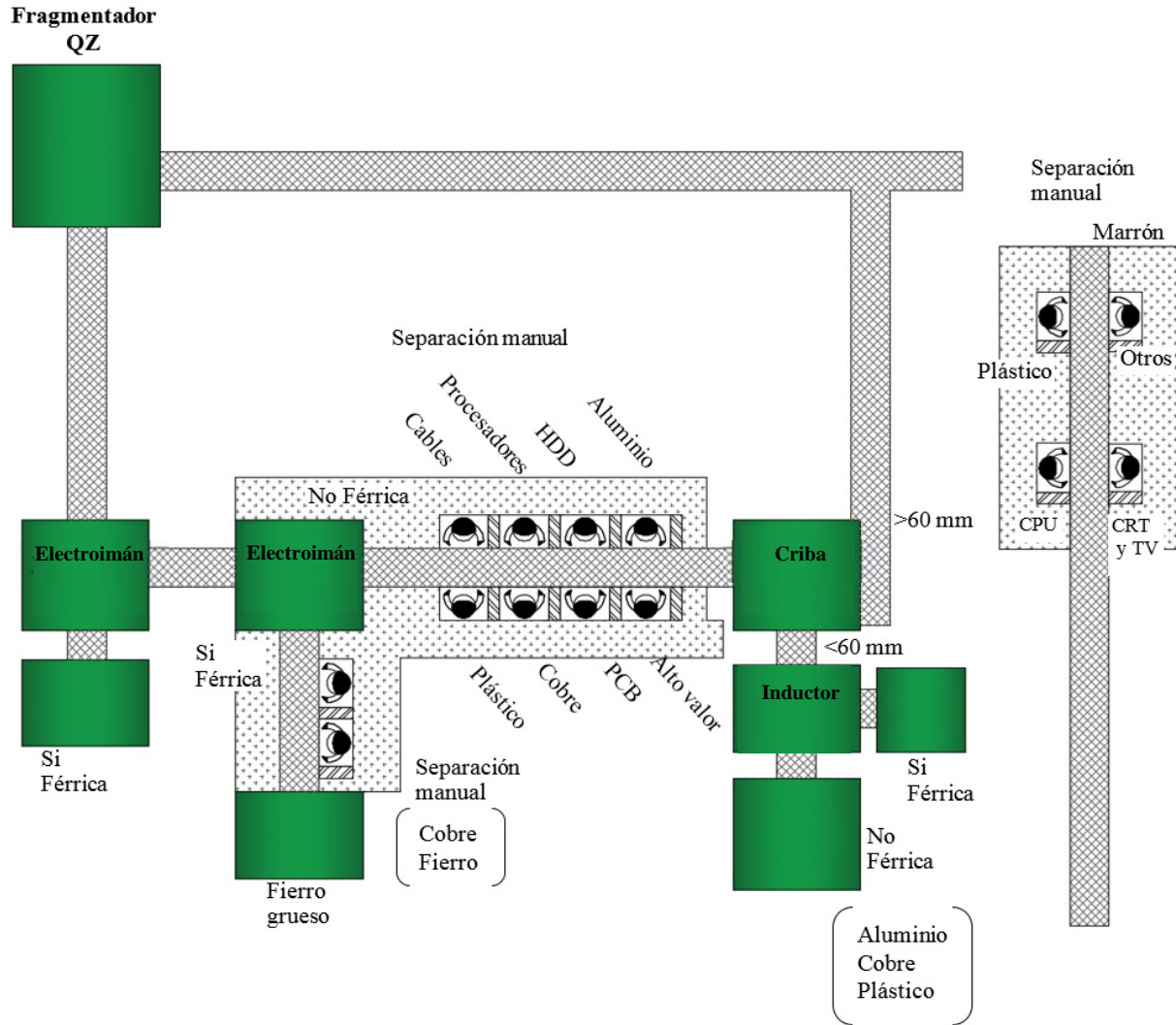


Figura 36. Proceso conceptual para América

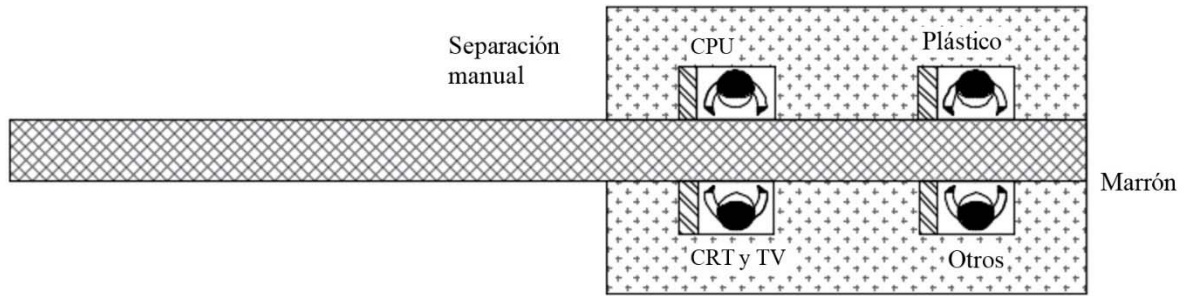


Figura 37. Proceso de separación de residuo

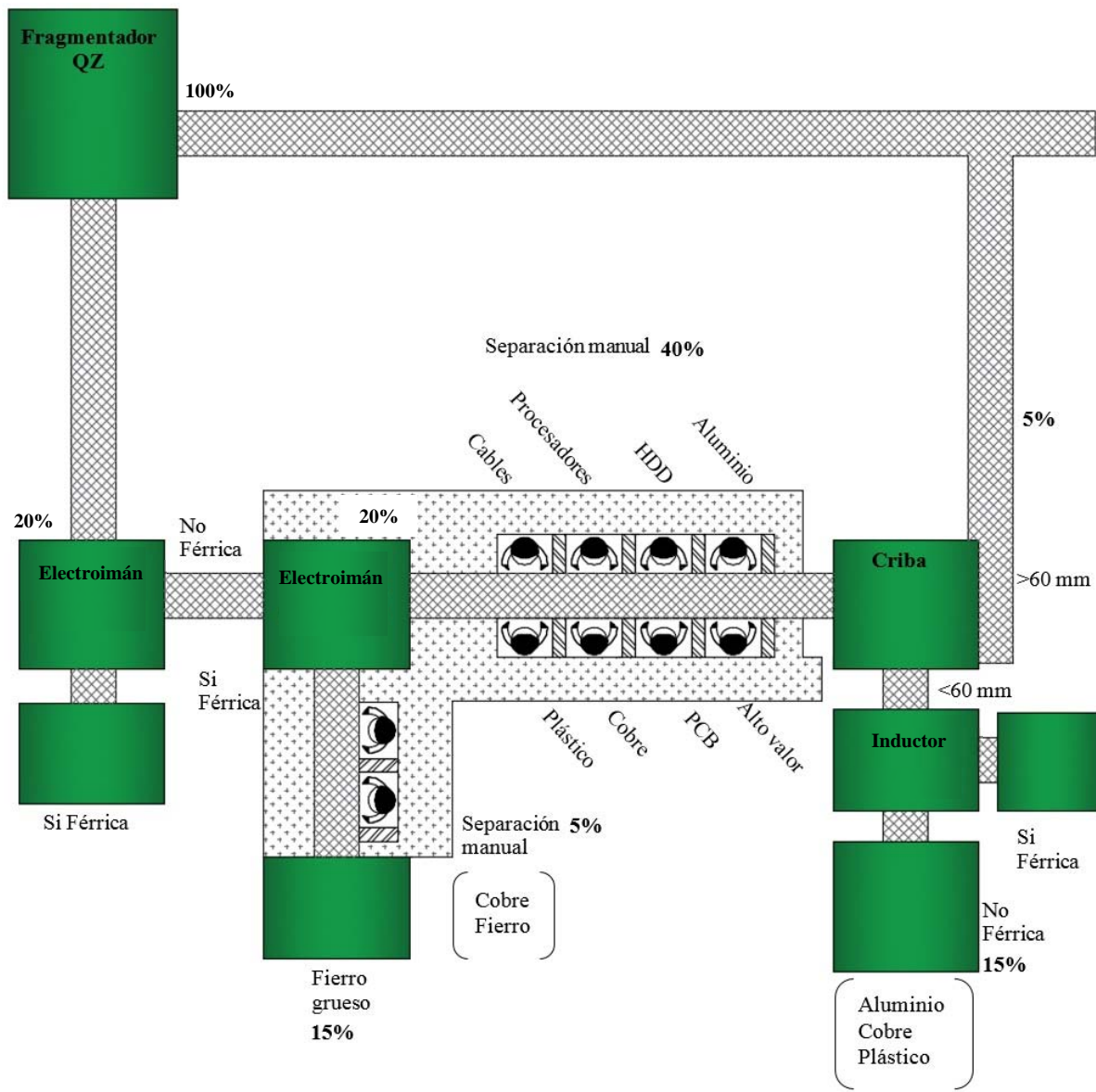


Figura 38. Procesos de reciclaje de RAEE para América

Descripción de Proceso

En este diseño de proceso se tiene considerado diseñar un proceso previo para la separación de los materiales, lo podemos ver en la figura 37 es un proceso donde se busca separar el residuo electro-electrónico en 5 categorías las cuales son: Plástico, CPU, Marrón, CRT y TV así como el sobrante categorizado como “otros”, este proceso nos va a permitir tener un mayor control para poder estimar con mayor precisión el tipo de materiales que vamos a recuperar, además de poder programar la producción a diferentes configuraciones, por ejemplo no es lo mismo, procesar un residuo que nos va a dar mucho plástico a otro donde nos dé mucho residuo en tarjetas electrónicas, la configuración de la velocidad de la máquina, la puerta de apertura de la máquina, la cantidad de operadores, todo puede cambiar, así que si tenemos controlado el tipo de residuo que vamos a procesar, podemos programar los parámetros de proceso para ese tipo de residuo, logrando una mayor eficiencia para el reciclaje de esos elementos. Una vez separado el Material podemos procesar el residuo ya filtrado al proceso principal el cual es un circuito cerrado, donde el material es dispuesto en una banda que dirige el material directo a la máquina de impacto por cadenas. Después se dirige a una cinta magnética que separa el fierro de este residuo, el resto se dirige a una segunda banda magnética que vuelve a separar el fierro, el residuo sigue su curso hacia una pepena manual de 8 operadores, donde estos separan, cables, procesadores, HDD, Aluminio, Plástico, Cobre, PCB y Alto valor, el proceso sigue hacia una criba donde el material se separa por tamaño de fragmentos menores a 60 mm y mayores a 60 mm, los fragmentos menores a 60 mm, siguen hacia una cinta magnética que separa devuelta el poco fierro que existe, lo demás sigue a una máquina de corrientes de Foucault que separa las fracciones en aluminio, cobre y plástico. Las fracciones mayores de 60 mm regresan al fragmentador para hacer más pequeña la fracción.

En el siguiente esquema de la figura 39 podemos ver las estimaciones de cómo se va a separar el residuo durante el proceso, es decir el 100% del residuo entra por la maquina fragmentadora, la primera cinta magnética separara el 20% del residuo, una segunda cinta magnética separara un 20% más del residuo, así el 60% del residuo sigue su trayectoria hasta la pepena manual, aquí se segrega otro 40% del residuo y el otro 20% sigue su trayectoria y al final es separado en 5% hacia la máquina de corrientes de Foucault y el 15% restante regresaría a la maquina fragmentadora. Este mismo estimado en porcentaje lo podemos visualizar en la figura 38, figura 39 y figura 41.

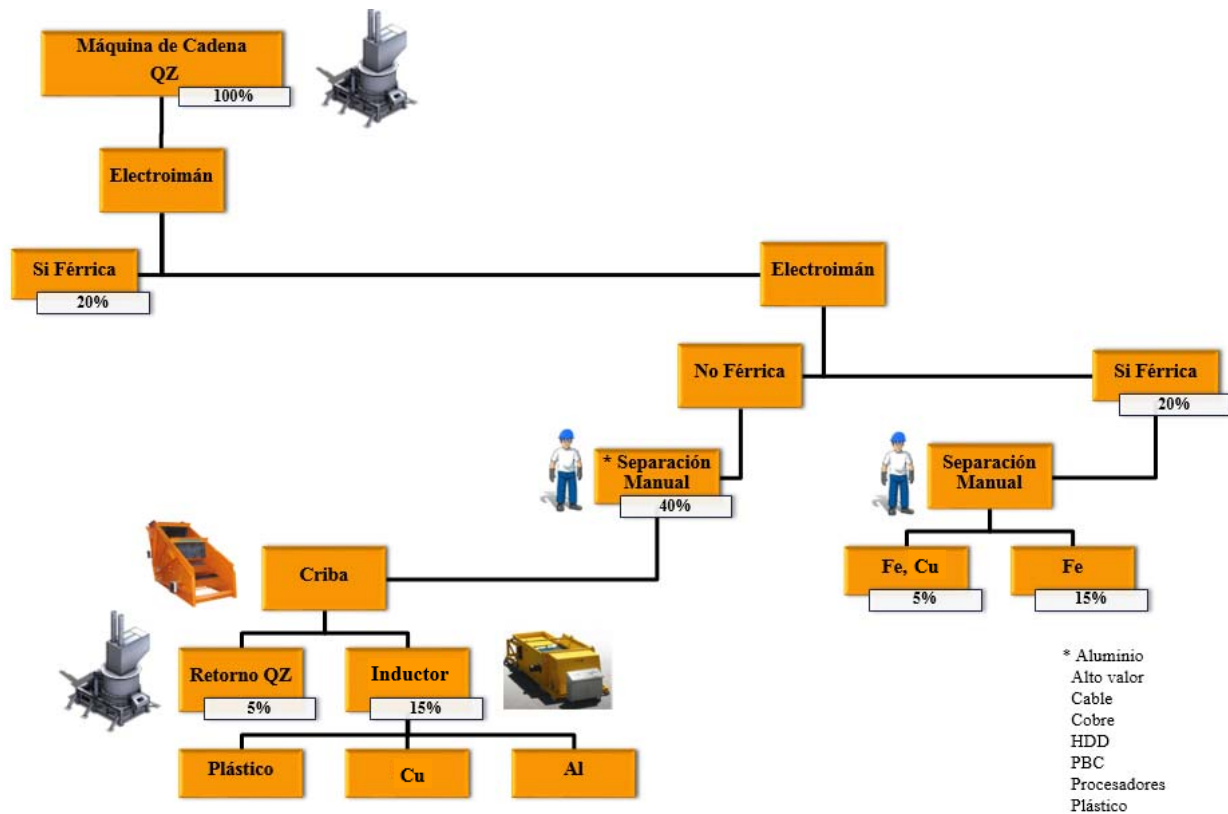


Figura 39. Esquema de las estimaciones para la separación de los residuos durante el proceso propuesto para América

Descripción del esquema de proceso en 3^{ra} dimensión

A diferencia de los otros procesos de reciclaje se realizó un esquema de un proceso previo, en este se tiene la intención de separar el residuo con el objetivo de mejorar el control del proceso del residuo, en la figura 40 podemos observar que la intención es crear una fosa donde se pueda descargar el residuo electrónico por medio de un pequeño trascabo, cargando el material de los almacenes y dirigiéndose para arrojarlos a la fosa, en esta fosa existirá una banda de arrastre que llevara el residuo a un mezzanine donde habrá 4 operadores, separando el material en Plástico, CPU, Marrón, CRT y TV así como el sobrante categorizado como “otros”.

7.5 Esquema de proceso en 3ra dimensión y descripción de maquinaria

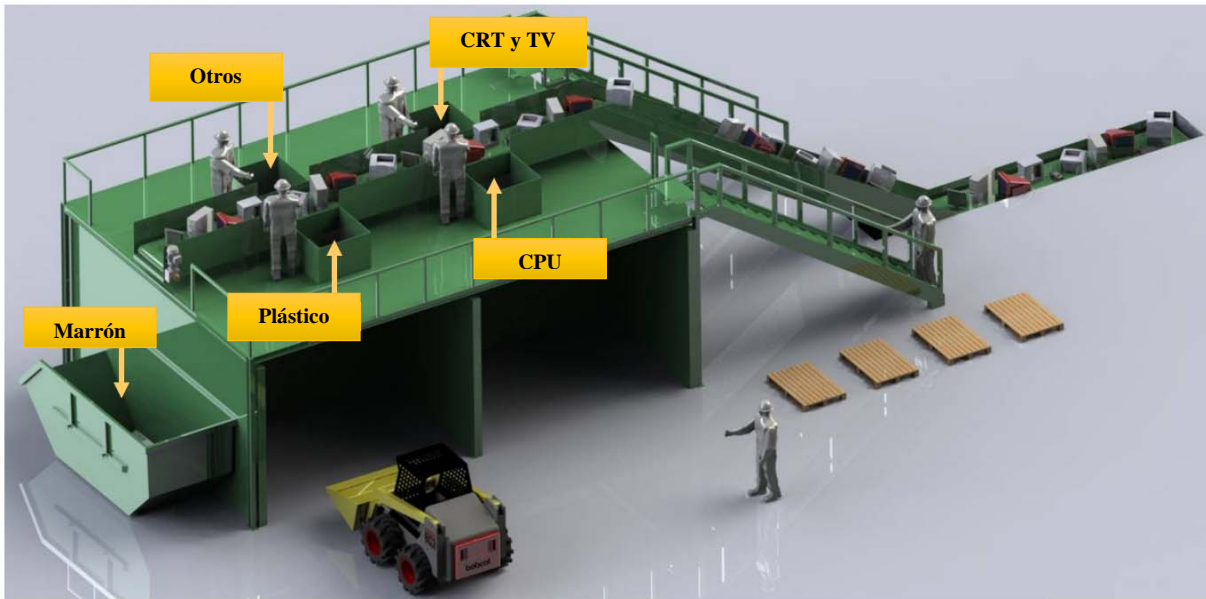


Figura 40. Esquema de proceso en 3ra dimensión

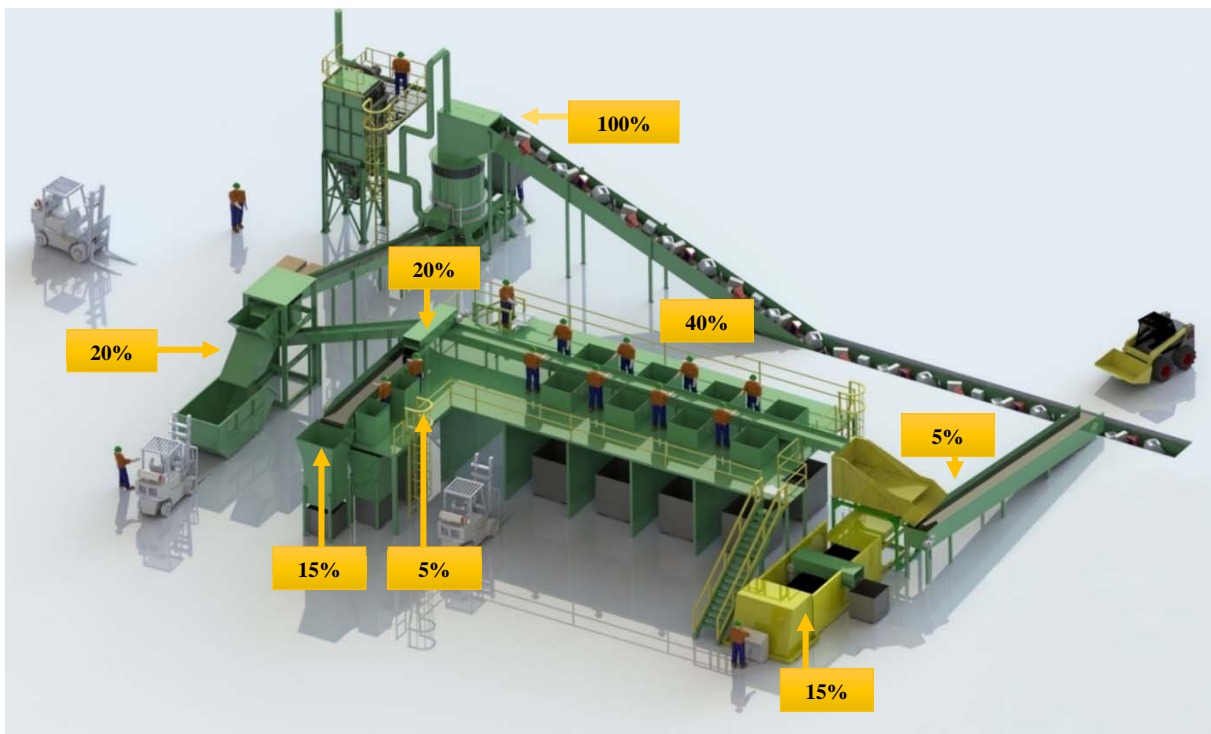


Figura 41. Esquema de proceso de separación de residuo en 3ra dimensión

En cuanto al proceso principal podemos observar en la figura 41 como esta conceptualizado en 3^{ra} dimensión, también se tiene contemplado la utilización de una 2^{da} fosa donde un trascabo puede depositar el residuo, así el residuo se transporta a través de la banda de arrastre, este se deposita en la parte superior de la máquina de impacto por cadenas, este material es fragmentado y separado por las bandas magnéticas y así el proceso sigue su curso como en la descripción mencionada anteriormente. Se va a utilizar una criba para separar fragmentos menores a 60 mm y mayores a 60 mm marca Mogensen, la cual funciona como se muestra en la figura 42.

La Criba es una máquina que separa fracciones	
Cuándo >60 mm	Cuándo <60 mm
Regresa a la máquina Fragmentadora	Va a la máquina de Inductor

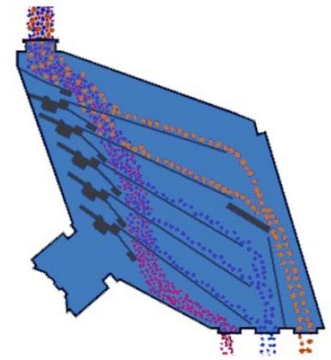


Figura 42. Criba para separar materiales a fracciones convenientes

Después de cribado el material, la fracción menor a 60 mm, se va a una máquina de corrientes de Foucault este maquina separa el material en Aluminio, Cobre y Plástico se utilizará una maquina inductora STEINERT ver figura 43.

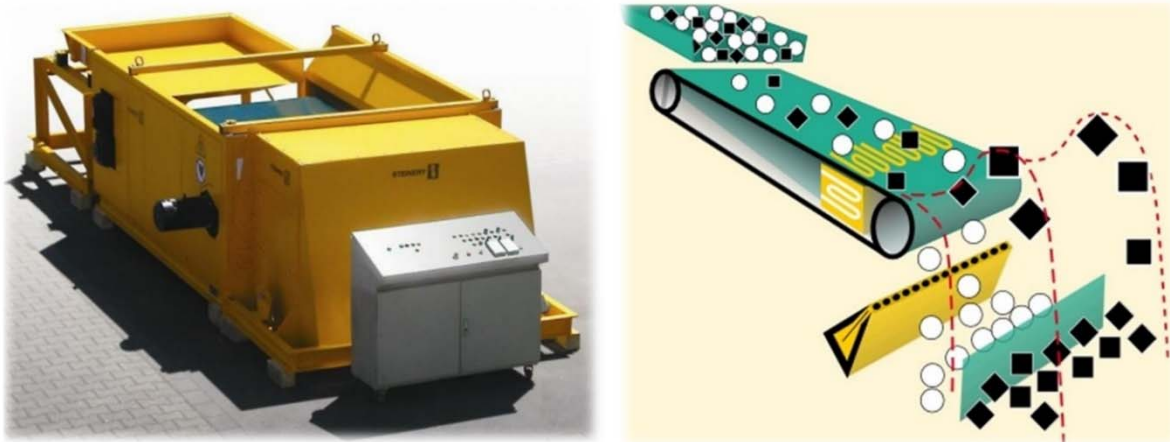


Figura 43. Máquina de corrientes de Foucault STEINERT

Al final el proceso completo lo veremos como en la figura 44 donde muestra tanto el proceso principal y el proceso de separación de residuo.



Figura 44. Proceso general en 3ra dimensión

7.6 Distribución de la planta

Una vez establecido el proceso general, se dispone a planear la distribución completa de planta, esta fue planeada con las áreas indispensables y área mínima para el proceso diseñado y la cantidad de trabajadores planeados, la planta contara con áreas como: Estacionamiento, Mantenimiento, Sala de entrenamiento, Comedor, Baños, Oficinas, Caseta, Producción y Almacén. En la figura 45 podemos ver como quedo dispuesto estas áreas.

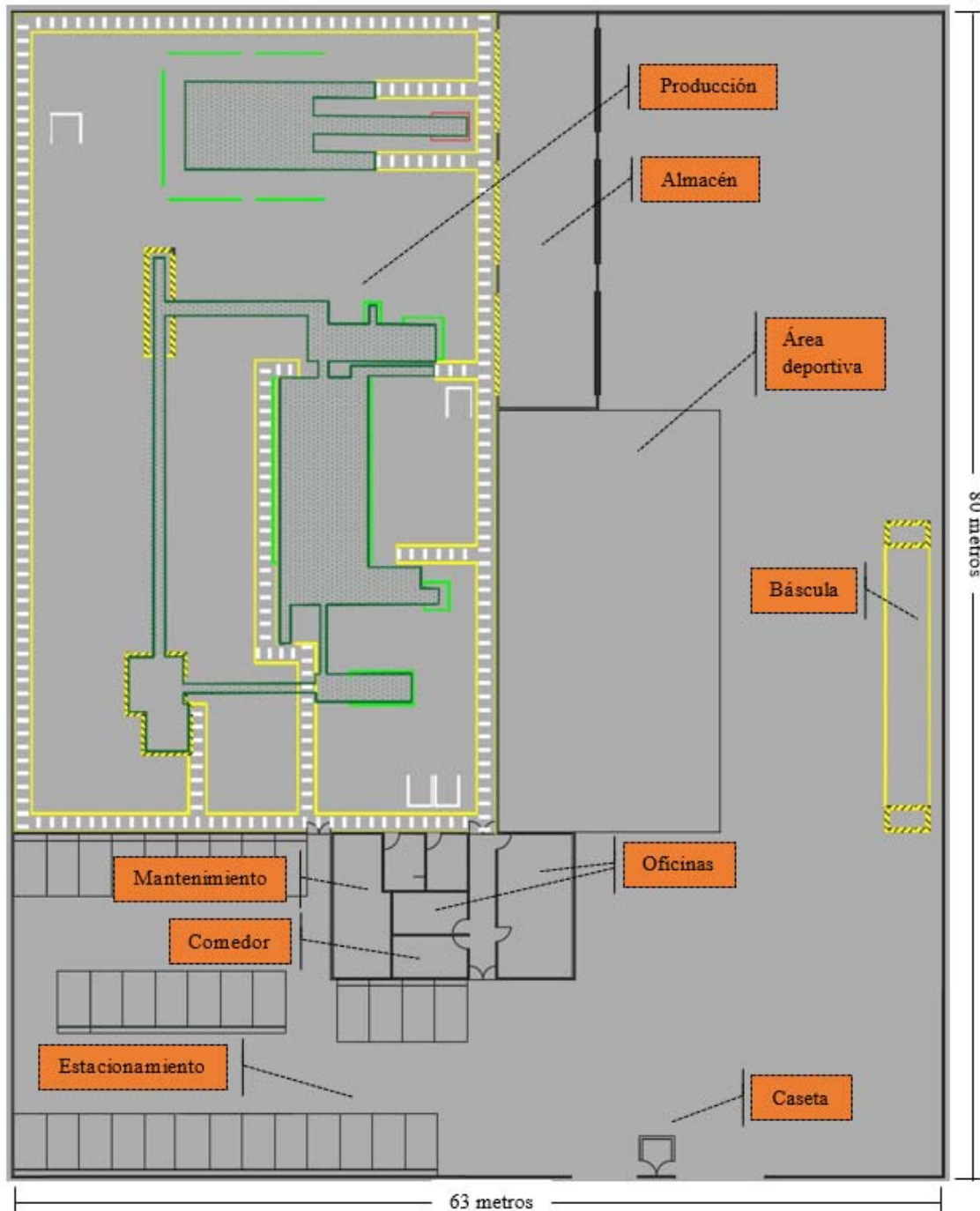


Figura 45. Plano de distribución de planta en vista superior

El área de producción fue definida a través de las dimensiones perimetrales del proceso de reciclaje diseñado, las dimensiones se pueden ver en Anexo 1, en el caso del estacionamiento fue diseñado contemplando la norma NOM-034-SCT2-2003, “Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas”, ver Anexo 2, y en el caso de los Baños sanitarios se realizó en base a la norma NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario-Especificaciones y métodos de prueba, ver detalles en Anexo 3.

7.7 Señalamientos y ambiente de trabajo para la seguridad

Para el señalamiento y ambiente de trabajo se llevó acabo basado en las normas NOM-003-SEGOB/2002, NOM-026-STPS-2008 y NOM-002-STPS-2010 donde estas normas nos dieron apoyo para conocer el tipo de señalamiento su color y dimensiones que deben de considerarse según las distancias que existan en la planta, una vez identificado este tipo de parámetros se procedió a incluir el señalamiento adecuado para el funcionamiento de esta planta en función de la protección de los trabajadores. Los señalamientos que fueron incluidos en este diseño fueron los siguientes:

Extintores, Ruta de evacuación, Escalera de emergencia, punto de reunión, Botiquín, Alarma, botones de emergencia, hidrante, Peligro Material inflamable, No Fumar, Área asignada para fumar, Uso obligatorio protección personal, Baños caballero y dama, la distribución y localización de estos señalamientos se pueden observar en Anexo 4.

Después de haber determinado las áreas necesarias y el ambiente de trabajo se procedió a realizar un levantamiento en 3ra dimensión para mostrar las áreas de manera más detallada, se puede observar en la figura 46 y figura 47, donde podemos observar que existe un área de descarga para los tractocamiones, un área para comer y un campo deportivo, entre otros descritos en la figura 45.



Figura 46. Planta completa en 3ra dimensión



Figura 47. Planta completa en 3ra dimensión con corte

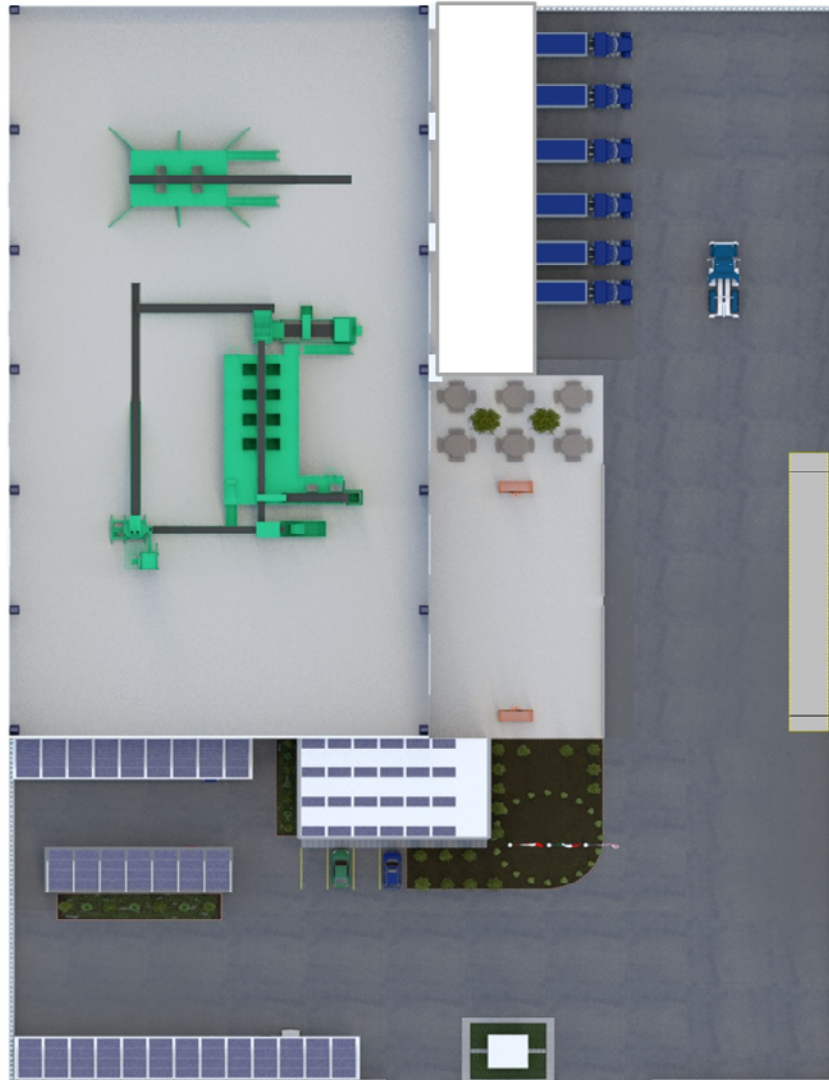


Figura 48. Vista en planta de la distribución a detalle

Una vez delimitado todas las áreas se procedió con el delineamiento de las rutas de operación en base a los colores 5's, comúnmente utilizados como buenas practicas dentro de la industria, la idea es ordenar el flujo de los operadores y lo los equipos en movimiento para una mayor seguridad, el resultado lo podemos ver en la figura 49.

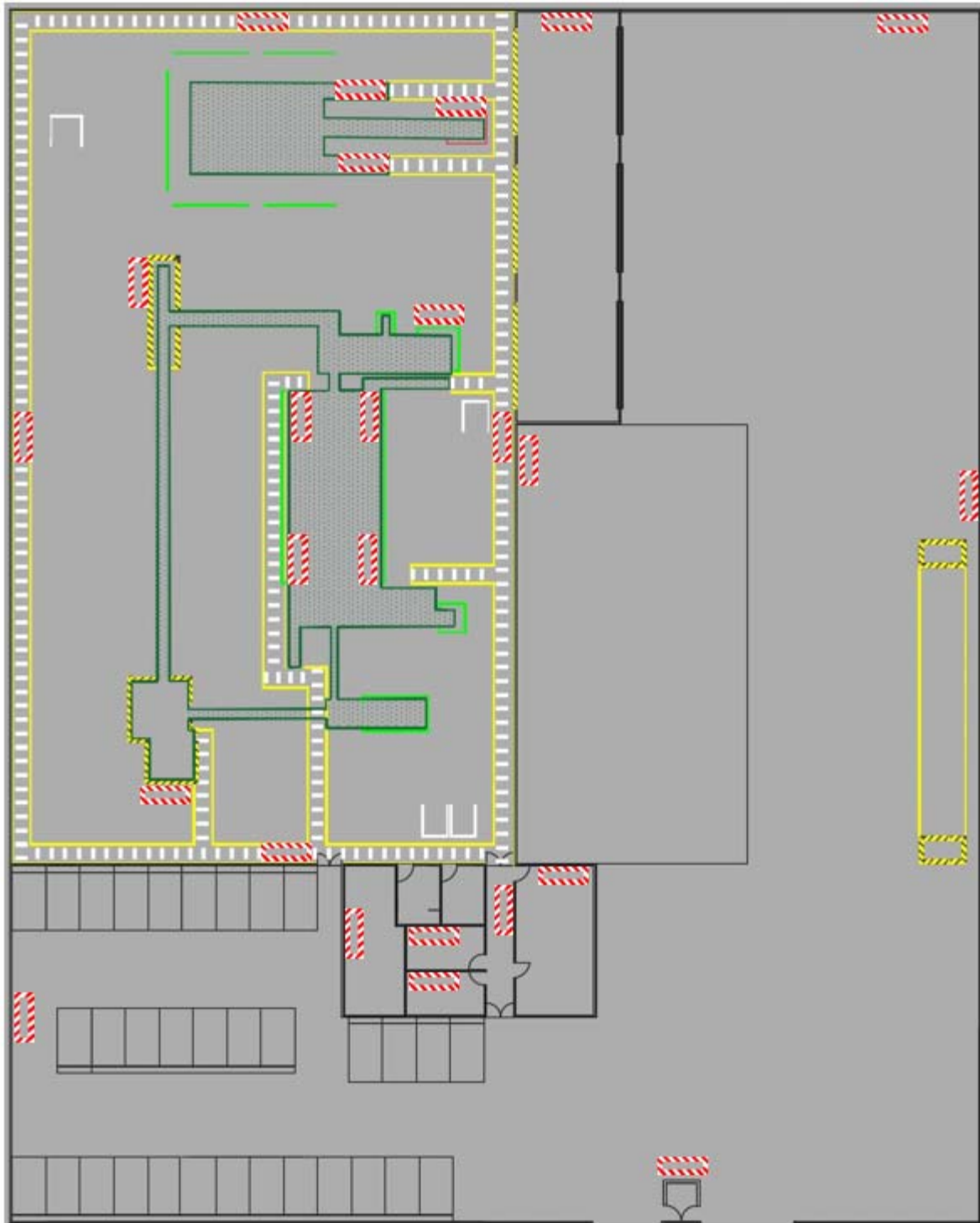


Figura 49. Plano de distribución con los delineamientos






Señal	Significado
	Pasillos, carriles de tráfico y celdas de trabajo
	Producto terminado y en proceso
	Equipos y aparatos estacionados
	Se deben mantener libres por motivo de seguridad
	Riesgo permanente

Tabla 13. Colores para delineamiento

En la tabla 13 podemos observar el significado de los colores que fueron utilizados para el delineamiento de la empresa. Lo primero que se planeo fue hacer un delineamiento para que visualmente las personas puedan ver diferentes tipos de mensajes por ejemplo tenemos el Amarillo es para delimitar áreas, el verde es para zonas de producto terminado. Amarillo y Negro riesgo permanente, son zonas donde pueda haber un peligro constante por ejemplo podemos ver estas zonas delineadas de este color por que salen y entran grúas y múcuras. Como riesgos físicos o para la salud. Rojo y Blanco, por ejemplo: equipos contra incendios, enfrente de paneles eléctricos, equipo de seguridad como estaciones de lavado de ojos, regaderas estaciones de 1ros auxilios.

7.8 Flujo de proceso

Para propósitos de organización y planeación del proceso se desarrolló un análisis de las operaciones que se van a llevar a cabo en toda la planta de reciclaje, se realizó un diagrama de flujo desde el momento en que entra el material a recepción hasta la recuperación de los materiales, este diagrama de flujo se desarrolló en base a la simbología utilizada por ASME que podemos ver en la tabla 14, el archivo completo de este análisis lo podemos ver en Anexo 5, este documento presenta un análisis de todas las operaciones en orden descendente, con el propósito de que la planta esté en funcionamiento se pueden tomar tiempos para asignarle a cada operación la duración, de esta manera podríamos conocer en qué tipo de operación se concentra más la ejecución del proceso para analizar una optimización y concentrarnos en una optimización de proceso.

Significado	Símbolo
Operación	
Transporte	
Retrasos	
Inspección	
Almacenamiento	
Almacenamiento temporal	
Toma de decisión	
Registro	
Transporte y Operación	

Tabla 14. Simbología para el Flujo con la simbología de ASME, 1880

A continuación, vemos un plano en vista superior con todas las operaciones contempladas para realizar este análisis, esto nos permite elaborar el diagrama de flujo, en Anexo 5 podemos observar todo el análisis ya documentado.

7.9 Diseño de módulo para las estructuras

Para poder diseñar las estructuras modulares se utilizó el esquema de proceso y se desarrolló en 3^{ra} dimensión, y con las dimensiones estimadas del proceso se generaron los perímetros de los módulos estructurales, como podemos ver en la figura 51 el diseño del proceso cuenta con 2 pisos elevados llamados mezzanines, estos se van a fabricar de estructuras de acero a través de módulos que al unirse uno con otro se conectan para formar el tamaño de mezzanine que se desee tener, al igual las escaleras serán estructuras planeadas para homologar la fabricación, incluyendo barandales y otros accesorios.

El primer procedimiento fue dividir las áreas en pequeños módulos estructurales en la figura 52 podemos ver la división en el piso, en el mezzanine más largo se están considerando 13 módulos y en el mezzanine más corto, de estos mismos módulos se están considerando 4.

Este tipo de arreglos modulares nos va a permitir vender los módulos por separado para cualquier cliente, así el cliente puede formar sus propios arreglos en su proceso, además permite que a la hora de estar fabricando módulos sean más estandarizadas las partes y se pueda fabricar a un costo mucho más bajo y tener precios competitivos.

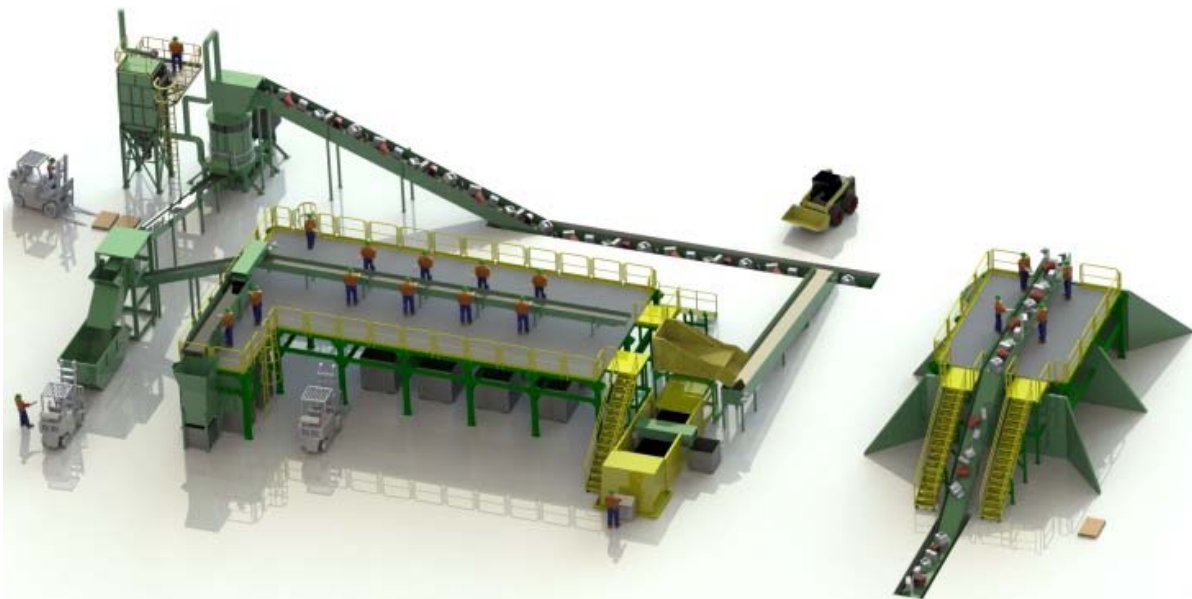


Figura 51. Esquema general mezzanines

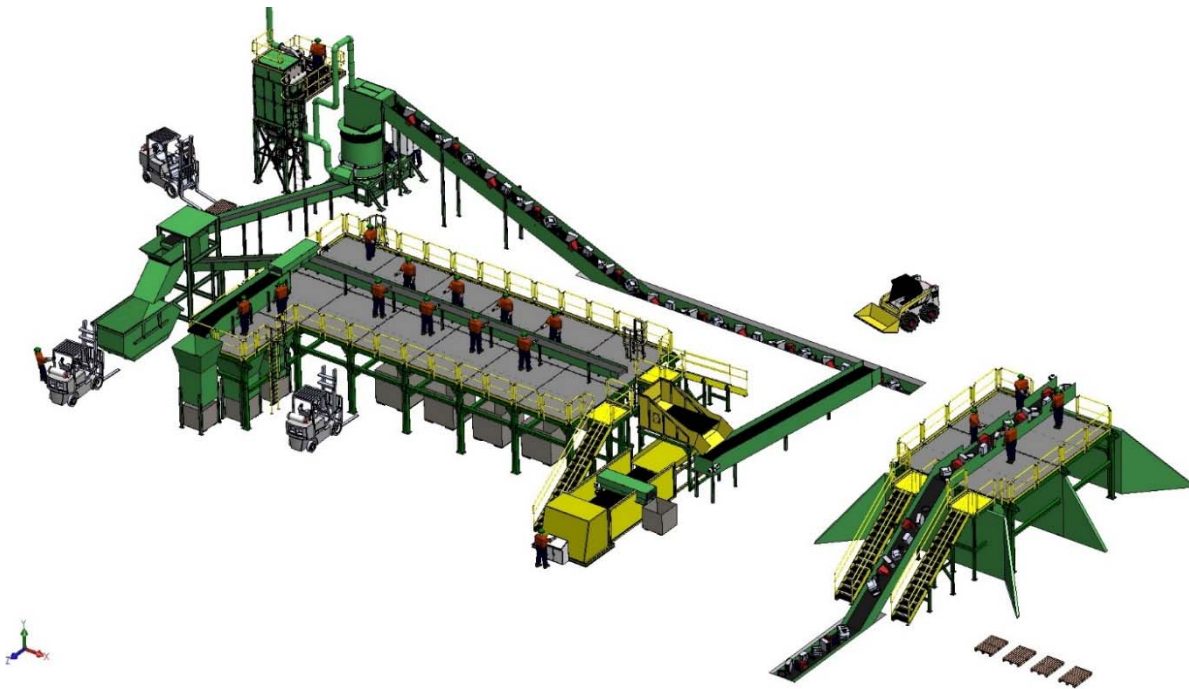
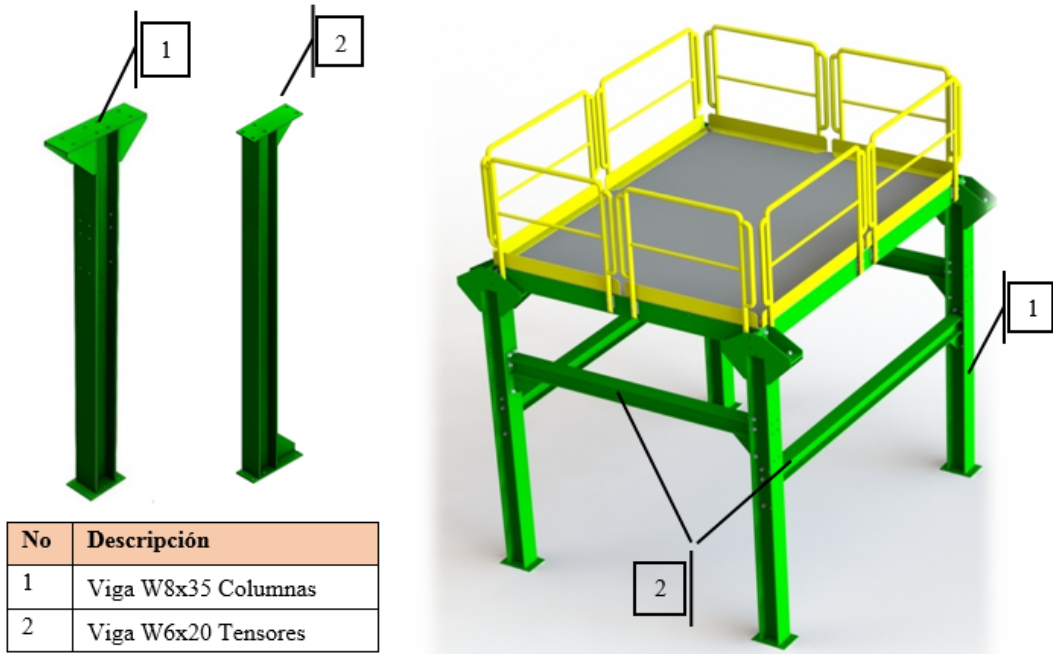


Figura 52. División de los mezzanines por módulos estructurales

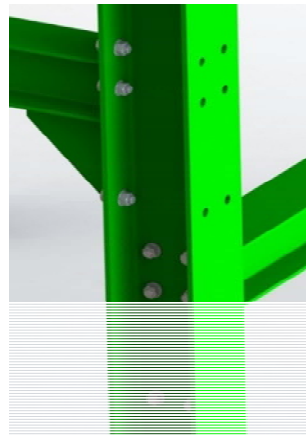
A continuación, se presenta como estarán conformados estos módulos y cuáles son sus configuraciones para adaptarse a cualquier arreglo que el cliente desee.

El modulo estará conformado por 4 columnas de una viga W8X35 está es una viga comúnmente utilizada en las estructuras de mezzanines de las empresas recicladoras que analizamos en previos capítulos, por eso partimos con este perfil, más adelante se analizara la capacidad de carga que tiene este perfil para poder estimar el peso total que se puede soportar en cada módulo. Las 4 columnas están sujetadas por 4 tensores con un perfil de una viga W6X20 los miembros estructurales serán atornillados utilizando solo tornillos de $\frac{3}{4}$ "-10, de esta manera podemos considerar que todas las partes pueden ser armadas en la empresa, sin necesidad de utilizar soldadura, estos detalles los podemos ver en la figura 53 y figura 54.



No	Descripción
1	Viga W8x35 Columnas
2	Viga W6x20 Tensores

Figura 53. Columnas y Tensores



Tornillos de 3/4-10, 2.5 Largo

Figura 54. Estructura armada con tomillería

La siguiente estructura es la base de los módulos está diseñado con perfiles MC8X22.8 la función principal de esta estructura es la de soportar las cargas que existan en el módulo, además de que cuenta con todas las roscas necesarias, para considerar cualquier arreglo y formar cualquier configuración que se desee.

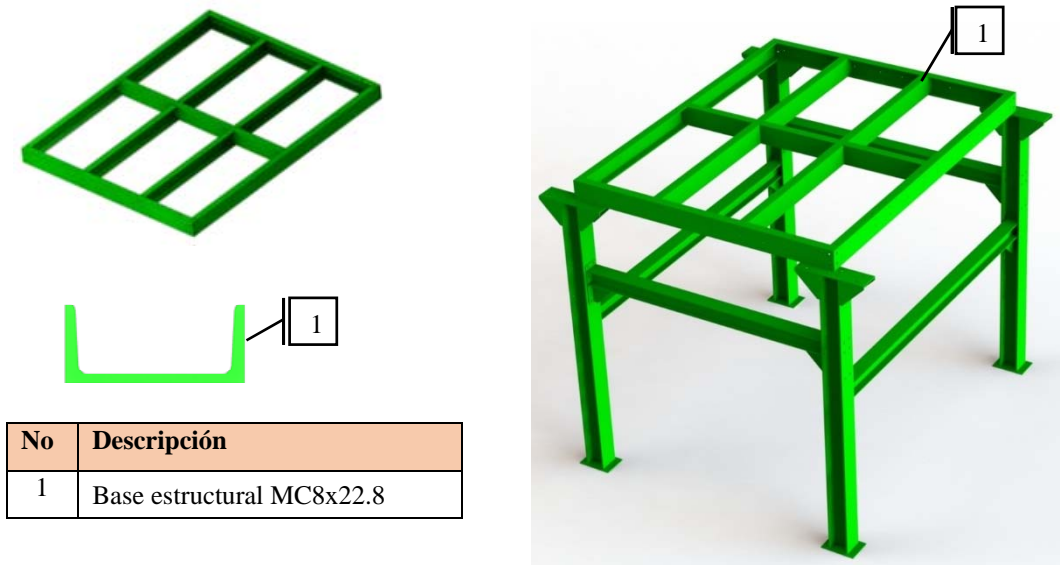


Figura 55. Base estructural del modulo

La base de los módulos es posicionada en $\frac{1}{4}$ de cara de las columnas, esto es así, para poder acomodar más módulos utilizando la misma columna, las estructuras están provistas de barrenos para poder amarrar los miembros entre sí por medio de tornillos, detalles en la figura 56.

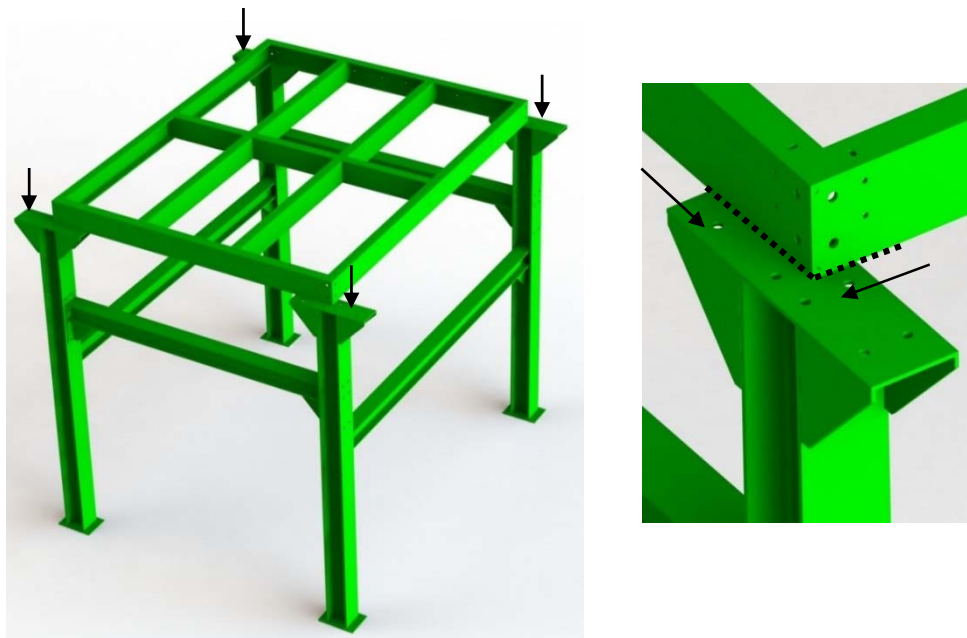


Figura 56. Posición de la base estructural en modulo

En la figura 57 podemos ver las diferentes configuraciones cuando se conectan 1, 2 o 4 bases. En el caso cuando solo una base es conectada se abarca $\frac{1}{4}$ de la columna cuando son 2 bases conectadas se abarca $\frac{1}{2}$ de la columna cuando hay 4 bases se abarca toda la columna.

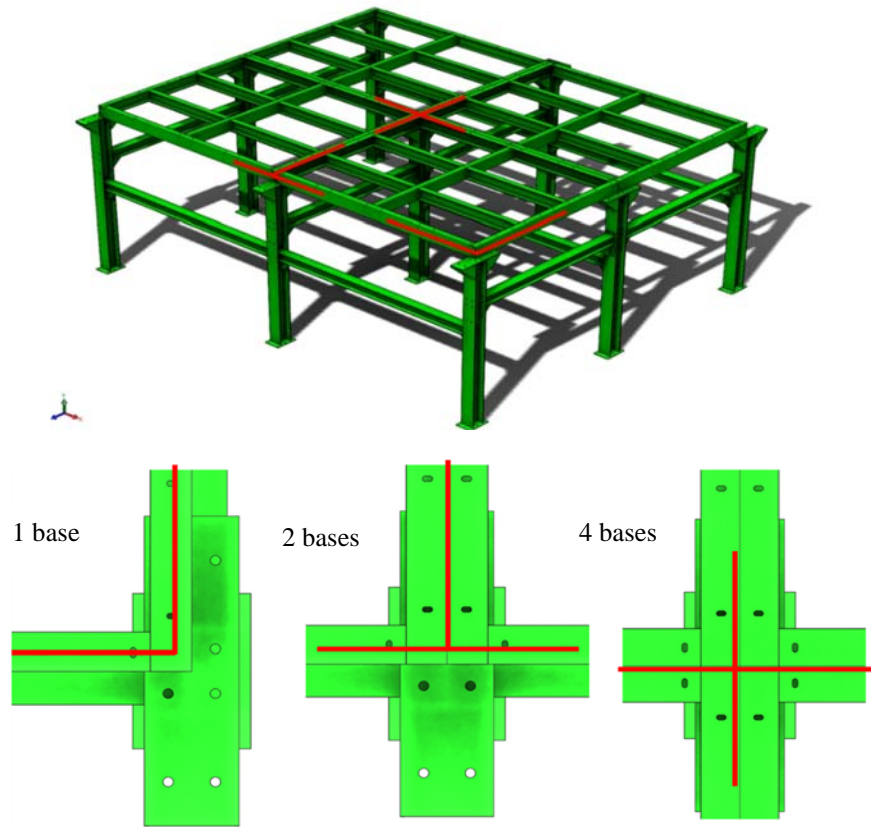


Figura 57. Posición de la base sobre las columnas

Después de colocar la base estructural en las columnas, las esquinas que quedan abiertas, son sujetas con abrazaderas y atornilladas para mantener las esquinas sujetas, proporcionando estabilidad y firmeza.



Figura 58. Colocación de abrazaderas en las esquinas de los módulos

A continuación, en la figura 59 se muestran una configuración de 4 módulos y las esquinas que quedan en los exteriores quedan abiertas.

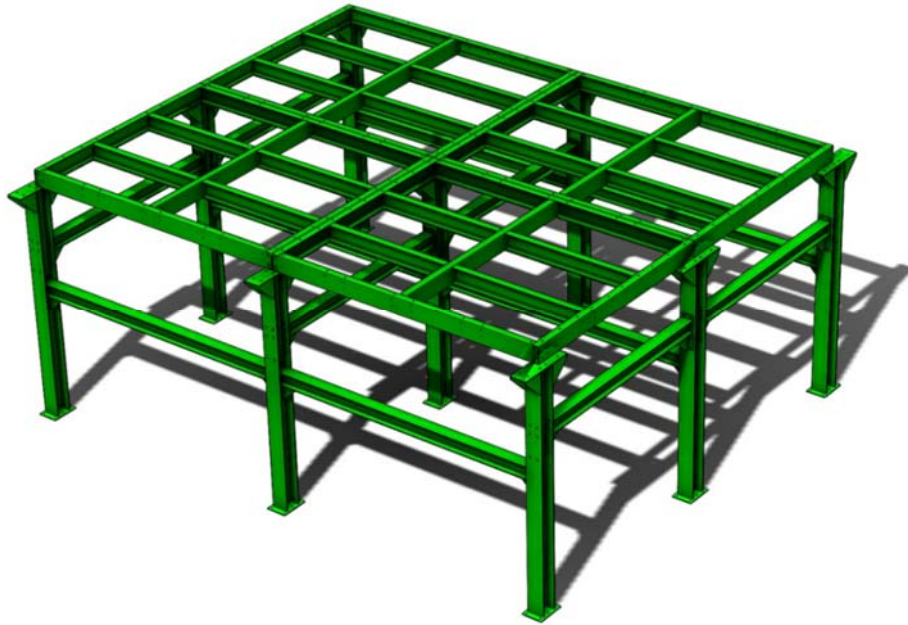


Figura 59. Módulos estructurales sin abrazaderas

A continuación, en la figura 60, se muestran los 4 módulos ya con las abrazaderas colocadas en las esquinas, se puede considerar solo meter las columnas tal que en las esquinas no existan la necesidad de colocar las abrazaderas, solo que las distancias de los módulos variarían, pero si esto no representa ningún problema para el diseño de la operación, puede considerarse.

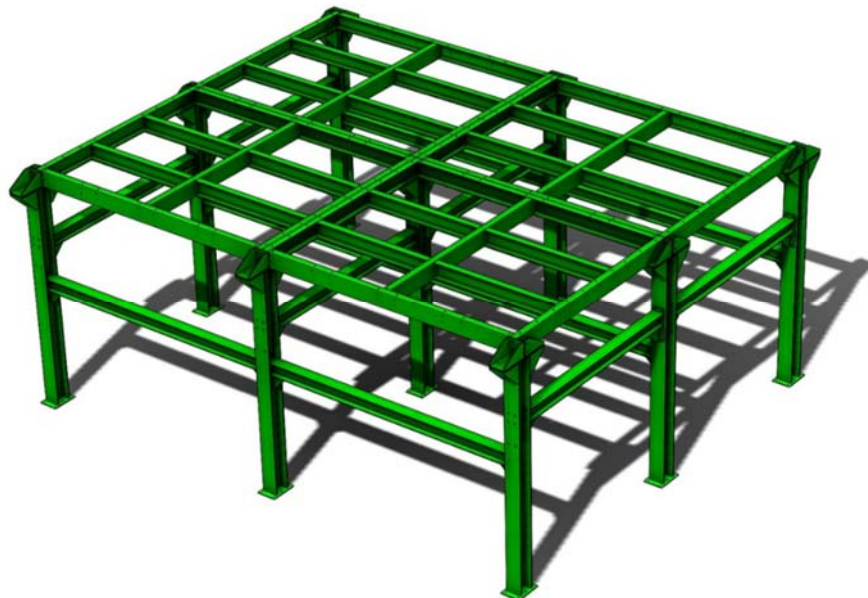


Figura 60. Módulos estructurales con abrazaderas

Después de colocar la estructura del piso se le va a colocar una placa del diamante de $\frac{1}{4}$ para evitar accidentes de derrape, por ejemplo, que las personas se resbalen.



Figura 61. Piso de diamante para los módulos

Después los barandales son colocados con tornillería, estos barandales vienen en diferentes dimensiones según la configuración de este módulo ya que hay un lado más largo y otro lado más corto, formando un módulo rectangular, los detalles los pueden ver Anexo 6; Estas configuraciones se mostrarán más adelante. Estos barandales vienen provistos de una placa en forma de “L” para que cualquier herramienta u objeto arriba en los módulos no se caiga y provoque un accidente.

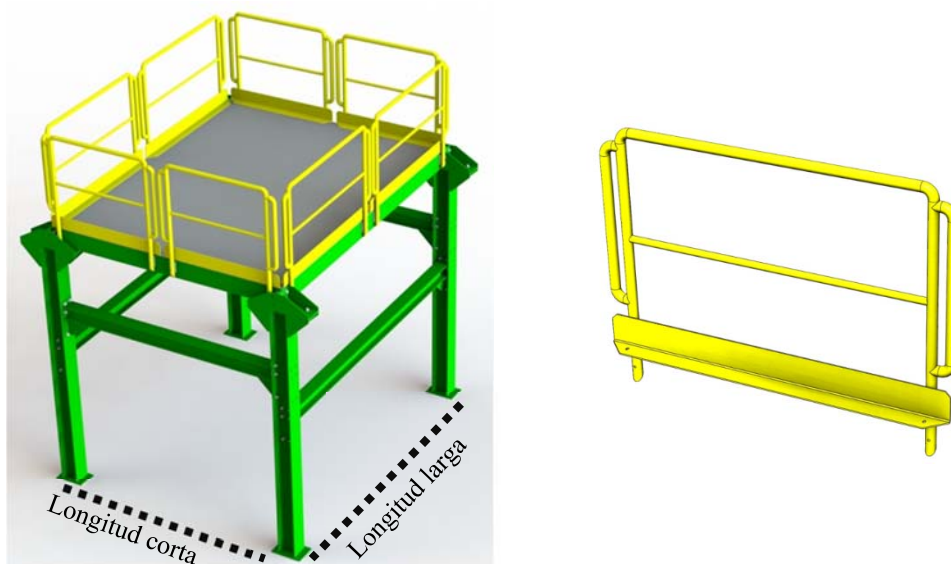


Figura 62. Ubicación de barandales en módulos

Estos barandales se colocan en los módulos a través de tornillería como se muestra en la figura 63, 2 tornillos laterales y 2 tornillos sobre la placa en “L”.

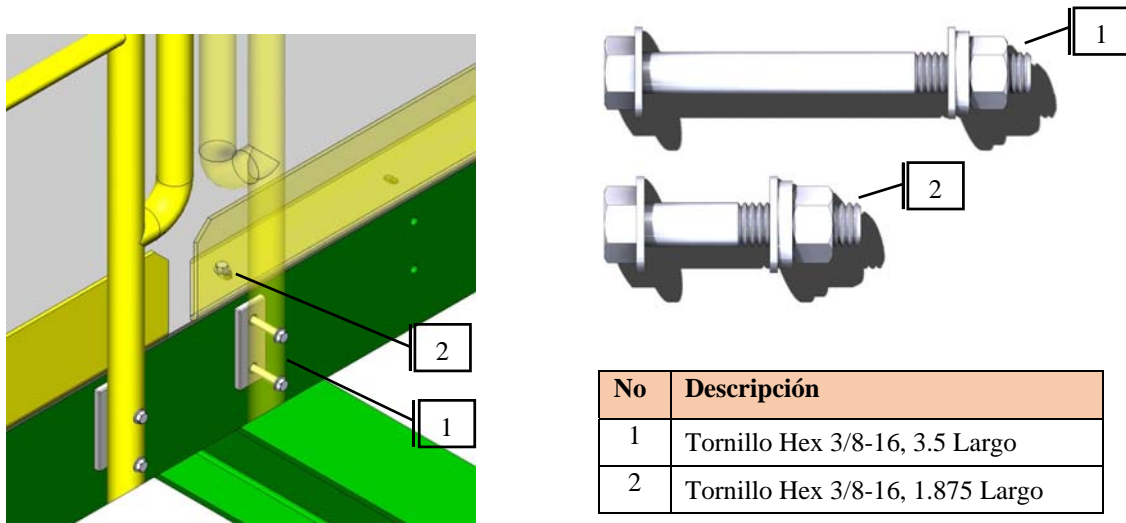


Figura 63. Colocación de barandales en módulos

Las orejas que se le diseñaron en los barandales tienen el propósito de abarcar las zonas faltantes para cerrar el perímetro ya que las abrazaderas no permiten que los barandales se junten.

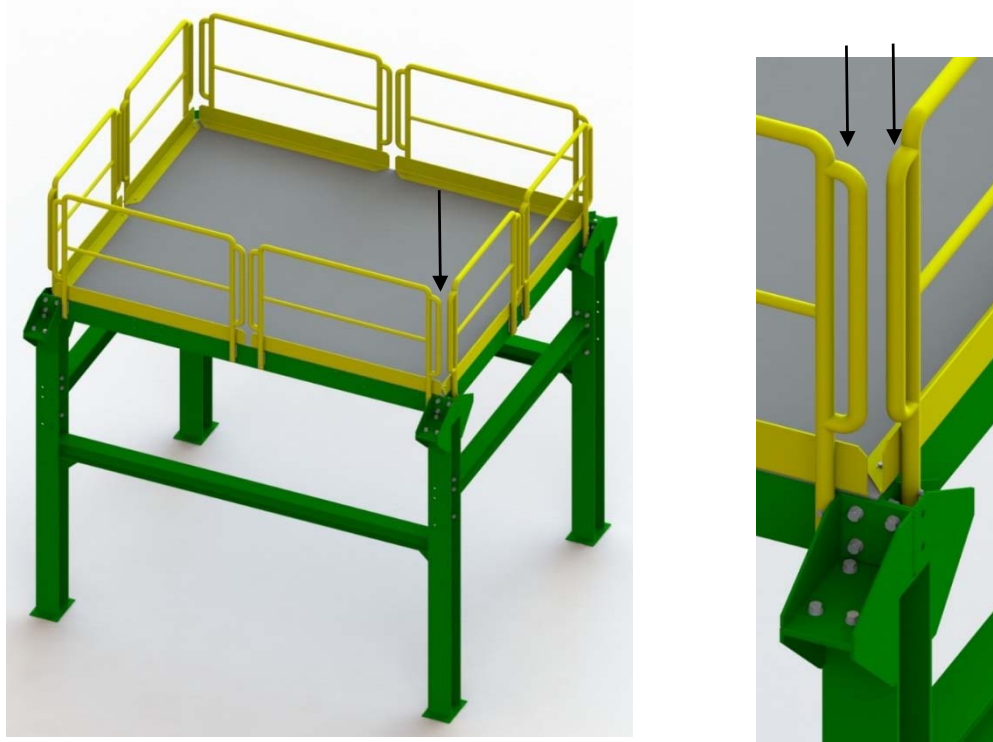


Figura 64. Orejas en los barandales

Podemos ver que las esquinas de los barandales las placas en forma de “L” tienen cortes a 45 grados, esto permite que no existan interferencias entre sí, ver figura 65.

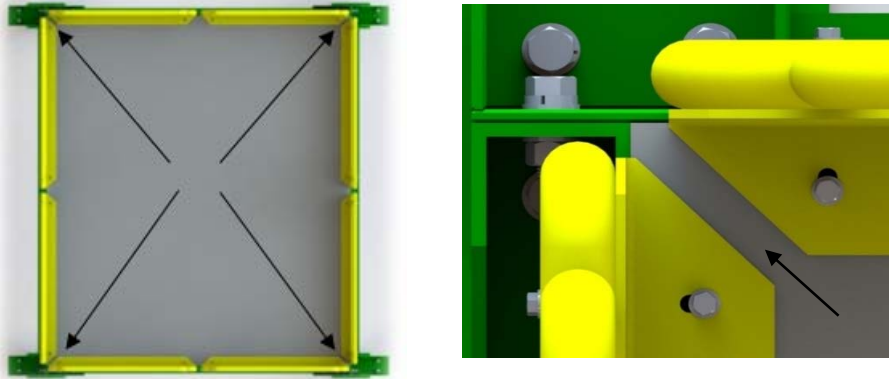


Figura 65. Cortes a 45 grados en los barandales

A continuación se pueden ver en la figura 66 los 2 tipos de diseño para escaleras, estas están diseñadas para poder ser colocadas en los laterales de los módulos, ya sea en la longitud corta del módulo o en la longitud larga, además de que el diseño de estas escaleras permite diferentes posiciones en el módulo sin que afecten la manera de como se sujetan; Son 2 tipos de escalera, la primera a la derecha de la figura 66 es la escalera marina, esta viene provista con toda la seguridad para que el usuario suba sin peligro de caer, ya que lo detendría la jaula, además de otras características de diseño para evitar que cuando suba la escalera, como la colocación de la jaula en la escalera, esta dobla de tal manera que cuando el usuario sube la escalera, esta misma no le estorbaría al subir, como se muestra en la figura 67 y la segunda es una escalera estándar de barandal, la primera es utilizada para lugares estrechos y bajadas de emergencias y la segunda para usos normales.

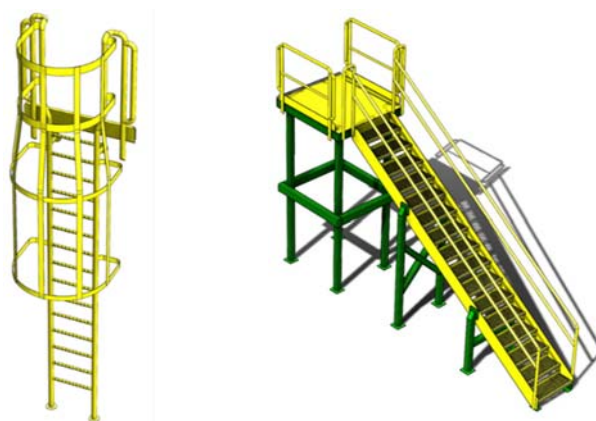


Figura 66. Escalera marina y de barandal

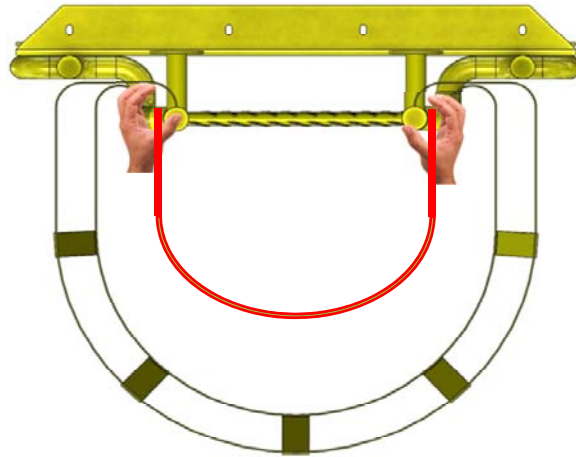


Figura 67. Posición de la jaula en la escalera

En la figura 68 podemos observar cómo podemos posicionar la escalera marina en el módulo, esta escalera va atornillada al módulo y los barandales se ajustan a otra medida, este mismo ajuste de medida en el barandal se puede colocar tanto del lado largo del módulo y el corto, ya que es el mismo. La única que cambio en dimensión es la escalera marina.

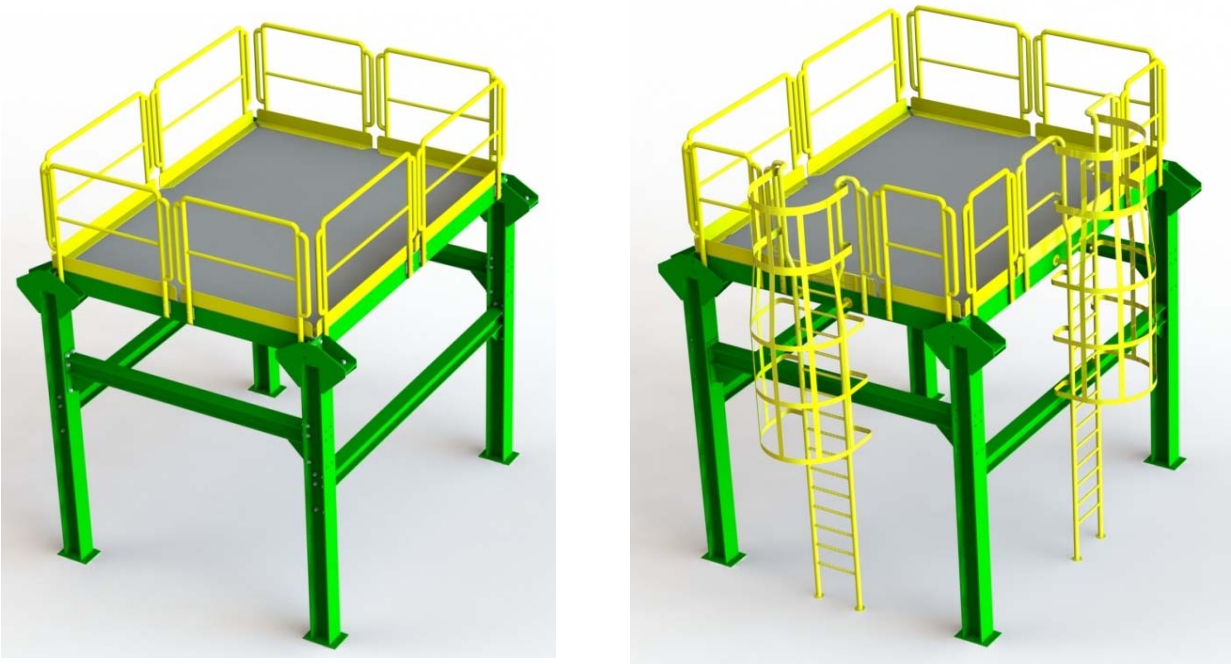


Figura 68. Posición de la escalera marina en el modulo

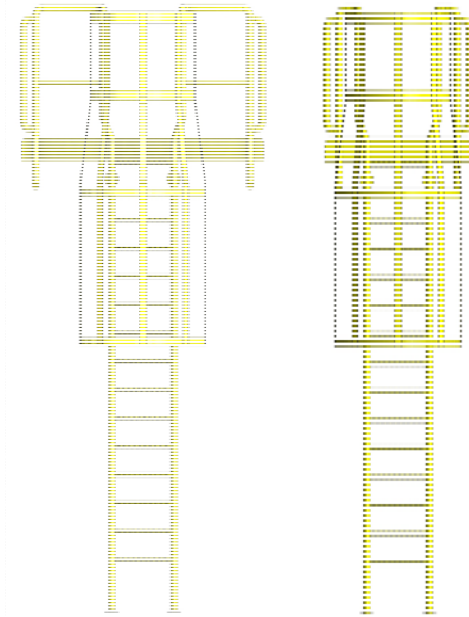


Figura 69. Escaleras marina larga y corta

A continuación, tenemos la configuración de los módulos con la escalera de barandal, esta escalera esta provista de una estructura de perfil cuadrado y puede ser colocada en 3 posiciones ya sea del lado corto o largo del módulo en las siguientes figuras 70, 71, 72 se mostrarán las 3 configuraciones de cómo se pueden posicionar.

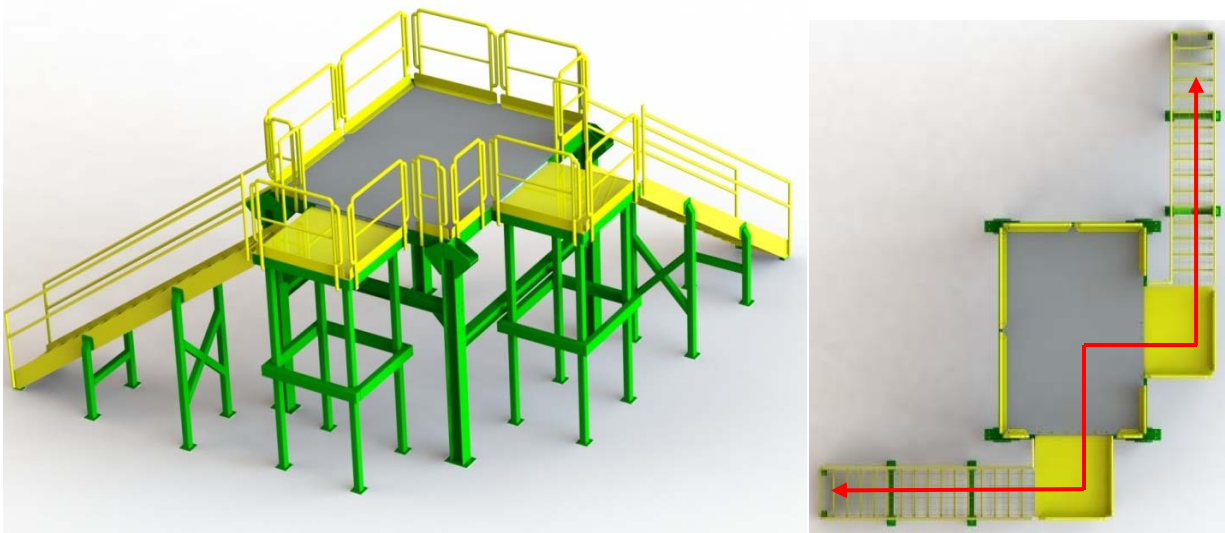


Figura 70. 1er configuración de la escalera de barandal

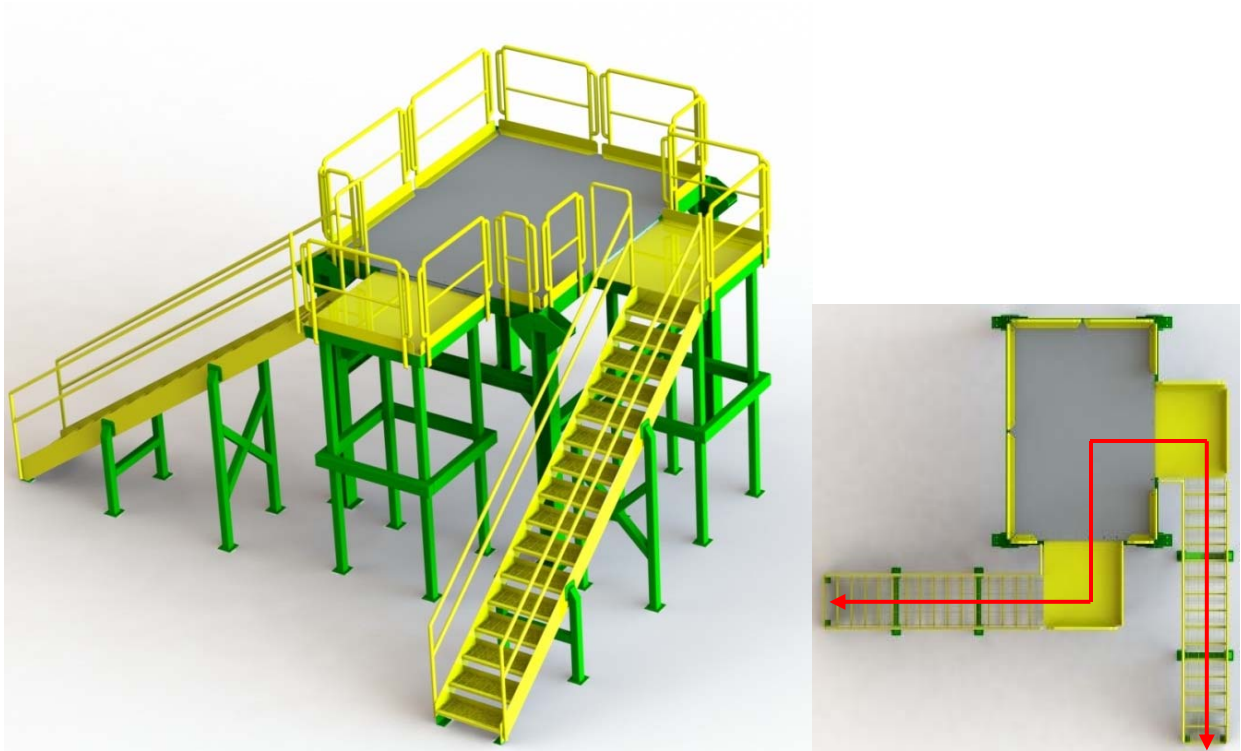


Figura 71. 2da configuración de la escalera de barandal

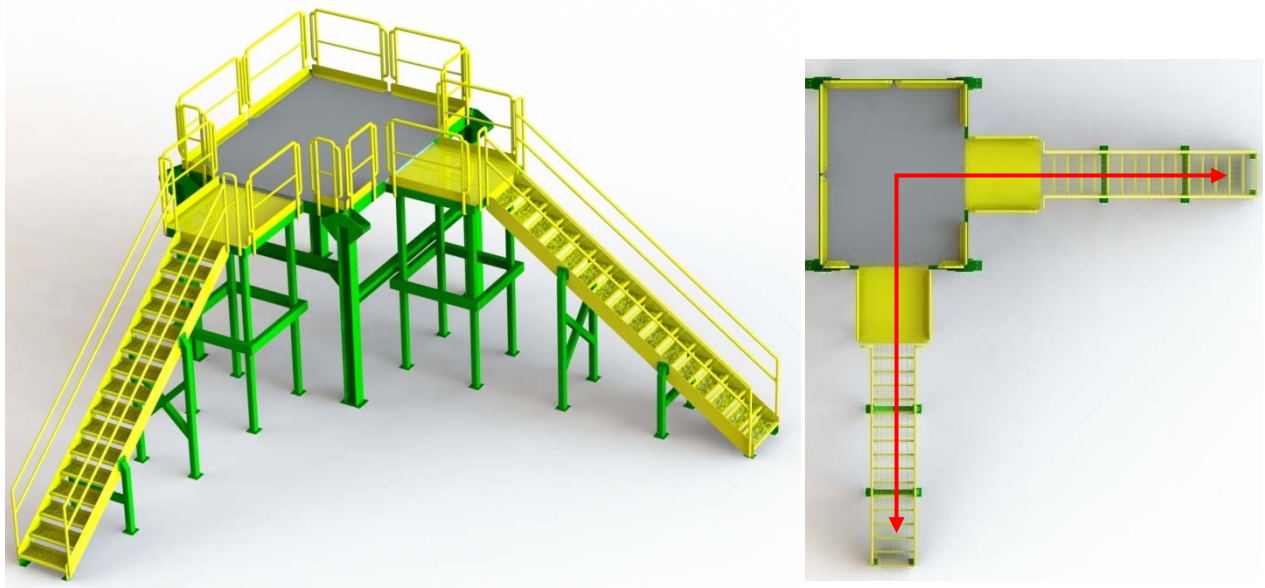


Figura 72. 3ra configuración de la escalera de barandal

Las configuraciones mostradas anteriormente se pueden conectar para ir formando un arreglo a la conveniencia del proceso que se desee proyectar. En la figura 73 se muestran las medidas del módulo.

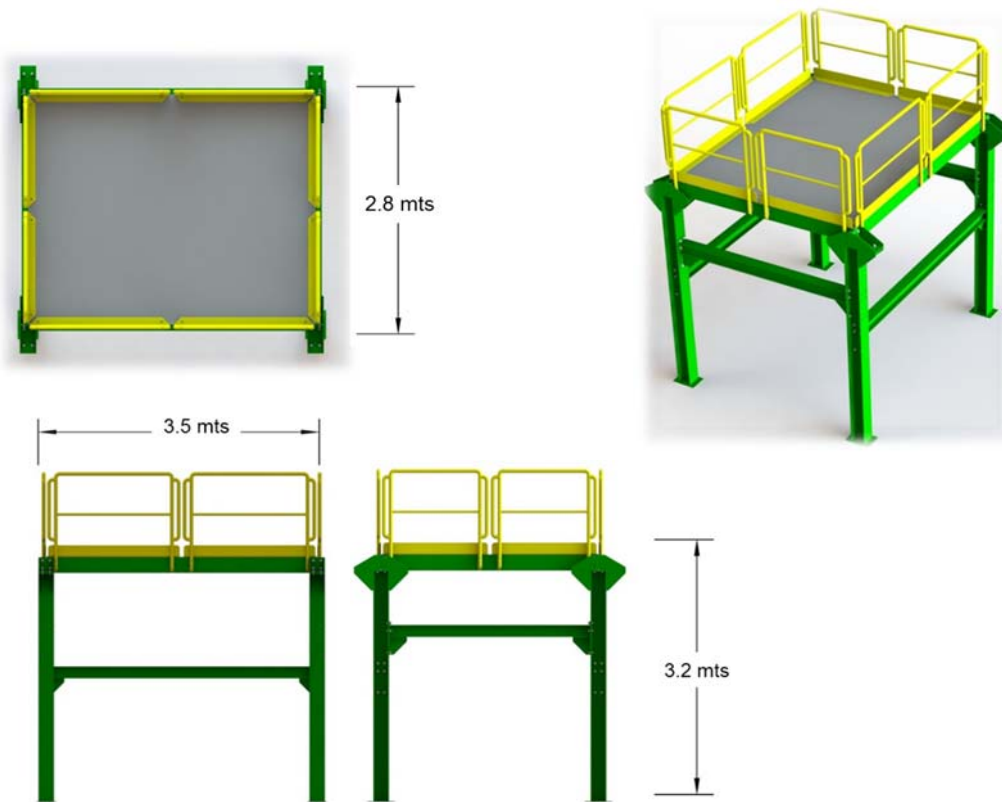


Figura 73. Dimensiones generales del modulo

La capacidad estructural de una columna se calculó por medio de Solidworks, donde el modelo dibujado se sujetó del suelo y fue sometiendo a diferentes esfuerzos hasta alcanzar lo más cerca al límite de la zona elástica, por lo que llegamos a la conclusión de que soporta 17,000 kgf antes de llegar al límite elástico con una deformación de 1.8 milímetros, en este caso como los módulos tiene 4 columnas el límite para las 4 columnas sería de 68,000 kgf por 4 columnas. En la figura 74 podemos ver los resultados, el límite elástico para el Acero ASME A36 es de 250,000,000 N/m^2 y los resultados arrojados por el software los vemos a la derecha uno para el cálculo del esfuerzo generado al aplicar una carga de 17,000 kgf donde la cantidad máxima es de 247,627,632 N/m^2 dando muy cerca al límite elástico y la escala de la derecha es la deformación a esa fuerza, calculada a 1.787 mm, por lo que las condiciones de capacidades son muy aceptables y no existe problema para su uso.

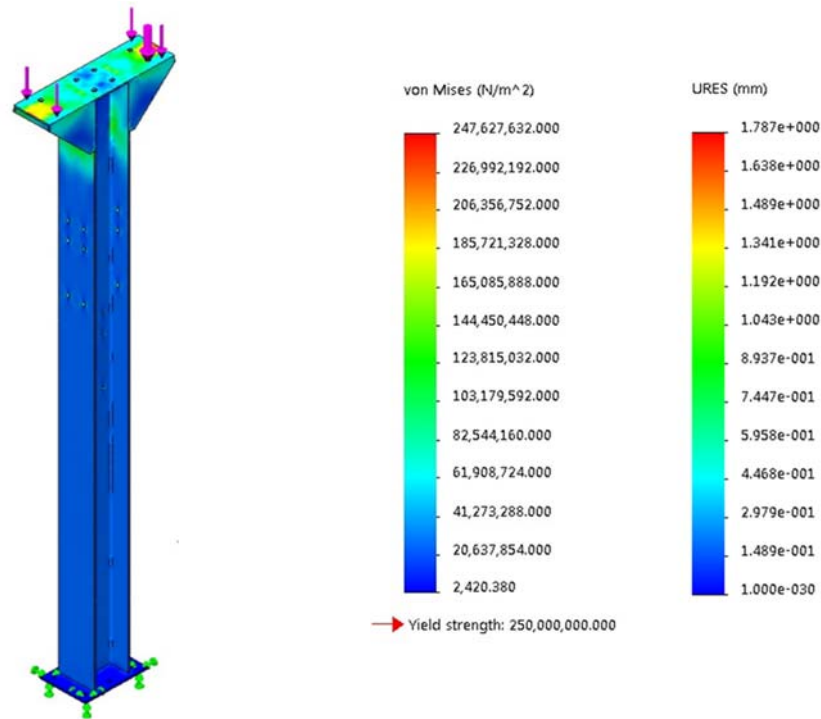


Figura 74. Cálculo del análisis estructural para viga de modulo

Una vez mostrada las diferentes configuraciones estas se arman de tal manera que sean utilizadas en nuestro proceso de reciclaje, necesitamos dos mezzanines y los arreglos quedan como se muestran a continuación.

En la figura 75 se muestra el diseño del primer mezzanine donde se realiza la separación manual de Alto metales, Alto plástico, Mixtos y Otros.



Figura 75. 1er Mezzanine para el proceso de separación de residuo

El segundo mezzanine diseñado se muestra en la figura 76, en el cual se realiza la separación manual después de que el material pasó por el fragmentador de cadena y otras separaciones automatizadas. En dicha operación separan los metales como Aluminio, Cobre, Plástico y otros metales preciosos.



Figura 76. 2do Mezzanine para el proceso de fragmentación

En la figura 77 podemos ver la integración de estos mezzanines al proceso diseñado.



Figura 77. Integración de mezzanines al proceso diseñado

8. Rentabilidad (Retorno de la inversión)

En la tabla 15 se encuentran las estimaciones de la jornada laboral para poder estimar las toneladas que se estiman procesar al año, con la finalidad de poder analizar la rentabilidad y el retorno de inversión de la empresa.

- Se estimó que la empresa va a trabajar con 1 turno aproximadamente dos años y a partir del tercer año se va a trabajar con 2 turnos.
- Se considera que cada turno va a procesar 18 toneladas y en un día por los 2 turnos se estaría procesando las 36 toneladas.

Descripción	Turnos		Total
	Matutino	Vespertino	
Ritmo de trabajo	3 Ton/Hra	3 Ton/Hra	
Horas productivas	6.0 Hra	6.0 Hra	12 Hrs al día
Toneladas procesadas	18 Ton	18 Ton	36 Ton
Días laborables	261	261	
Horas trabajadas al año	1,566.00	1,566.00	3,132.00
Tonelada procesadas al año	4,698	4,698	9,396.00

Tabla 15. Calculo para estimar la cantidad de toneladas al año

En la siguiente tabla 16 se clasificaron dos tipos de basura, ya que se cuenta con un proceso donde primero se separan los diferentes tipos de basura electro-electrónica para propósitos estratégicos del proceso, que aunque pueden ser varios, se seleccionaron los más representativos, que fueron la agrupación residual de “Tecnología de la información” y “variado hogar”, para este tipo de residuos en la tabla 16 se muestra la cantidad de materiales que se pueden recuperar, en porcentaje y cantidad en toneladas

Por dar un ejemplo en el caso de la basura que comprende la Tecnología de la Información se muestran los porcentajes de material reciclado que se puede obtener, por ejemplo, en un día corriendo 1 turno se procesan 18 toneladas, y se puede obtener un 14.9% de plástico y en el caso del hierro un 69.3%.

Los porcentajes de material reciclado se obtuvieron en base a una estimación de un reporte de operación que se utiliza en una empresa de reciclaje en Suiza y en base a esas estimaciones se realizó este reporte.

En la columna de “Ingreso \$USD”, es el costo de venta por tonelada en dólares, por la cantidad en toneladas que se puede recuperar para cada material y se puede estimar con esta información, que procesando 18 toneladas de residuo de “tecnología de la información” en 1 día, con 1 Turno, un ingreso diario de 4,777.58 dlls

En el tipo de basura “Variado Hogar” se realizó el mismo análisis anterior y el total de Ingresos de la basura de “Tecnología de la Información” y “variado hogar” son prácticamente iguales, por lo tanto, se promedió y se obtuvo un ingreso promedio diario de 4,811.69 dlls al día, procesando 18 toneladas en 1 día por un turno.

Producto	Costo \$ USD/Tonelada	Tecnología de la información			Variado hogar		
		% de material reciclado	Tonelada	Ingreso SUSD	% de material reciclado	Tonelada	Ingreso SUSD
Plástico	\$ 140.00	14.9%	2.682	\$ 375.48	37.3%	6.714	\$ 939.96
Hierro	\$ 180.00	69.3%	12.474	\$ 2,245.32	30.9%	5.562	\$ 1,001.16
Aluminio	\$ 1,170.00	1.3%	0.234	\$ 273.78	5.6%	1.008	\$ 1,179.36
Cobre	\$ 4,180.00	1.5%	0.270	\$ 1,128.60	0.9%	0.165	\$ 687.79
Hierro 70%, Cobre 30%	\$ 980.00	1.2%	0.216	\$ 211.68	3.8%	0.684	\$ 670.32
Circuitos Impresos	\$ 6,500.00	0.3%	0.054	\$ 351.00	0.2%	0.027	\$ 175.50
Cables	\$ 2,090.00	0.5%	0.092	\$ 191.72	0.5%	0.092	\$ 191.72
Tubos CRT	\$ -	0.0%	0.000	\$ -	5.0%	0.900	\$ -
Toxicos y Peligrosos	\$ -	0.3%	0.054	\$ -	0.9%	0.169	\$ -
Polvo	\$ -	1.3%	0.234	\$ -	1.6%	0.288	\$ -
Residual	\$ -	9.4%	1.692	\$ -	13.3%	2.394	\$ -
Ingreso total por tonelada		100%	18.002	\$ 4,777.58	100%	18.002	\$ 4,845.81

Ingreso promedio SUSD	\$ 4,811.69
------------------------------	--------------------

Tabla 16. Materiales recuperados por grupo de residual en 1 turno (18 toneladas al día)

En la tabla 17 se muestran los ingresos estimados del primer año de operaciones, trabajando con 1 turno y para el tercer año trabajando con 2 turnos.

Trabajando la empresa con 1 turno se estaría generando 1, 255,851.59 dlls al año y con 2 turnos se estaría generando 2, 511,703.19 dlls al año.

Con estos datos podemos obtener el retorno de la inversión, pero también se necesitan hacer las estimaciones de los gastos fijos y variables e inversión, estos los podemos ver en la Tabla 18. La inversión inicial es de 4, 150,000.00 dlls y los gastos fijos y variables mensuales solo trabajando con 1 turno es de 46,470.59 dlls y trabajando con 2 turnos es de 49,600.00 dlls.

Frecuencia	Primer año 1 Turno	Tercer año 2 Turnos
	Ingreso Promedio \$USD	
Diario	\$ 4,811.69	\$ 9,623.38
Promedio mensual	\$ 96,233.84	\$ 192,467.68
Anual	\$ 1,255,851.59	\$ 2,511,703.19

Tabla 17. Ingreso Estimado

Gasto	Descripción	\$ USD	Total \$ USD
Inversión	Adquisición del Terreno	\$ 1,000,000.00	\$ 4,150,000.00
	Construcción del edificio	\$ 600,000.00	
	Instalación de maquinas	\$ 250,000.00	
	Consultoría	\$ 50,000.00	
	Costo de la máquina	\$ 2,250,000.00	
Fijo	Seguro	\$ 13,000.00	\$ 13,000.00
	Renta del terreno	Opción	
Variable	Empleados gasto nomina 1 turno	\$ 9,470.59	\$ 46,070.59
	Empleados gasto nomina 2 turnos	\$ 12,600.00	
	Gasto servicios luz, agua	\$ 3,000.00	
	Mantenimiento de planta	\$ 6,000.00	
	Gastos generales	\$ 15,000.00	
Gastos mensuales con 1 turno			\$ 46,470.59
Gastos mensuales con 2 turnos			\$ 49,600.00

Tabla 18. Costo de Inversión + Gasto Fijo (Mensual)

En la tabla 19 se muestra la utilidad neta anual con 1 turno, donde se muestra el Gasto de Operación anual de 557,647.06 dlls, la venta anual de 1, 255,851.59 dlls; La utilidad bruta anual es la venta anual menos el gasto de operación anual que da un resultado de 698,204.53 dlls. Considerando los Cargos Fiscales y Obligaciones de un 5% nos da un total de 34,910.23 dlls. Al final nos queda una utilidad neta anual de 663,294.31 dlls por un turno.

En la tabla 20 se consideró la misma operación, pero a 2 turnos, la utilidad neta es de 1,820,678.03 dlls anuales.

Gasto de operación anual	\$ 557,647.06
Venta anual	\$ 1,255,851.59
Utilidad Bruta anual	\$ 698,204.53
Cargos Fiscales y Obligaciones	\$ 34,910.23
Utilidad Neta anual	\$ 663,294.31

Tabla 19. Utilidad Neta anual con 1 turno

Gasto de operación	\$ 595,200.00
Venta	\$ 2,511,703.19
Utilidad Bruta	\$ 1,916,503.19
Cargos Fiscales y Obligaciones	\$ 95,825.16
Utilidad Neta	\$ 1,820,678.03

Tabla 20. Utilidad Neta anual con 2 turnos

En la siguiente tabla 21 se muestra el análisis del retorno de la inversión, en el primer año de operación se tiene que hacer un gasto de inversión de 4,150, 000.00 dlls, una vez que se opera el primer año se tendría una utilidad neta de 1 turno que son 663,294.31 dlls y al restarle esta cantidad al gasto de inversión se obtendría una reducción del gasto de inversión. En el tercer año se le agrego la utilidad neta de 1, 820,678.03 dlls, donde la operación será de 2 Turnos. Restando la utilidad anualmente al gasto de inversión podemos analizar que el retorno de la inversión se dará a los 4 años y se tendrán utilidades netas estimadas de 1, 820,678.03 dlls anuales.

Año	Gasto de Inversión \$USD	Utilidad Neta \$USD
1	\$ 4,150,000.00	\$ 663,294.31
2	\$ 3,486,705.69	\$ 663,294.31
3	\$ 2,823,411.38	\$ 1,820,678.03
4	\$ 1,002,733.36	\$ 1,820,678.03
5	\$ (817,944.67)	\$ 1,820,678.03

Tabla 21. Retorno de la Inversión

CONCLUSIÓN

A través del estudio de esta tesis se logró llegar al resultado del diseño de una planta de reciclaje de residuos electro-electrónico, partiendo del desarrollo de un proceso de reciclaje a través de una máquina de impacto, siendo esta la máquina más importante, por los resultados que ha tenido en la historia de la industria del reciclaje en Europa; y lo más importante es que se adaptaron estas experiencias de la industria en Europa, a la necesidad de la industria del continente Americano, quienes pasamos por otra situación distinta, adaptando así la maquinaria y el proceso a la situación que vivimos; Nuestro actual proceso es un circuito cerrado siendo uno de los puntos innovadores en comparación con otros procesos.

A través de las dimensiones perimetrales del proceso y definiendo el número de personal indispensable para este proceso y su gestión, se determinó un plano de distribución de la planta, con todas las necesidades indispensables para su operación, que van desde el estacionamiento, sanitarios, oficinas, almacén, etc. Además, se diseñaron módulos estructurales que permitan conectarse entre sí para formar mezzanines, estos módulos pueden ser configurados de diferentes formas, pero mantienen una similitud ya que sus miembros estructurales fueron estandarizados, logrando tener un ahorro en el proceso de la fabricación. Estos módulos permiten al cliente formar un mezzanine de acuerdo a su necesidad, en nuestro proceso se definieron estos mezzanines donde requerimos 2 de estos para nuestro proceso.

Por último analizando los alcances que se esperan para nuestro proceso y realizando estimaciones de los materiales que se pueden recuperar en el proceso del residuo electro-electrónico, se realizó un estudio de rentabilidad para conocer el punto del retorno de la inversión. Considerando una inversión total de 4,150,000 USD y una utilidad de 663,294 USD para los primeros 2 años de operación y 1,820,678 USD a partir del 3er año de operación, el retorno de la inversión se logra a los 4 años de operación.

Esta tesis muestra una solución redituable para los inversores, una solución ambiental para el estado y una solución que preserva y asegura la calidad de vida en un futuro que podría padecer nuestra sociedad y el ambiente, una medida sustentable que es urgente e importante llevar a cabo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, N. (2010, Febrero 25). *México no está listo para reciclaje de electrónicos*. (El Economista) Obtenido de <http://eleconomista.com.mx/tecnociencia/2010/02/25/mexico-no-listo-reciclaje-electronicos>
- Attanasio, A. G. (Productor). (s.f.). *La basura tecnológica se convierte en oportunidad* [Película]. Obtenido de <http://especiales.elperiodico.com/derribando-muro-digital/egipto.html>
- Baldé, C. P. (2014). *The Global E-waste Monitor 2014*. (p. 3-79). Germany: UNU-IAS.
- Cinieti. (s.f.). *¿Quiénes somos?* Obtenido de <http://www.canieti.org/canieti/quienessomos.aspx>
- Countrymeters. (2016, Noviembre). *Población mundial*. (Countrymeters) Obtenido de <http://countrymeters.info/es/World>
- El Mundo.com. (2014, Noviembre 1). *ONU: La basura electrónica es una bomba ecológica para el planeta*. Obtenido de http://www.elmundo.com/portal/vida/tecnologia/onu_la_basura_electronica_es_una_bomba_ecologica_para_el_planeta.php#.WCGNu1UrJhF
- Esteves, J. (Dirección). (2016, Enero 18). *Did You Know 2016* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=uqZiIO0YI7Y>
- European Commission Environment. (2016, Septiembre 6). *Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE)*. Obtenido de http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm
- Expansión.com. (2013, Octubre 21). *La 'mina de oro' de los móviles viejos*. Obtenido de <http://www.expansion.com/2013/10/20/empresas/digitech/1382291994.html>
- Goodship, V. S. (2012). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE)* (Vols. 1st, p. 5). Philadelphia, USA: Woodhead Publishing.
- Hageluekenb, C. K. (2009, Julio). *Recycling-From E-Waste to Resources*. (p. 7-11). Berlin, Germany: UNEP.
- Hester, R. E. (2009). *Electronic Waste Mangement* (Vols. 27, p. 3). Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry.

- Huisman, J. M. (2007, Agosto 05). *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*. (p. iii) Germany: United Nations University (UNU).
- Infobae. (2013, Diciembre 17). *La basura electrónica crecerá 33% para 2017*. Obtenido de <http://www.infobae.com/2013/12/17/1531406-la-basura-electronica-crecera-33-2017/>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica. (2016, Octubre). *INDUSTRIA ELECTRICA*. p. 18. Obtenido de http://ieeg.gob.mx/contenido/Economia/fs_electronica.pdf
- Inverting.com. (2016, Noviembre 12). *Precios del Metal*. Obtenido de <http://mx.investing.com/commodities/metales>
- KITCO. (2016, Noviembre 10). *Live Charts*. Obtenido de <http://www.kitco.com/market/lfrate.html>
- Korean Zinc Company. (2016, Noviembre 4). *London metal exchange*. Obtenido de <http://www.koreazinc.co.kr/serviceLME/LMEPRICE.asp>
- Mendoza, E. (2015, Junio 21). *México, tiradero de basura electrónica*. Obtenido de <http://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/index.php/2015/06/21/mexico-tiradero-de-basura-electronica/>
- Modern Machine Shop. (2016, Mayo 12). *Manufactura de productos electrónicos crecerá en 2016*. Obtenido de <http://www.mms-mexico.com/articles/manufactura-de-productos-electronicos-crecer-en-2016>
- Moreno, M. (2016, Enero 28). *Facebook ya tiene 1.590 millones de usuarios*. Obtenido de <http://www.trecebits.com/2016/01/28/facebook-ya-tiene-1-590-millones-de-usuarios/>
- Morgan, S. (2006). *Waste, Recycling and Reuse* (Vols. 2A Portman Mansions, p. 30-37). London: Evans Brothers Limited.
- Official Journal of the European Union. (2003, Enero 27). *Directive 2002/95/EC of the European parliament and of the council*. Obtenido de <http://www.niagara-video.com/images/rohs/suppliers-RoHS.pdf>
- Prieto, T. (2010, Junio). *Desarrollo de infraestructura para reciclaje de productos electrónicos*. p. 9-10, 20-25. Mexicali, Baja California.

PRNewswire. (2014, Febrero 25). *Electronic Recycling Market (Copper, Steel, Plastic resins) is Expected to Reach USD 41.36 Billion in 2019: Transparency Market Research*. Obtenido de <http://www.prnewswire.com/news-releases/electronic-recycling-market-copper-steel-plastic-resins-is-expected-to-reach-usd-4136-billion-in-2019-transparency-market-research-247015751.html>

PROMÉXICO. (s.f.). *Diagnóstico sectorial*. Obtenido de <https://www.promexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/electronico.pdf>

R2 2013 Responsible Recycling. (2014). *Responsible Recycling "R2"*. Obtenido de <https://sustainableelectronics.org/>

Rose, D. F. (Productor). (2016, Septiembre 7). *Shift Happens 3.0 updated* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=wT2D-6-7kSk>

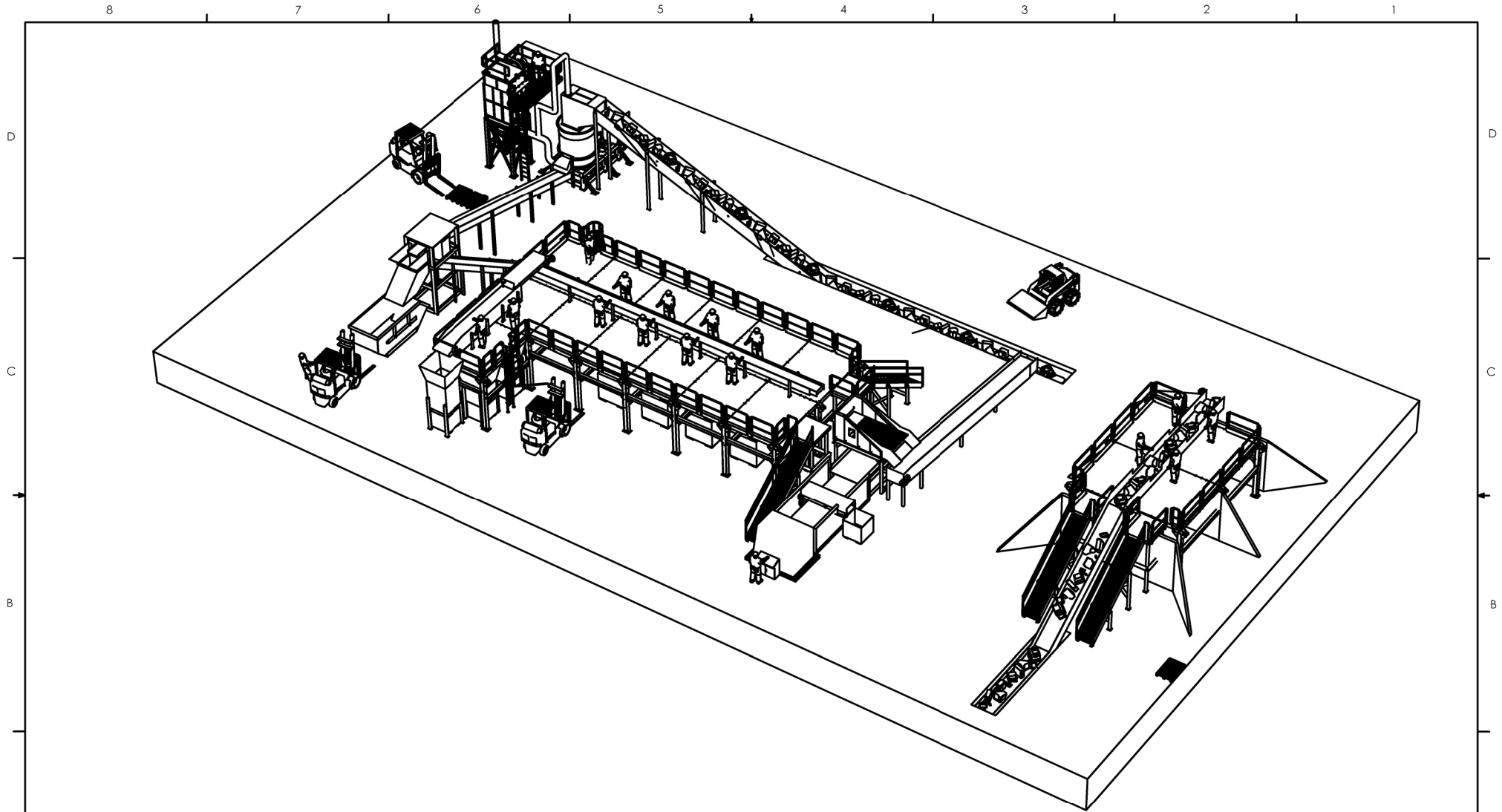
Secretaría de Economía. (Octubre de 2012). Monografía: Industria Electrónica en México. *Consumo*, p. 5-22. Obtenido de http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/monografia_industria_electronica_Oct2012.pdf

SEMARNAT. (2010). *Directorio de centros de acopio de materiales provenientes de residuos en México 2010*. P. 9-88. México D. F.: Festival Internacional de Reciclaje Creativo.

STEP. (2014). *E-Waste World Map*. Obtenido de <http://www.STEP-initiative.org/>

Velasco, H. (2012, Enero 23). *Innovación y diseño de fragmentador para reciclaje de productos eléctrico-electrónicos*. p. 26-31. Mexicali, Baja California.

ANEXO 1 (Planos de distribución de procesos)



THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.



FRACTION	± .03	UNIT: INCH
.XX	± .01	ANGLE
.XXX	± .005	.X ± 5 DEG
.XXXX	± .0005	.XX ± 1 DEG

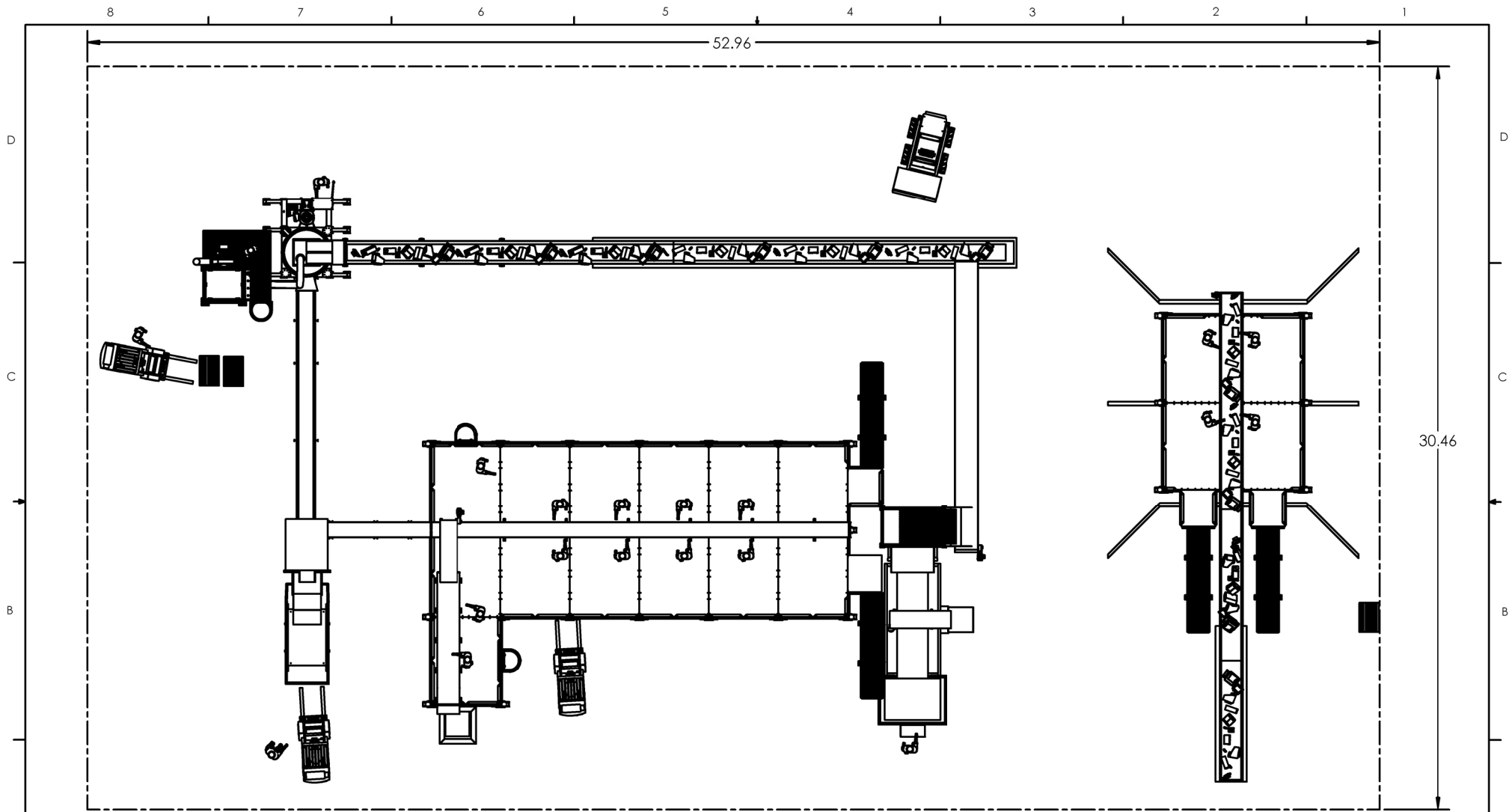
MATERIAL	FINISH
----------	--------

TITLE:
DISTRIBUCION DE PROCESO

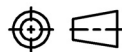


Universidad Autonoma de Baja California
Instituto de ingenieria

DRAWN: LMG	DATE: 01/10/16	SIZE B	DWG. NO. UPRP01	REV A
ENG: TPB	DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG		SHEET 1 OF 2



THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.



FRACTION	± .03	UNIT: METERS
.XX	± .01	ANGLE
.XXX	± .005	.X ±.5 DEG
.XXXX	± .0005	.XX ±.1 DEG

MATERIAL

FINISH

TITLE:

DISTRIBUCION DE PROCESO VISTA SUPERIOR



Universidad Autonoma de Baja California
Instituto de ingenieria

DRAWN:	LMG
DATE:	01/10/16
ENG:	TPB
DATE:	01/10/16

SIZE	DWG. NO.	REV
B	UPRP02	A
DONT SCALE DWG		SHEET 2 OF 2

ANEXO 2 (Tablas para el diseño del área del estacionamiento)

NORMA Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.

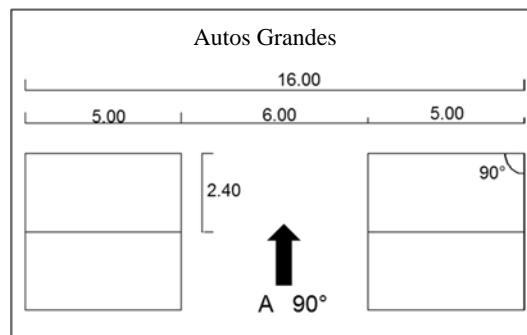
Para realizar el diseño del área del estacionamiento de la empresa se consideró la NORMA Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003.

Puntos importantes que se consideraron para el diseño del estacionamiento bajo la norma antes mencionada:

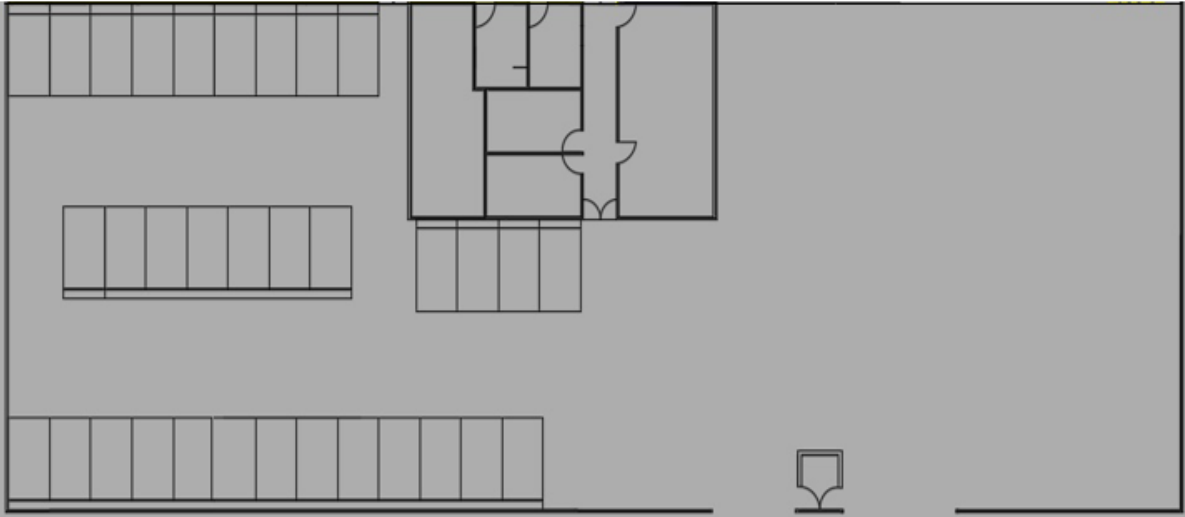
- Tamaño de los vehículos
- Cantidad de empleados

De la siguiente tabla e imagen se tomaron las dimensiones para el diseño del estacionamiento, por ejemplo, de la tabla se consideró un Angulo del cajón de 90° y Autos grandes de 6.00 metros. Las características que se consideraron de la tabla nos dice la norma, que el diseño del estacionamiento para autos grandes debe de ser de 5 metros de largo, 2.40 metros de ancho y una separación en los sentidos de 6, como se muestra en la siguiente imagen.

Angulo del cajón	Autos grandes (ancho en metros)	Autos chicos (ancho en metros)
30°	3.00	2.70
45°	3.30	3.00
60°	5.00	4.00
90°	6.00	5.00
90°	6.50 (en los dos sentidos)	5.50 (en los dos sentidos)



En la siguiente imagen se muestra el diseño del estacionamiento para 33 autos.



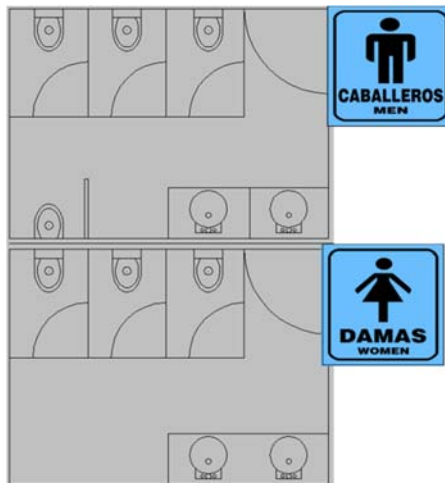
ANEXO 3 (Tablas para el diseño del área de muebles sanitarios)

NORMA Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario-Especificaciones y métodos de prueba

Secretario de Obras y Servicios:

1. El número de muebles sanitarios
2. Dimensiones mínimas de los espacios para muebles sanitarios
3. Los escusados no deben tener un gasto superior a los 3 litros por descarga

Tipología	Magnitud	Escudados	Lavabos
Industria	Hasta 25 personas	2	1
	De 25 a 50	3	2
	De 51 a 75	4	3
	De 76 a 100	5	3
	Cada 100 adicionales o fracción	3	2



Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y métodos de prueba que deben cumplir los inodoros, con el fin de asegurar el ahorro de agua en su uso y funcionamiento hidráulico.

Los escusados no deben tener un gasto superior a los 6 litros por descarga y deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana aplicable.


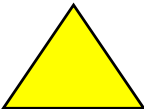


Los mingitorios no deben tener un gasto superior a los 3 litros por descarga y deben cumplir con la Norma Mexicana aplicable.

ANEXO 4 (Asignación y localización de letreros y señalamientos)

La seguridad es el conjunto de acciones que permiten localizar, ayudar y controlar los riesgos y establecer las medidas para prevenir los accidentes.

La Secretaria del Trabajo y Previsión Social aprobó la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-STPS-2010, Condiciones de Seguridad-Prevención y Protección contra incendios en los centros de trabajo, Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEGOB/2002, Secretaria de Gobierno y Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Secretaria del trabajo y prevención social. La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

A continuación, se muestra la descripción de los señalamientos para la seguridad bajo las siguientes normas:

Señal	Forma geométrica y color	Significado
Información		Proporciona información
Prevención		Advertencia de un peligro
Prohibición		Prohibición de una acción susceptible de riesgo
Obligación		Realizar acciones específicas

Puntos importantes para colocar señalamientos en la empresa, es que las señales tengan una buena iluminación, tomar en cuenta la relación distancia y visualización que es la capacidad de las personas para poder ver un letrero con claridad a cierta distancia, proporcionar capacitación a los empleados y que las señales no estén obstruidas.

Dimensiones mínimas de las señales para protección civil

La dimensión de los letreros que se van a colocar en la empresa esta considero de la siguiente tabla, que está bajo el reglamento de la norma oficial mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

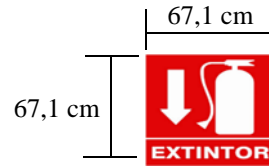
$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

$$.671 \times .671 \geq \frac{27.5^2}{2000}$$

$$S = .671 \text{ cm}$$

$$L = 27.5 \text{ m}$$

$$.450 \geq \frac{756.25}{2000}$$



Resultado: .450 ≥ .378

Distancia de visualización	Superficie mínima	Dimensiones mínimas según forma geométrica de la señal				
		Cuadrado	Círculo	Triángulo	Rectángulo	
(L)	$S \geq \frac{L^2}{2000}$	(Por lado)	(Diámetro)	(Por lado)	(Base 2 : Altura 1) (cm)	
(m)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm)	Base	Altura
5	125,0	11,2	12,6	17,0	15,8	7,9
10	500,0	22,4	25,2	34,0	31,6	15,8
15	1 125,0	33,5	37,9	51,0	47,4	23,7
20	2 000,0	44,7	50,5	68,0	63,2	31,6
25	3 125,0	55,9	63,1	85,0	79,1	39,5
30	4 500,0	67,1	75,7	101,9	94,9	47,4
35	6 125,0	78,3	88,3	118,9	110,7	55,3

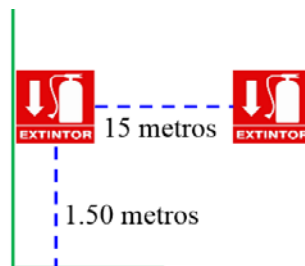
Extintor

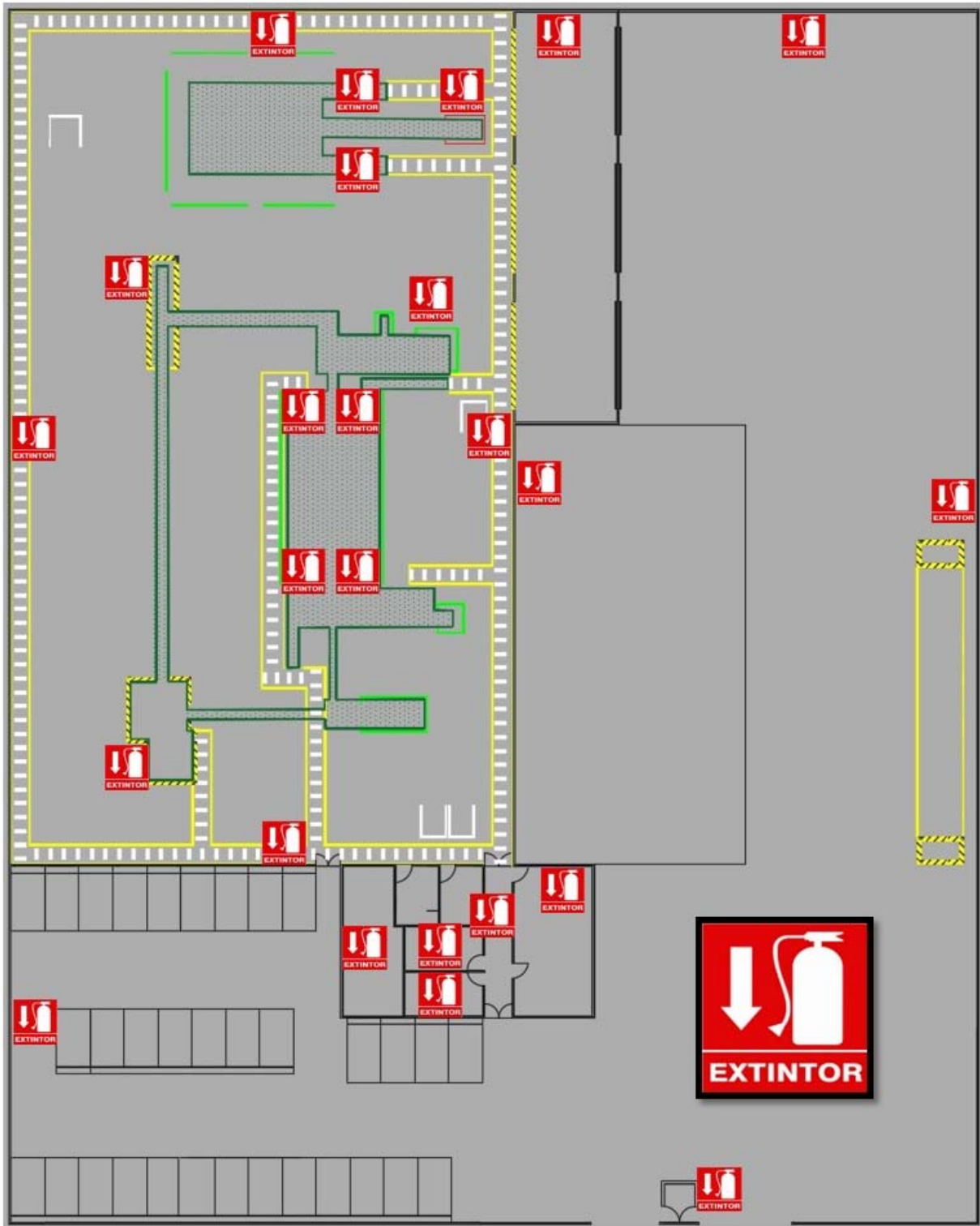
Los extintores son elementos portátiles destinados a la lucha contra fuegos incipientes, o principios de incendios, los cuales pueden ser dominados y extinguidos en forma breve.

En la empresa se van a colocar 25 extintores y en cada uno se va a colocar un letrero de señal de información. Los extintores se clasifican de la siguiente manera:

- Fuego clase A: Es aquel que se presenta en material combustible sólido, generalmente de naturaleza orgánica, y que su combustión se realiza normalmente con formación de brasas
- Fuego clase B: Es aquel que se presenta en líquidos combustibles e inflamables y gases inflamables
- Fuego clase C: Es aquel que involucra aparatos, equipos e instalaciones eléctricas energizadas

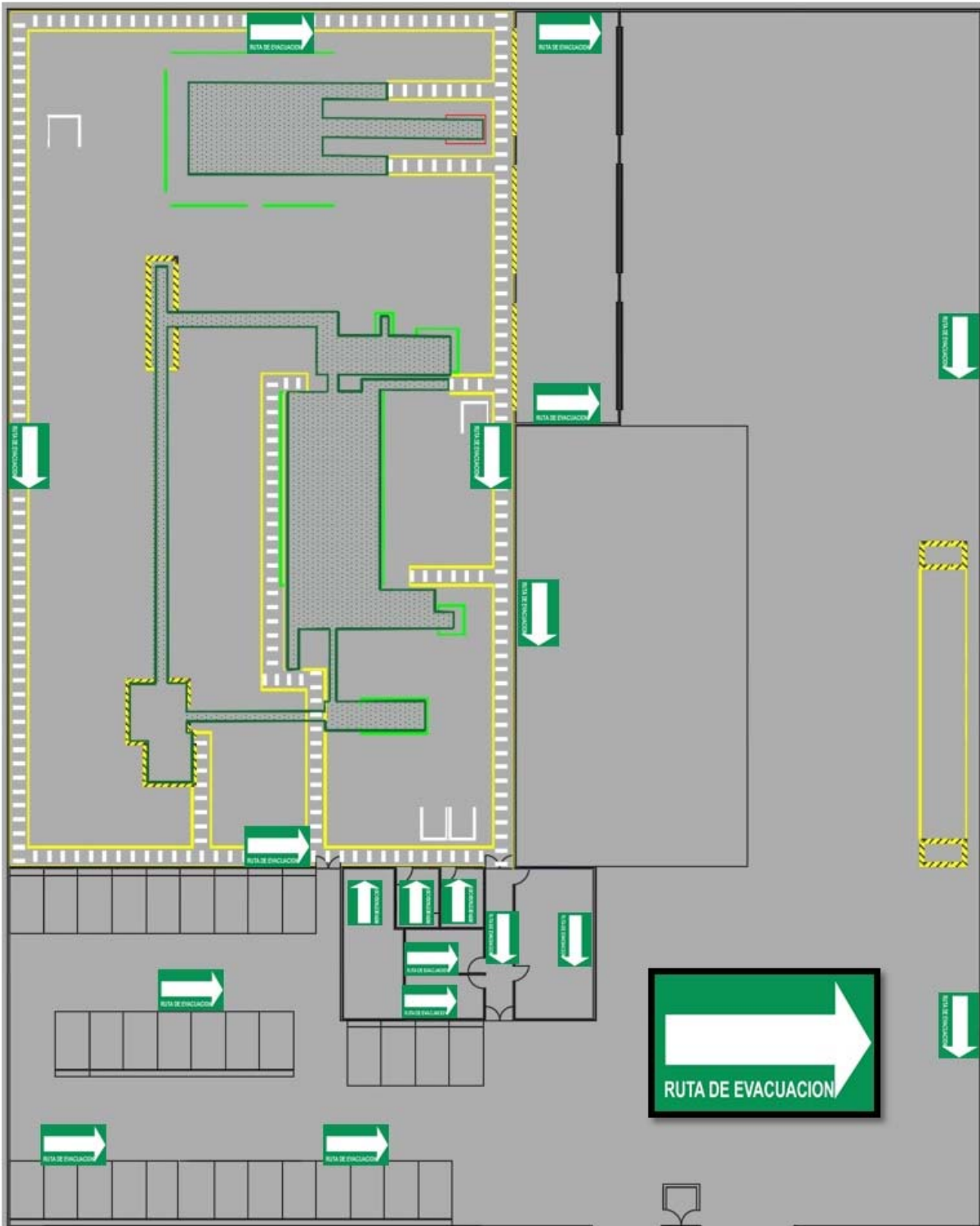
Para acceder a cualquier extintor se van a colocar a una distancia máxima de recorrido 15 metros y a una altura no mayor de 1.50 metros, medidos desde el nivel del piso hasta la parte más alta del extintor.





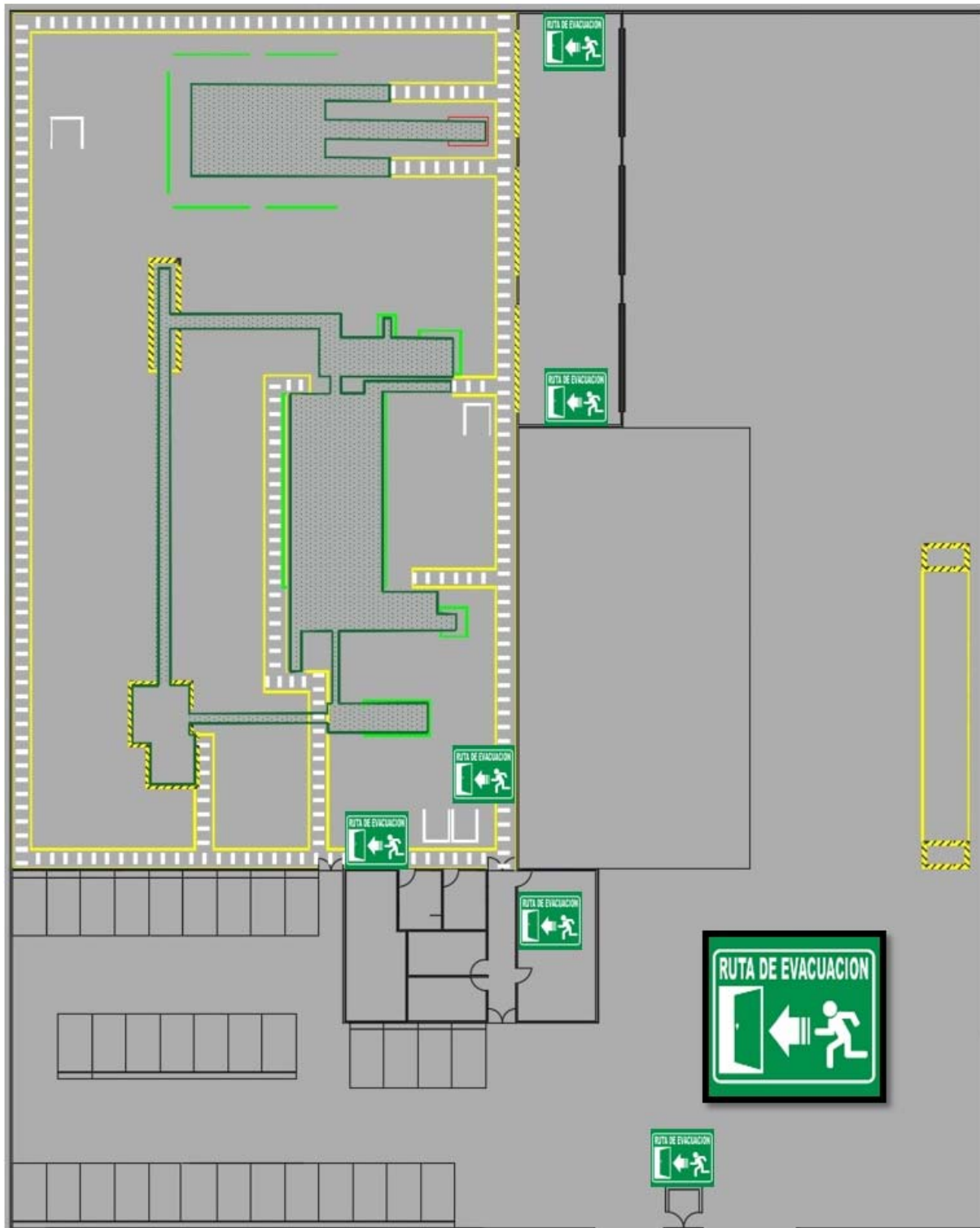
Ruta de Evacuación

En la empresa se van a colocar 19 letreros de señal de información de seguimiento de la ruta de evacuación.



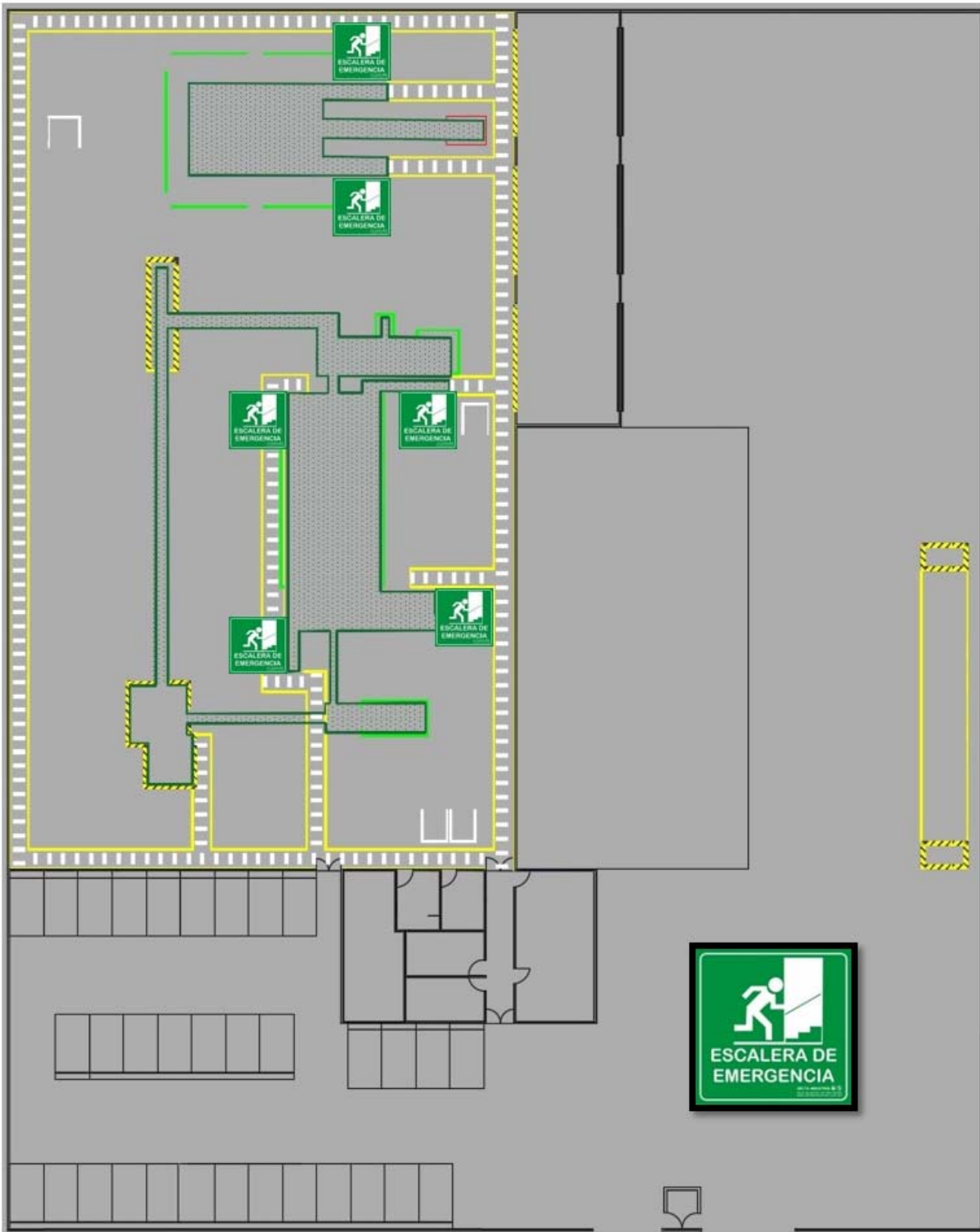
Ruta de Evacuación

En la empresa se van a colocar 6 letreros de señal de información de ruta de evacuación localizando las puertas.



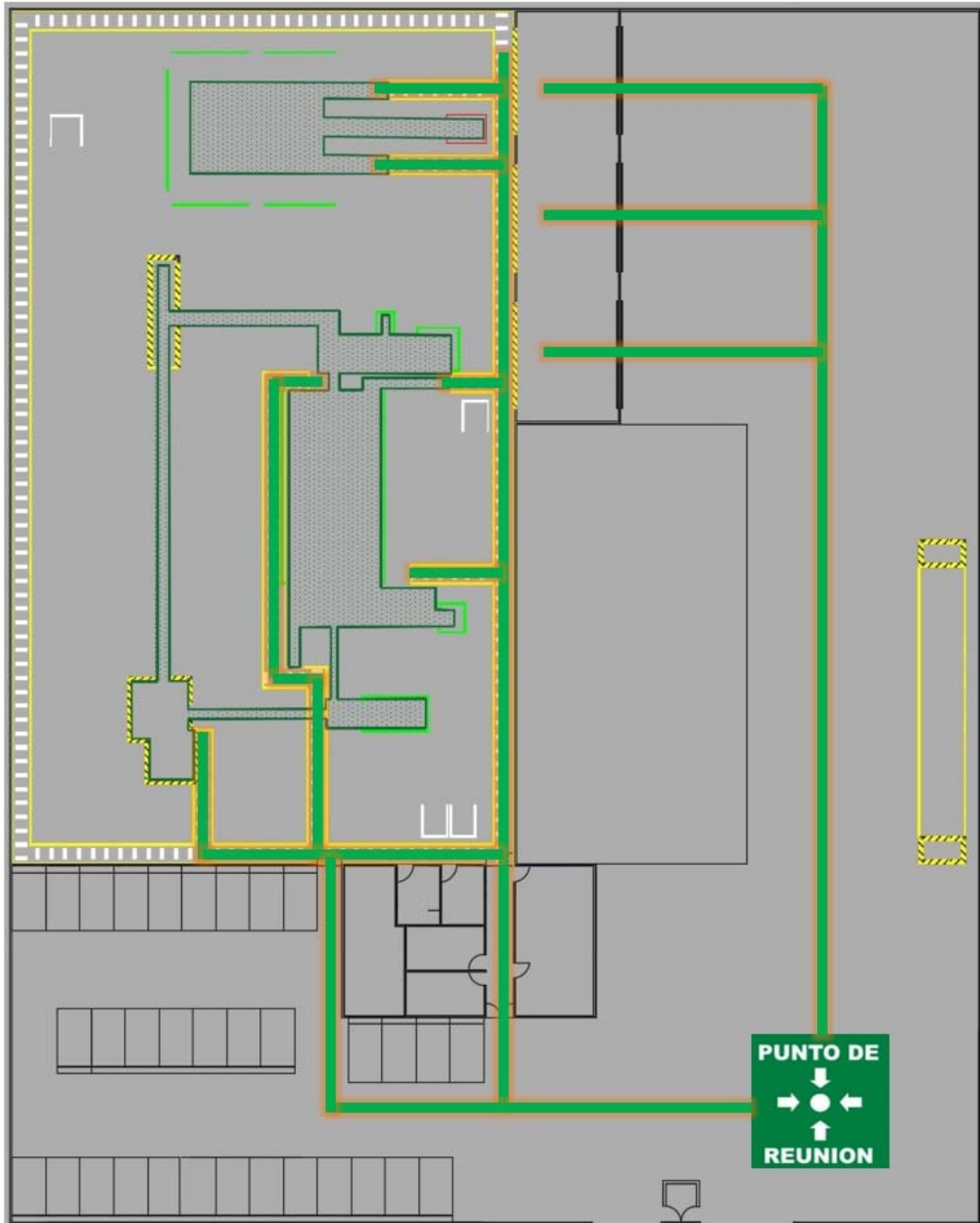
Escalera de Emergencia

En la empresa se van a colocar 6 letreros de señal de información de ubicación de las escaleras de emergencia.



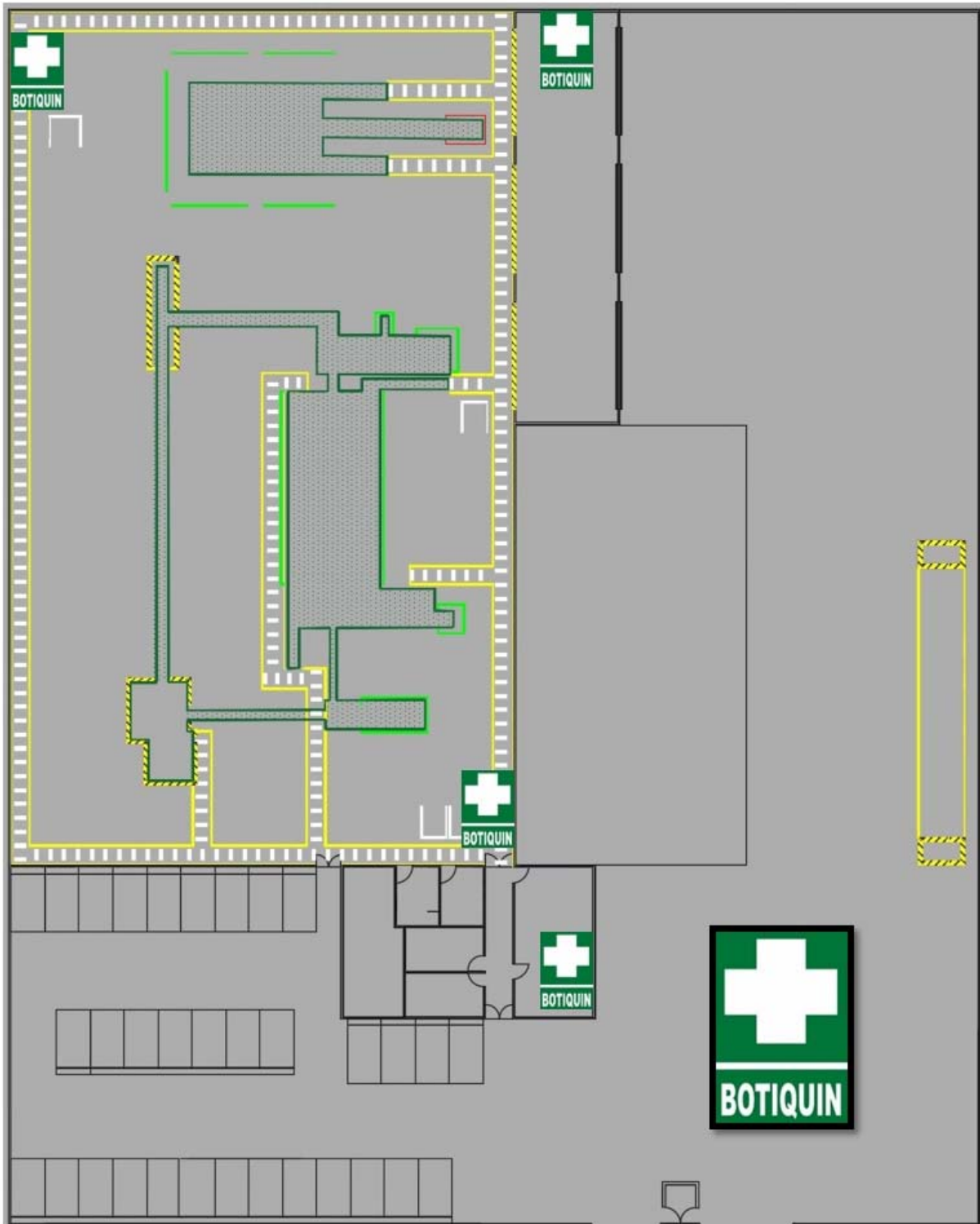
Punto de Reunión

En la empresa se van a colocar un área con la señal de información para la ubicación del punto de reunión.



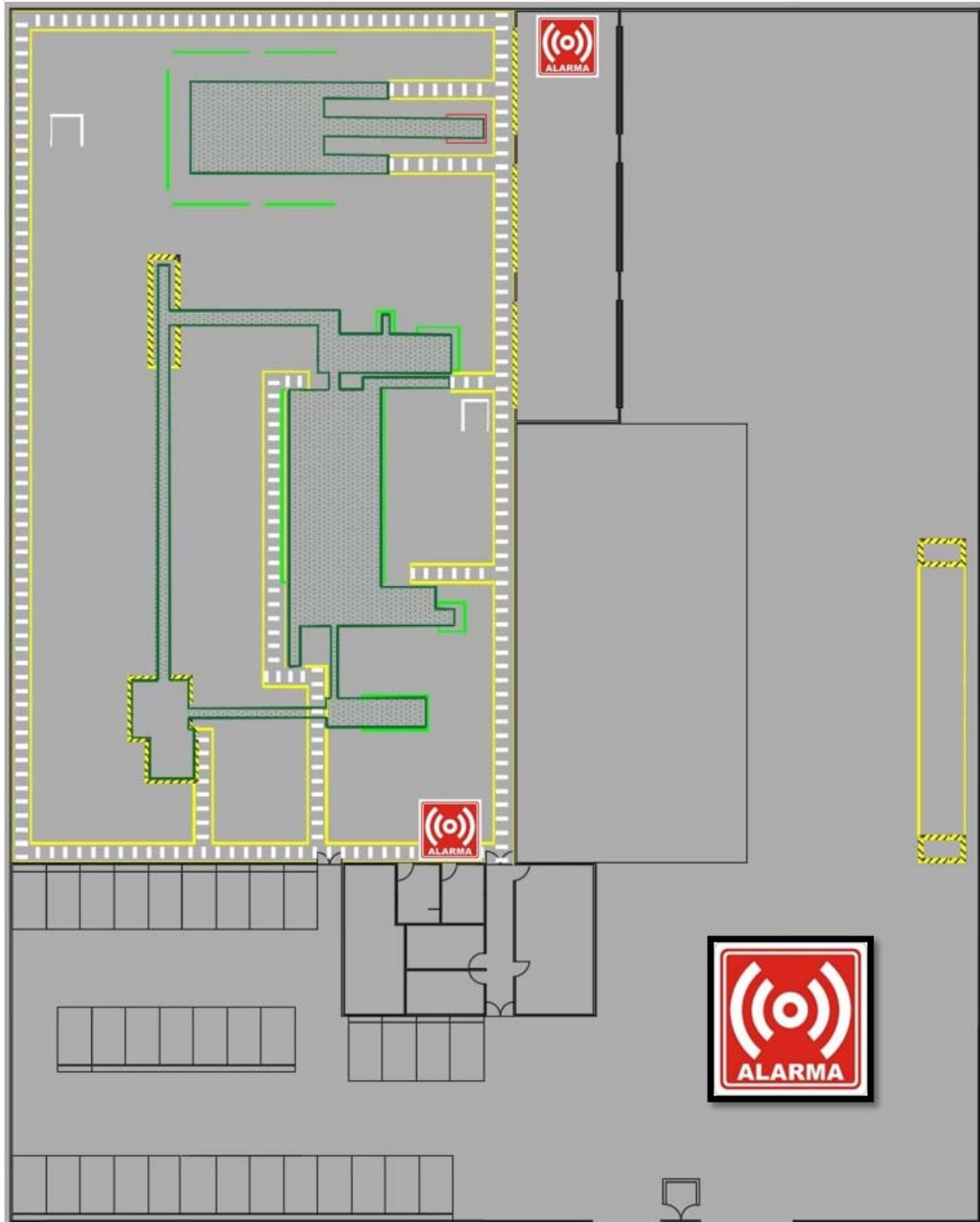
Botiquín

En la empresa se van a colocar 4 botiquines y en cada una de estas áreas se va a colocar un letrero de señal de información.



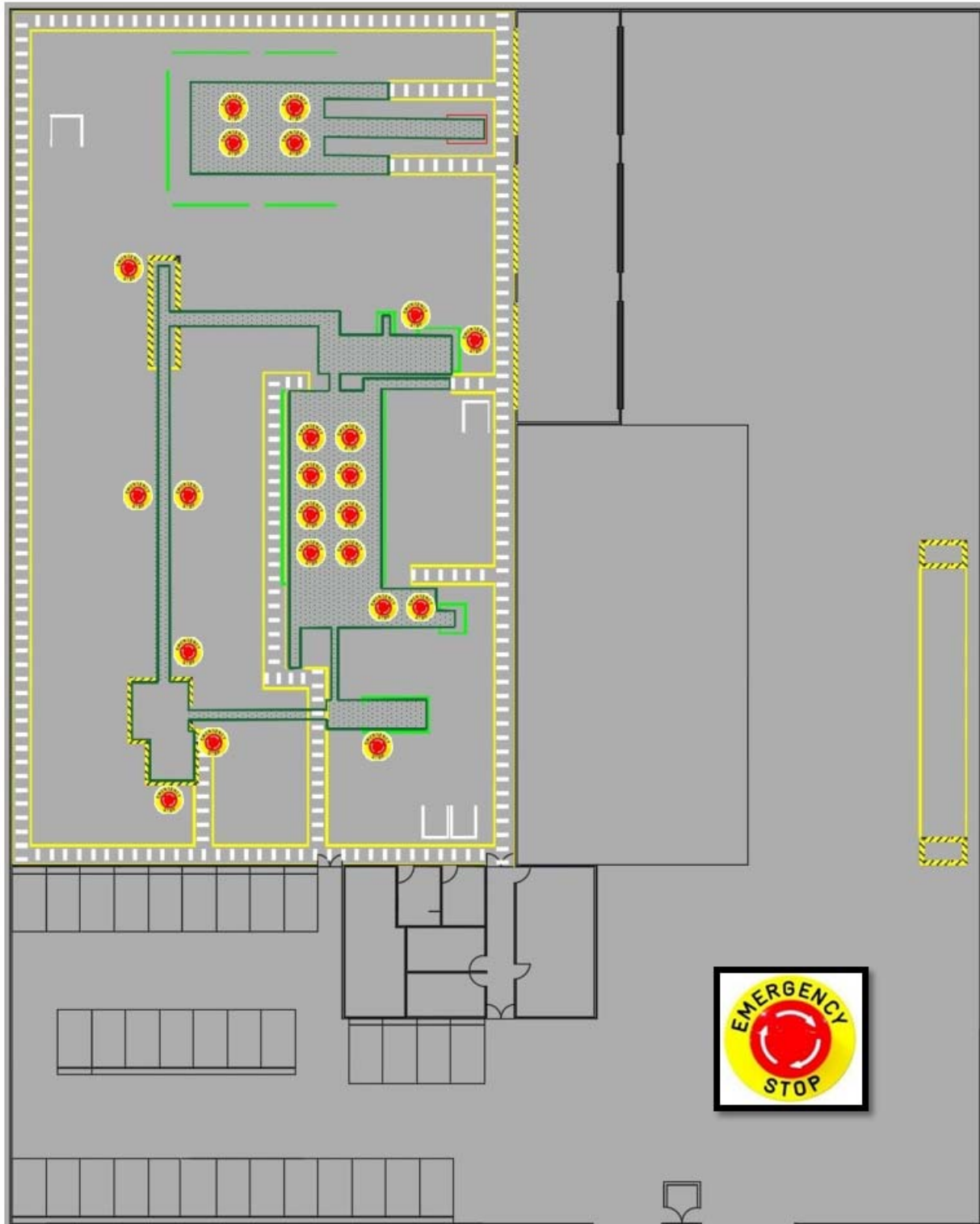
Alarmas de emergencia

En la empresa se van a colocar 2 alarmas de emergencia y en cada una de estas áreas se va a colocar un letrero de señal de información.



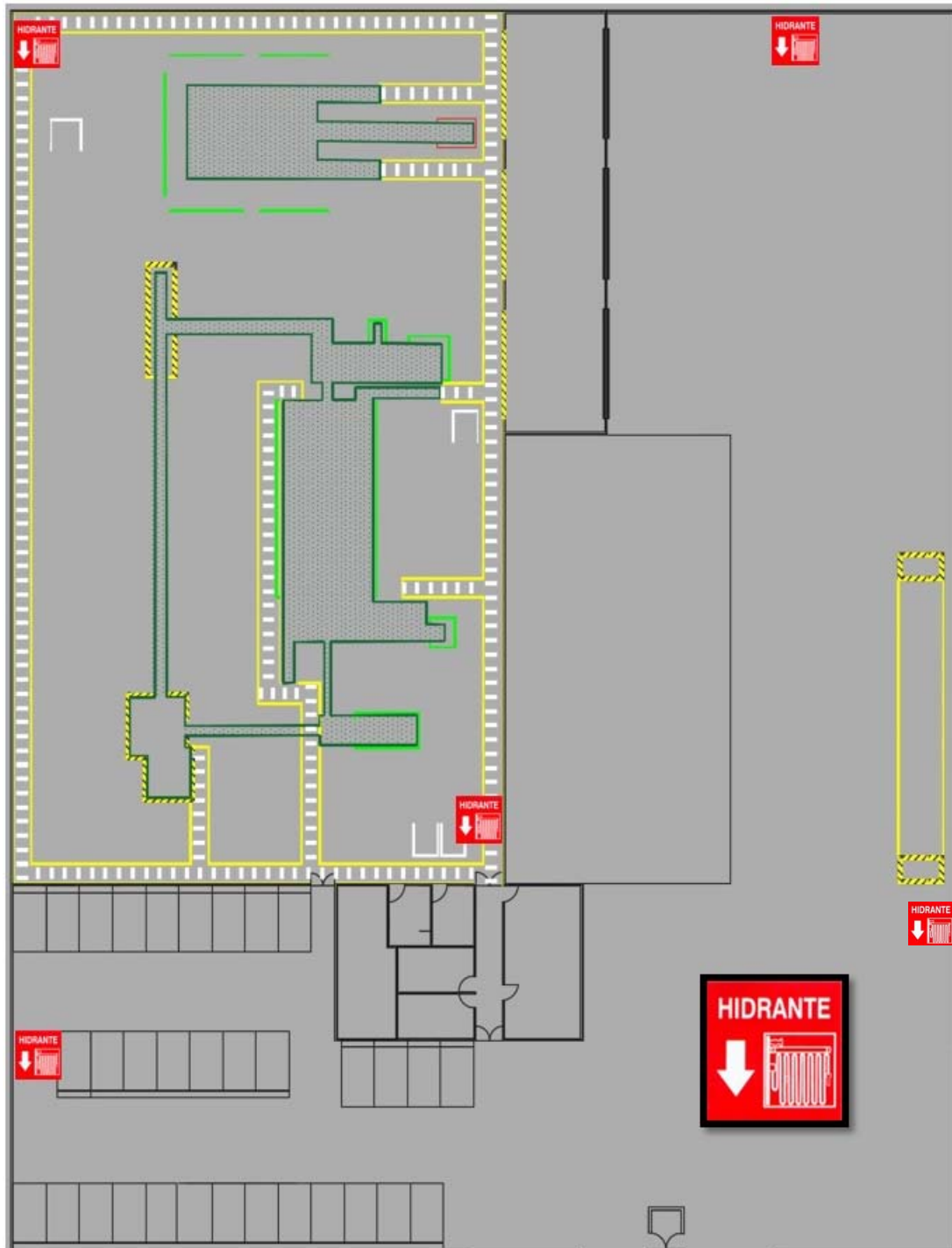
Alarmas de paro de emergencia

En la empresa se van a colocar 23 alarmas de paro de emergencia y en cada una de estas áreas se va a colocar un letrero de señal de información.



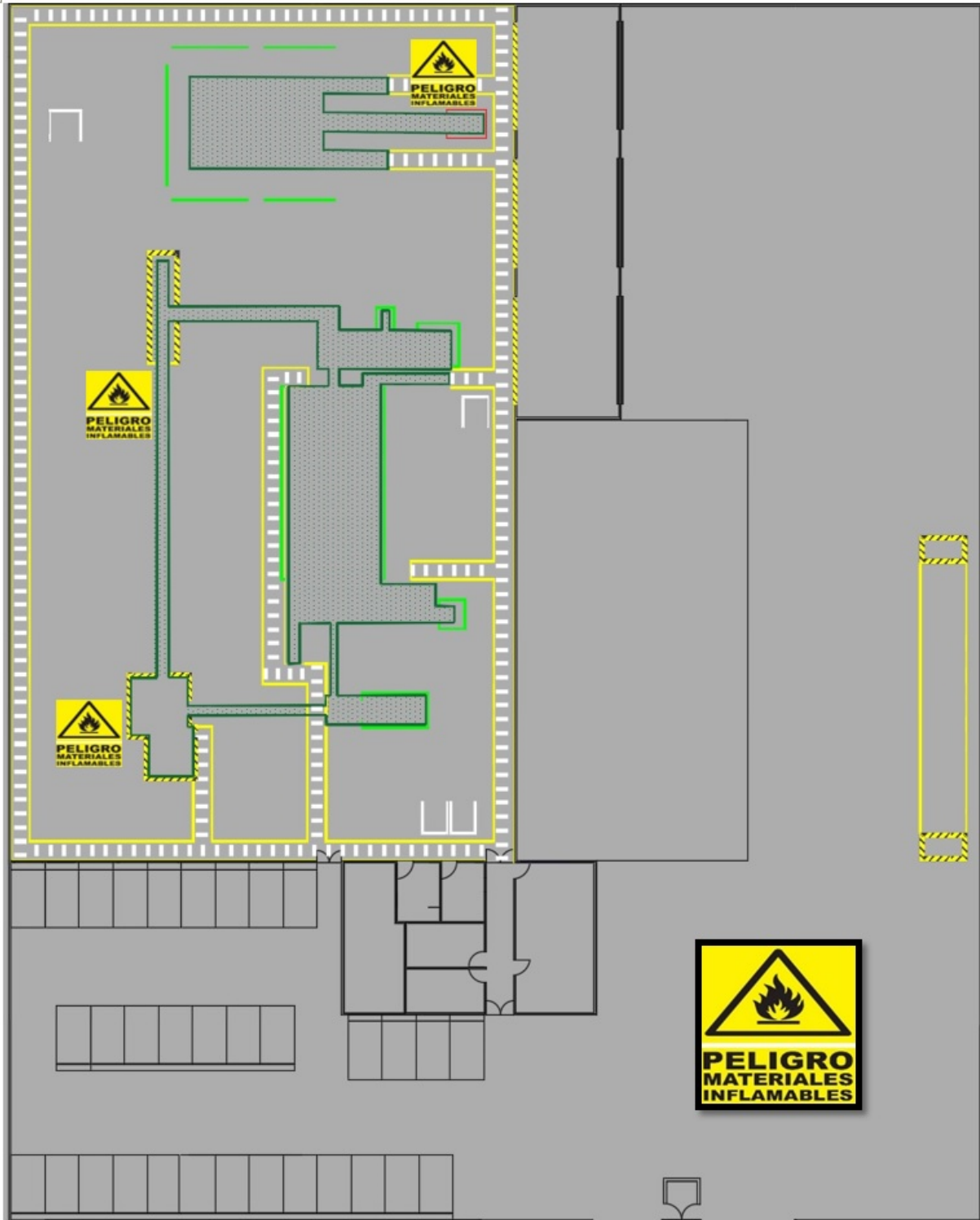
Hidrante

Los hidrantes se deben de colocar por lo menos una toma en cada fachada o una a cada 90 metros y cada manguera debe de cubrir un área de 30 metros de radio y su separación no sea mayor de 60 metros. Considerando las características anteriores en la empresa se van a colocar 5 hidrantes y en cada una de estas áreas se va a colocar un letrero de señal de información.



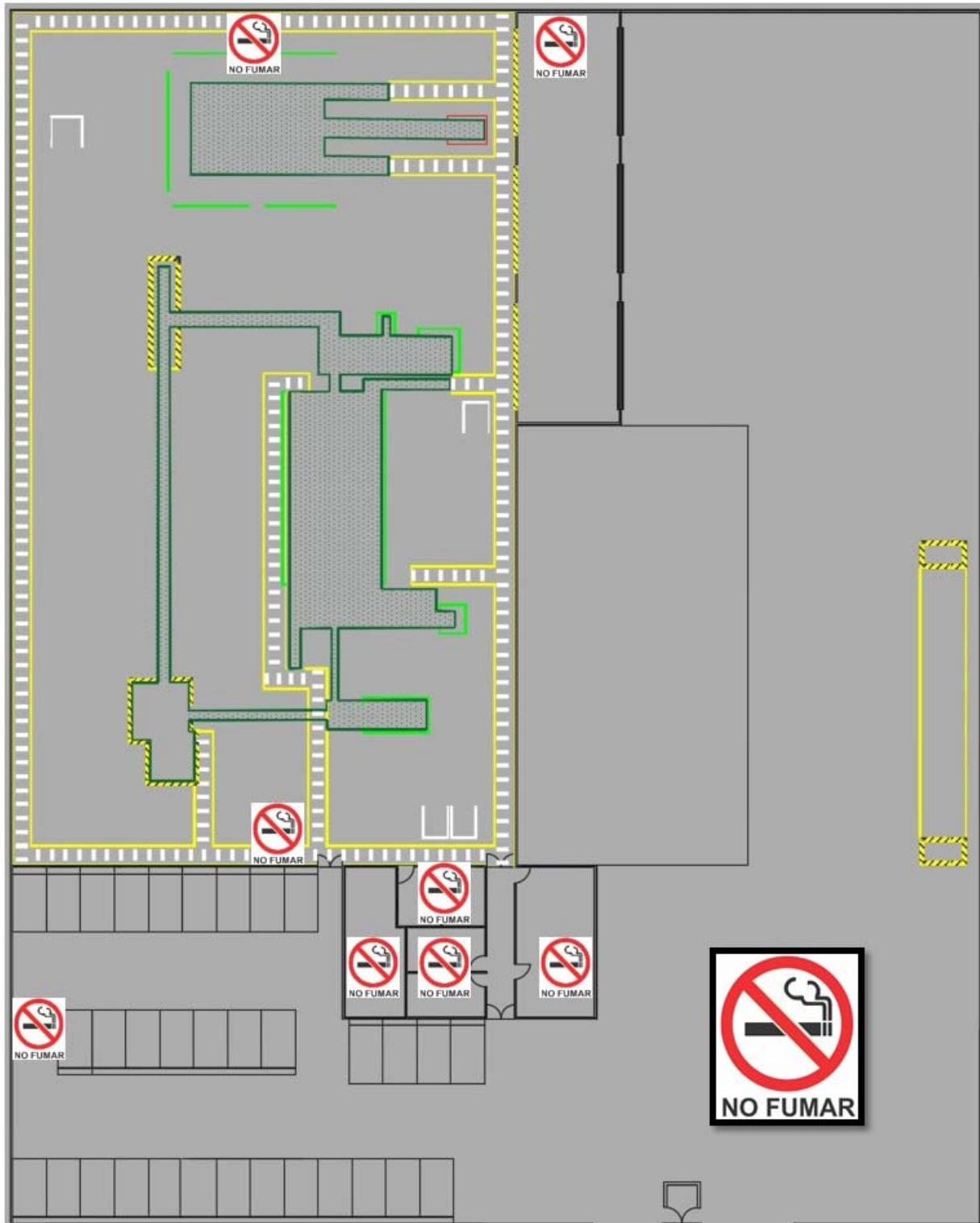
Peligro Materiales Inflamables

En la empresa se van a colocar 3 letreros de señales de prevención de peligro materiales inflamables.



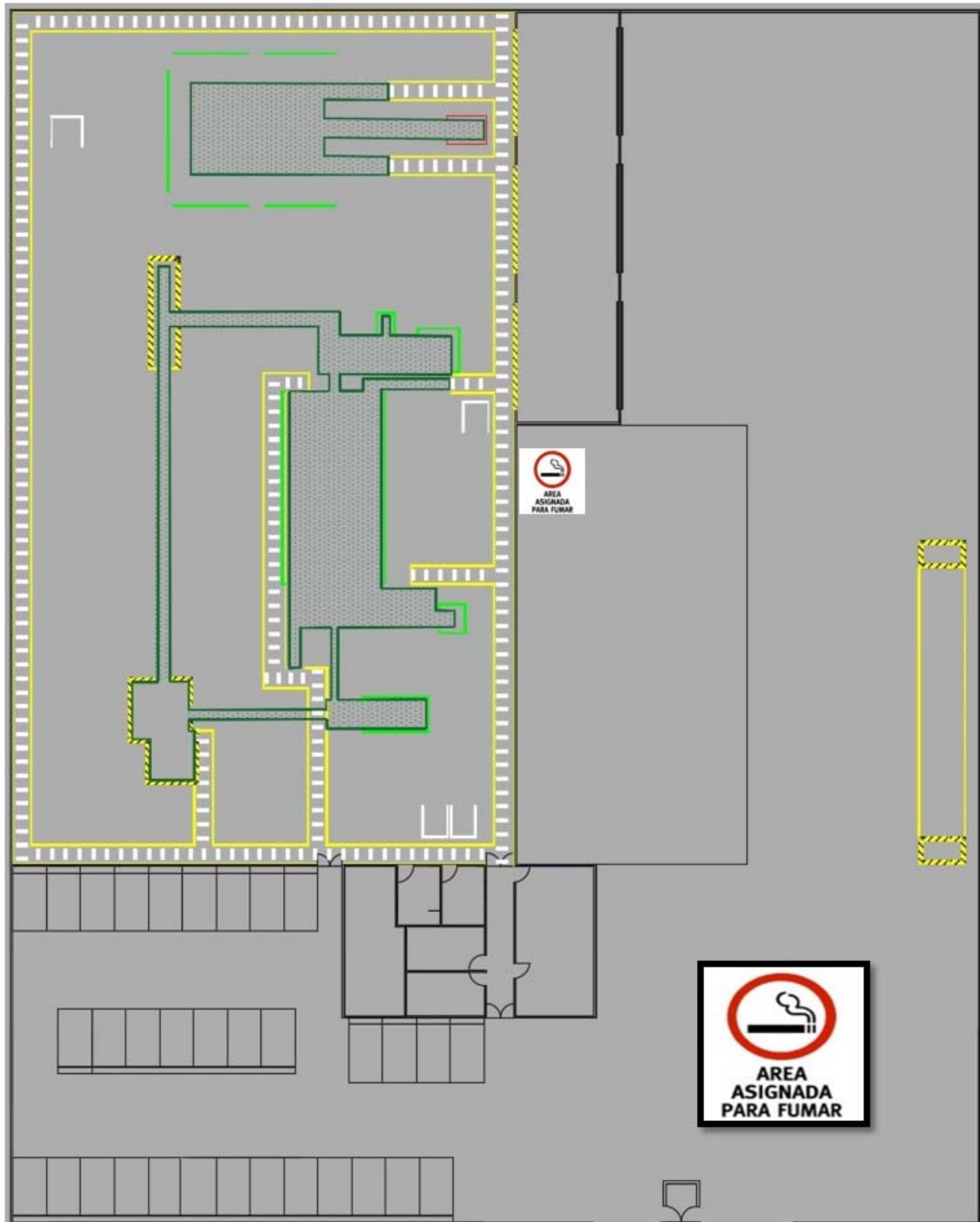
No Fumar

En la empresa se van a colocar 8 letreros de señal de prohibición de no fumar.



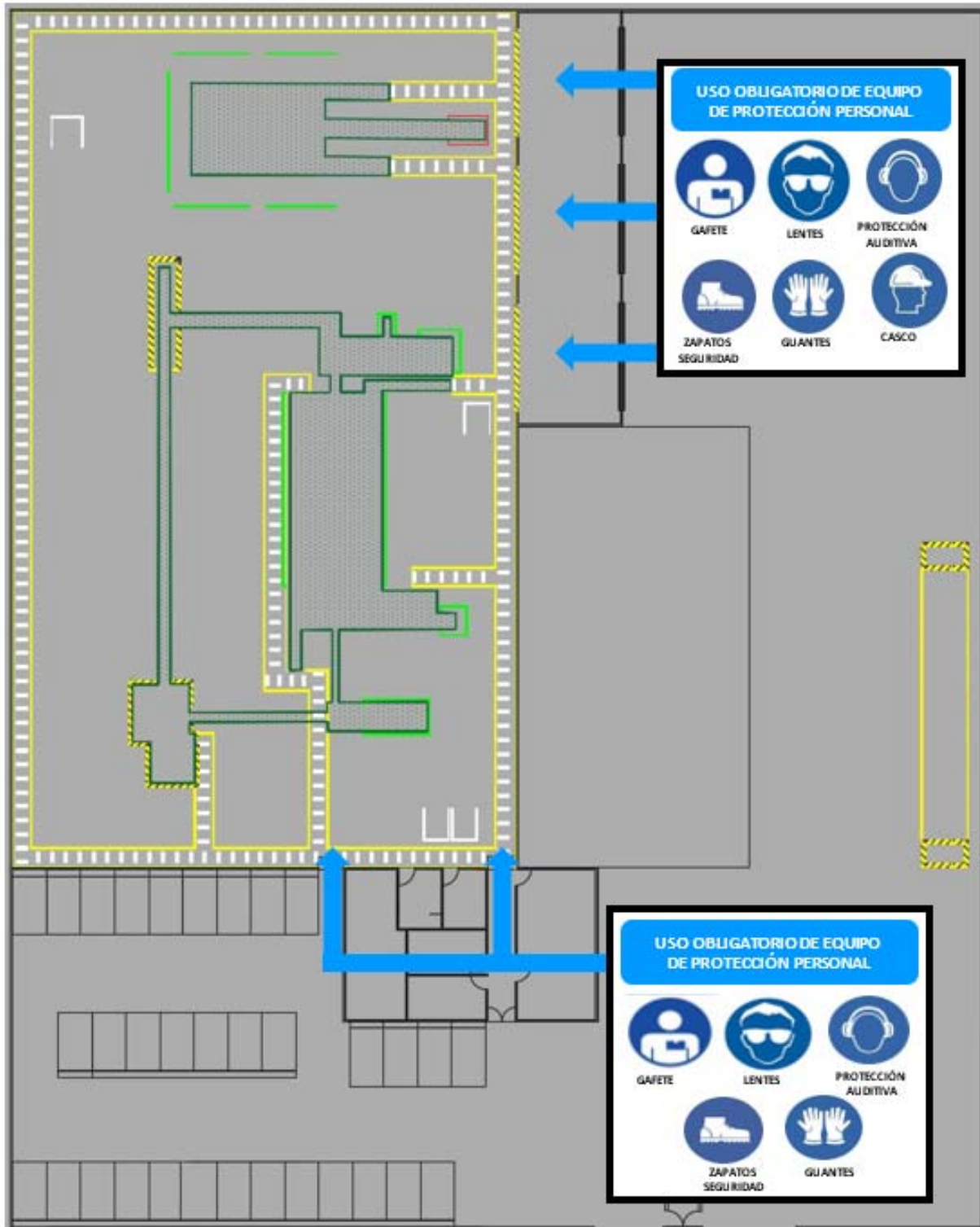
Área asignada para fumar

En la empresa se va a colocar 1 letrero de señal de información de área asignada para fumar.



Uso obligatorio de equipo de protección personal

En la empresa se van a colocar 2 letreros de señales de obligación de uso obligatorio de equipo de protección personal.



ANEXO 5 (Diagrama de proceso)

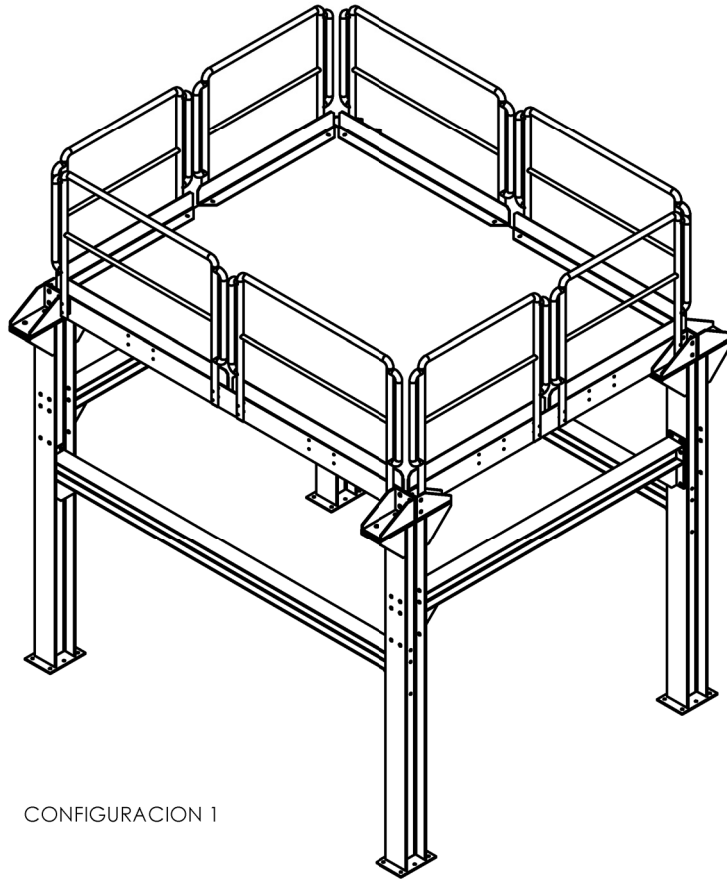
Diagrama de Proceso					
Ubicación:		Resumen			
Actividad: Resiclaje de Residuos Electro-Electrónicos		Elemento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: 9 Noviembre 2015		Operación	○	16	
Operador: Analista:		Transporte	⇨	25	
<i>Encierre en un círculo el método y tipo apropiados</i>		Retrasos	D	0	
Método: Presente <u>Propuesto</u>		Inspección	□	0	
Tipo: Trabajador Material <u>Máquina</u>		Almacenamiento	▽	6	
Comentarios:		Toma de desición	◇	6	
		Registro	◎	8	
		Transporte y Operación	⇨	3	
		Almacenamiento Temporal	▽	7	
		Tiempo (min)			
		Distancia (pies)			
		Costo			
Descripción de los elementos		Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendacions al método
Recepcion de material		◎			
Translado de material a pesado en báscula		⇨			
Peso de material en báscula		◎			
Translado de material		⇨			
Descarga de material sobre banda transportadora		○			
Translado de material a separación manual		⇨			
Separación de material manualmente		⇨			
Material depositado por grupo en contenedores		▽			
Toma de material		○			
Translado de material		⇨			
Descarga de material sobre banda transportadora		○			
Translado de material a Fragmentador QZ		⇨			
Fragmentador QZ		○			
Translado de material		⇨			
Separación por Electroimán		◇			
Si es Fe		○			
Translado de material		⇨			
Material depositado en contenedor		▽			
Translado de material		⇨			
Almacén		▽			
Registro		◎			
No Fe		○			
Translado de material		⇨			
Separación por Electroimán		◇			
Si es Fe		○			
Translado de material		⇨			



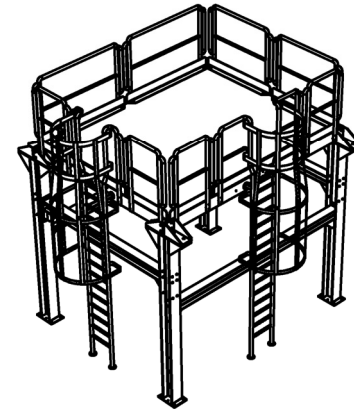
ANEXO 6 (Planos de construcción y configuraciones de módulos estructurales)

8 7 6 5 4 3 2 1

D
C
B
A



CONFIGURACION 1

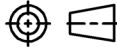


CONFIGURACION 2

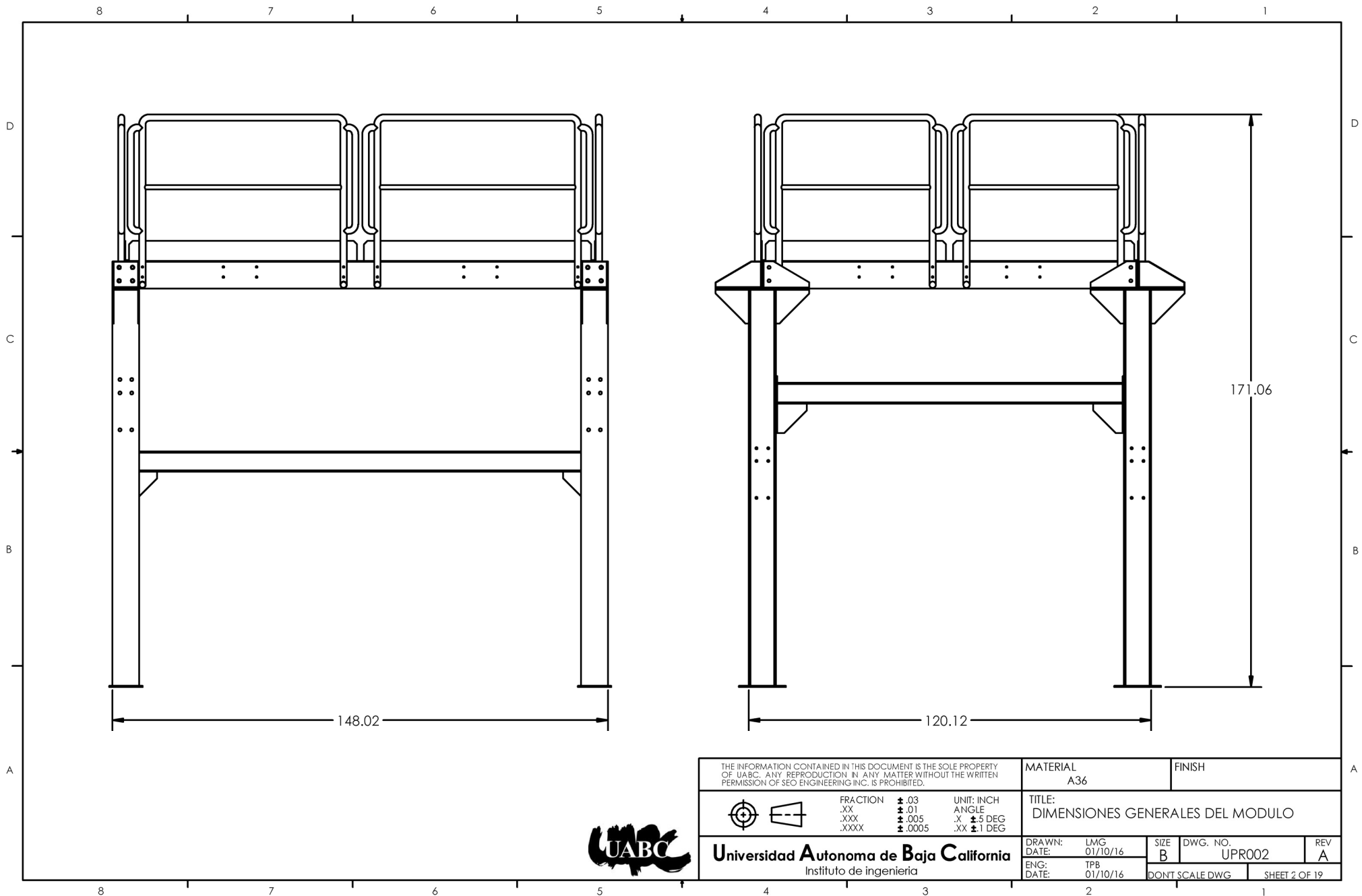



CONFIGURACION 3



<small>THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.</small>		MATERIAL		FINISH		
		<small>FRACTION</small> ±.03 <small>.XX</small> ±.01 <small>.XXX</small> ±.005 <small>.XXXX</small> ±.0005	<small>UNIT: INCH</small> <small>ANGLE</small> <small>.X</small> ±.5 DEG <small>.XX</small> ±.1 DEG	<small>TITLE:</small> MODULOS ESTRUCTURALES Y SUS CONFIGURACIONES		
Universidad Autónoma de Baja California Instituto de ingeniería		<small>DRAWN:</small> LMG <small>DATE:</small> 01/10/16	<small>SIZE</small> B	<small>DWG. NO.</small> UPR001	<small>REV</small> A	
		<small>ENG:</small> TPB <small>DATE:</small> 01/10/16	<small>DONT SCALE DWG</small>	SHEET 1 OF 19		

8 7 6 5 4 3 2 1

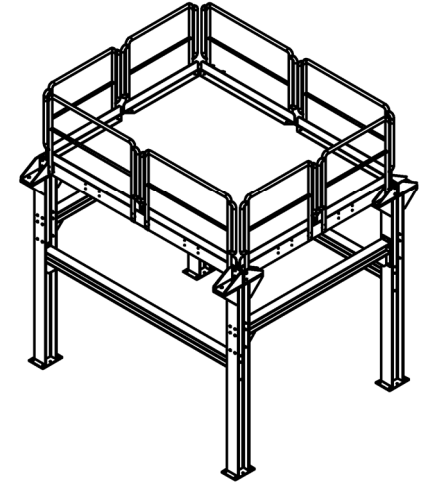
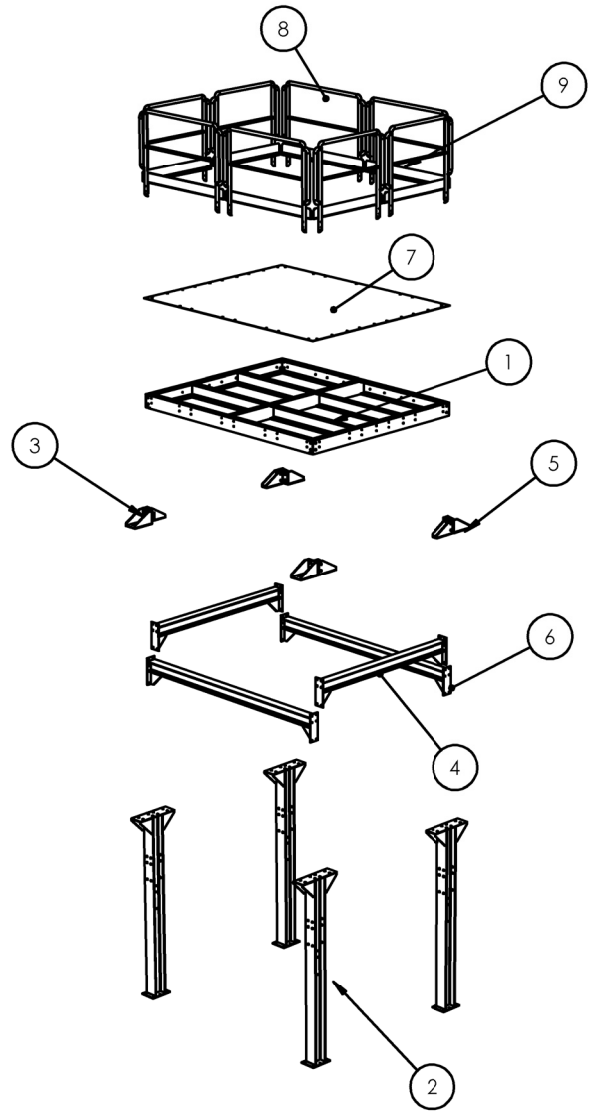


THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36		FINISH	
 		FRACTION ± .03 .XX ± .01 .XXX ± .005 .XXXX ± .0005		UNIT: INCH ANGLE .X ±.5 DEG .XX ±.1 DEG	
TITLE: DIMENSIONES GENERALES DEL MODULO					
DRAWN: LMG DATE: 01/10/16		SIZE B		DWG. NO. UPR002	
ENG: TPB DATE: 01/10/16		DONT SCALE DWG		REV A	
				SHEET 2 OF 19	



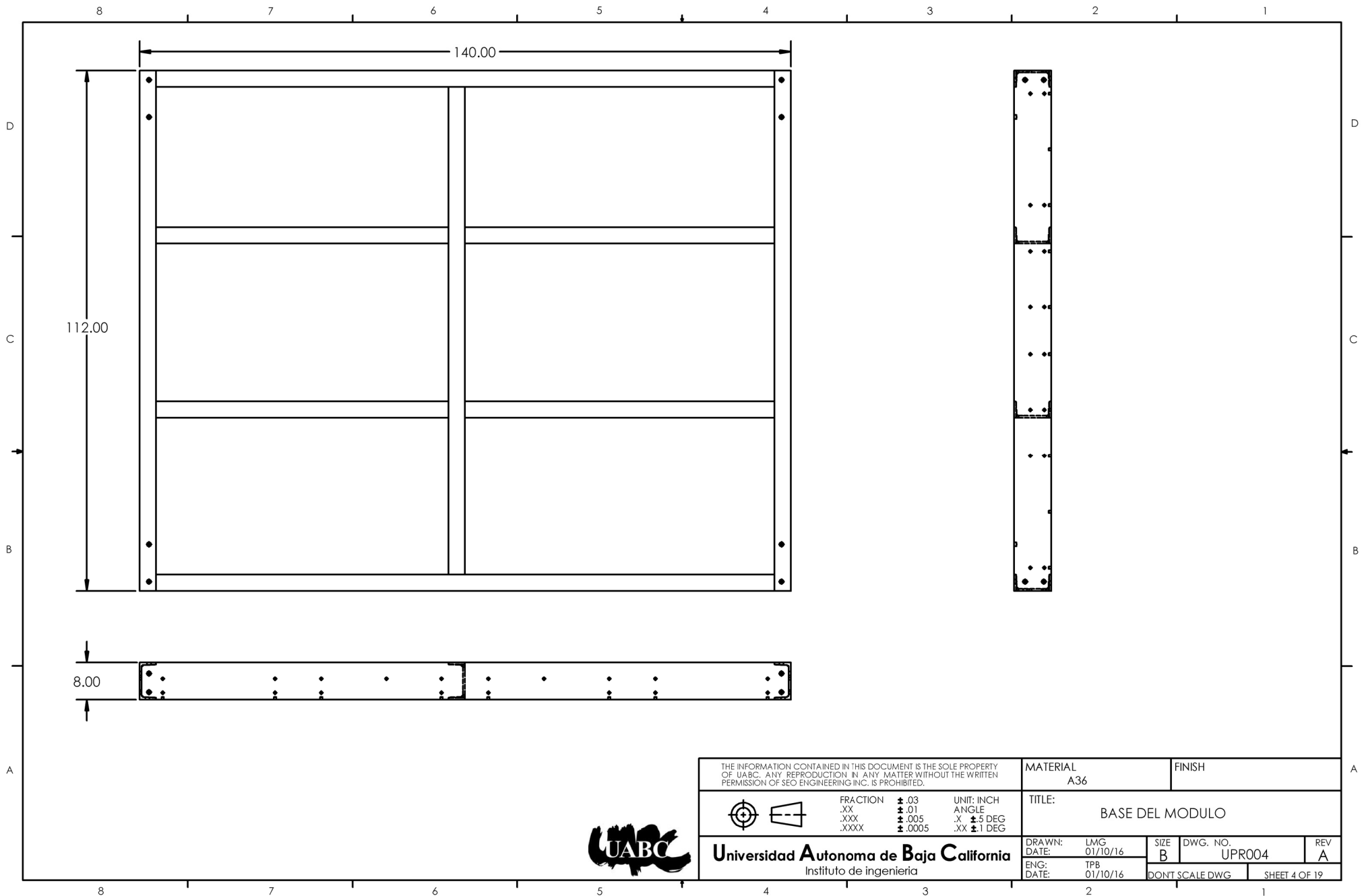
Universidad Autonoma de Baja California
 Instituto de ingenieria

ITEM NO.	SHEET NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	UPR004	VIGAS DE BASE	1
2	UPR009	COLUMNA VERTICAL	4
3	UPR007	ESQUINEROS 3	4
4	UPR008	COLUMNA HORIZONTAL	2
5	UPR007	ESQUINEROS 2	4
6	UPR008	COLUMNA HORIZONTAL 2	2
7	UPR005	PISO DIAMANTE	1
8	UPR006	BARANDAL	4
9	UPR006	BARANDAL 2	20



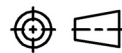
<small>THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.</small>		MATERIAL A36		FINISH	
		<small>FRACTION ± .03 .XX ± .01 .XXX ± .005 .XXXX ± .0005</small>		<small>UNIT: INCH ANGLE .X ±.5 DEG .XX ±.1 DEG</small>	
		TITLE: MIEMBROS BASICOS DEL MODULO			
		<small>DRAWN:</small> LMG <small>DATE:</small> 01/10/16	<small>SIZE</small> B	<small>DWG. NO.</small> UPR003	<small>REV</small> A
<small>Universidad Autonoma de Baja California</small> <small>Instituto de ingenieria</small>		<small>ENG:</small> TPB <small>DATE:</small> 01/10/16	<small>DONT SCALE DWG</small>	<small>SHEET 3 OF 19</small>	





THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.

MATERIAL: A36
FINISH:



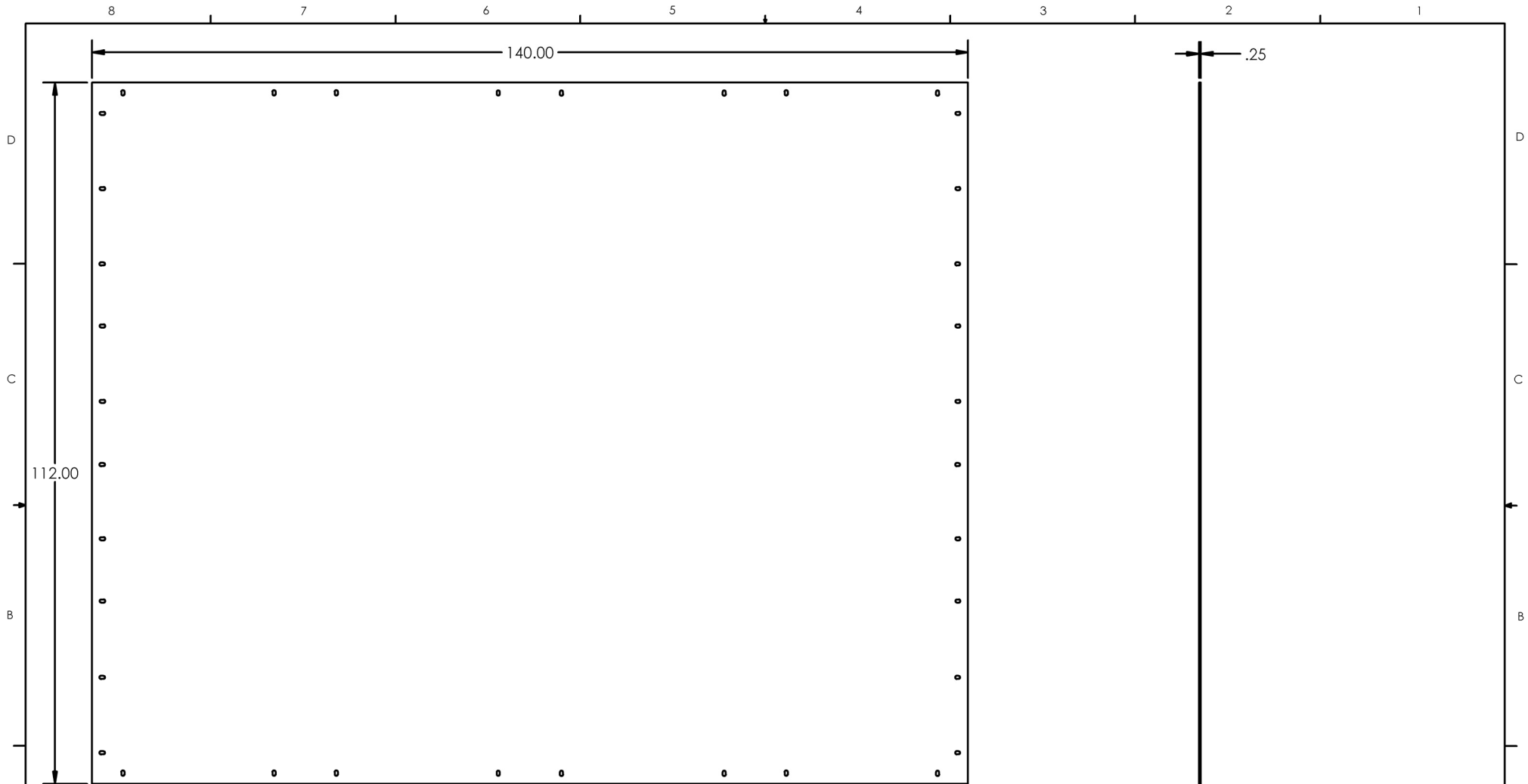
FRACTION: ±.03
.XX ±.01
.XXX ±.005
.XXXX ±.0005
UNIT: INCH
ANGLE: .X ±.5 DEG
.XX ±.1 DEG

TITLE: BASE DEL MODULO



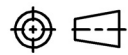
Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de ingeniería

DRAWN: LMG	DATE: 01/10/16	SIZE: B	DWG. NO.: UPR004	REV: A
ENG: TPB	DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG		SHEET 4 OF 19



THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.

MATERIAL	FINISH
A36	



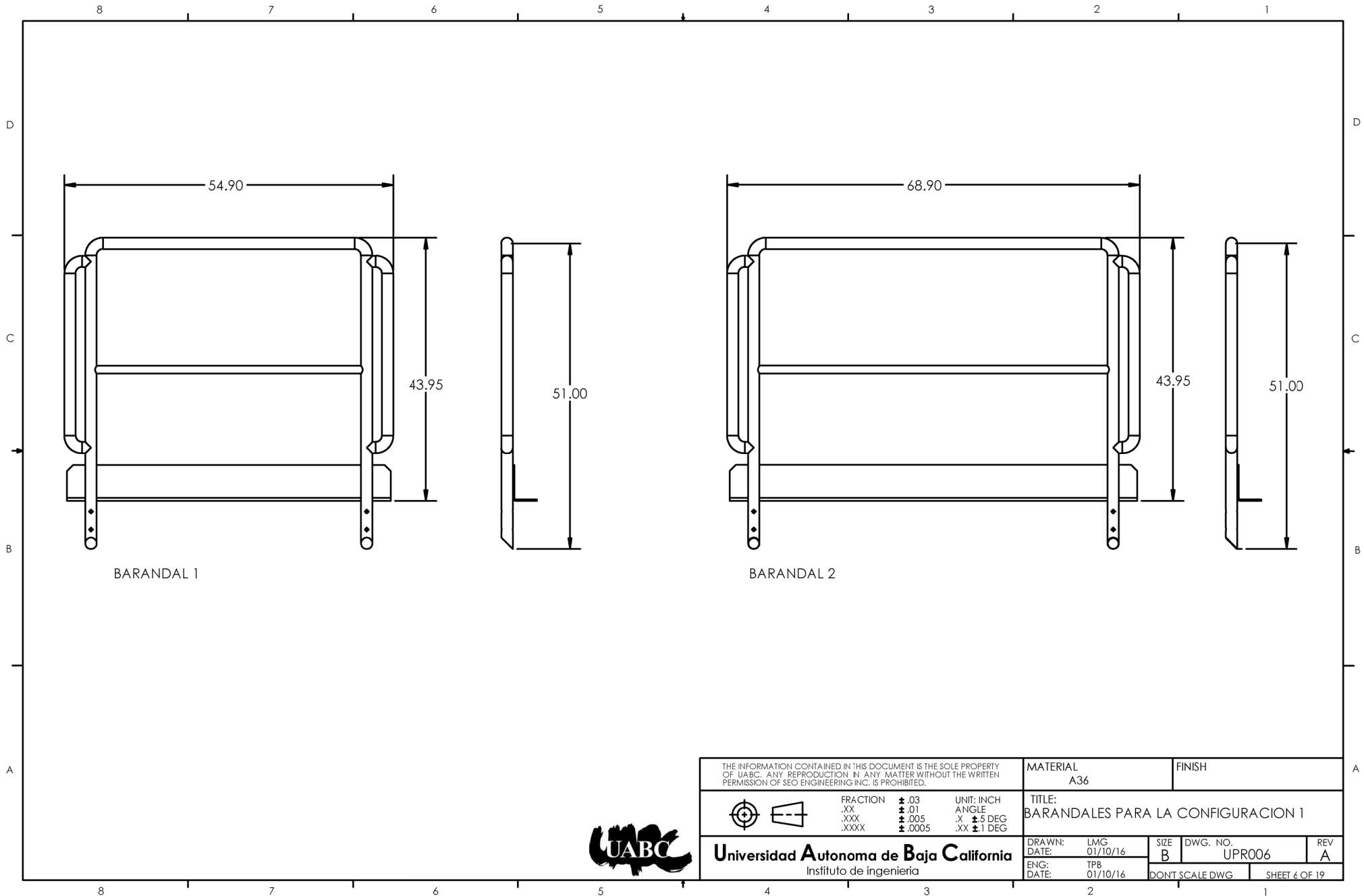
FRACTION	± .03	UNIT: INCH
.XX	± .01	ANGLE
.XXX	± .005	.X ± .5 DEG
.XXXX	± .0005	.XX ± .1 DEG

TITLE:			
PLACA DIAMANTE PISO			



Universidad Autonoma de Baja California
 Instituto de ingenieria

DRAWN:	LMG	SIZE	DWG. NO.	REV
DATE:	01/10/16	B	UPR005	A
ENG:	TPB	DONT SCALE DWG		SHEET 5 OF 19
DATE:	01/10/16			



BARANDAL 1

BARANDAL 2

<small>THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.</small>		MATERIAL A36		FINISH	
		<small>FRACTION ± .03 .XX ± .01 .XXX ± .005 .XXXX ± .0005</small>		<small>UNIT: INCH ANGLE .X ± 5 DEG .XX ± 1 DEG</small>	
TITLE: BARANDALES PARA LA CONFIGURACION 1					
DRAWN: LMG DATE: 01/10/16		SIZE B		DWG. NO. UPR006	
ENG: TPB DATE: 01/10/16		<small>DONT SCALE DWG</small>		REV A	
				<small>SHEET 6 OF 19</small>	



Universidad Autonoma de Baja California
Instituto de ingenieria

8 7 6 5 4 3 2 1

D

D

C

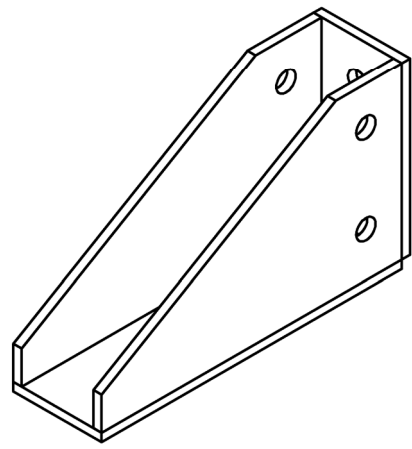
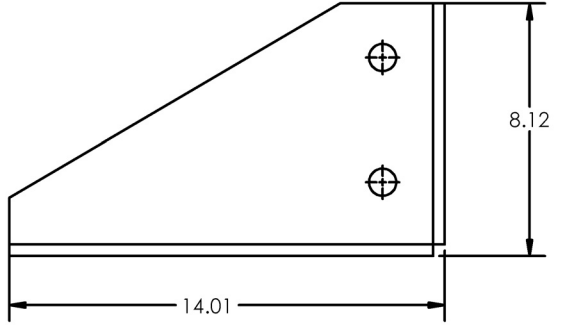
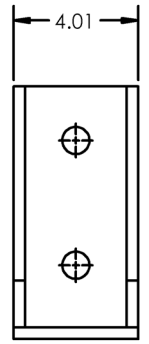
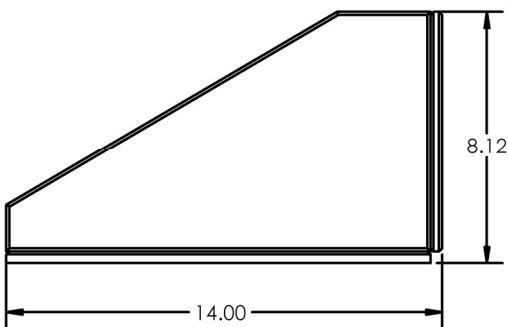
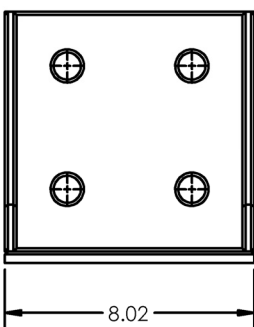
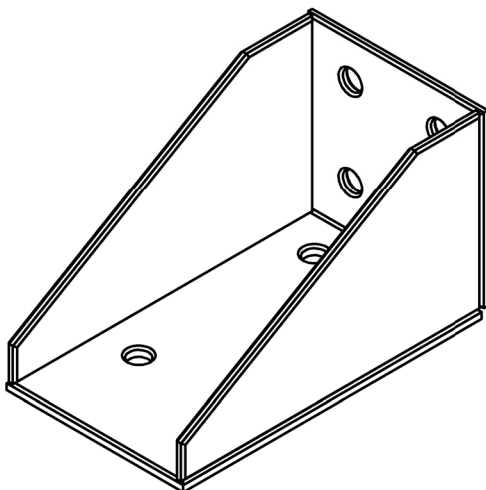
C

B

B

A

A

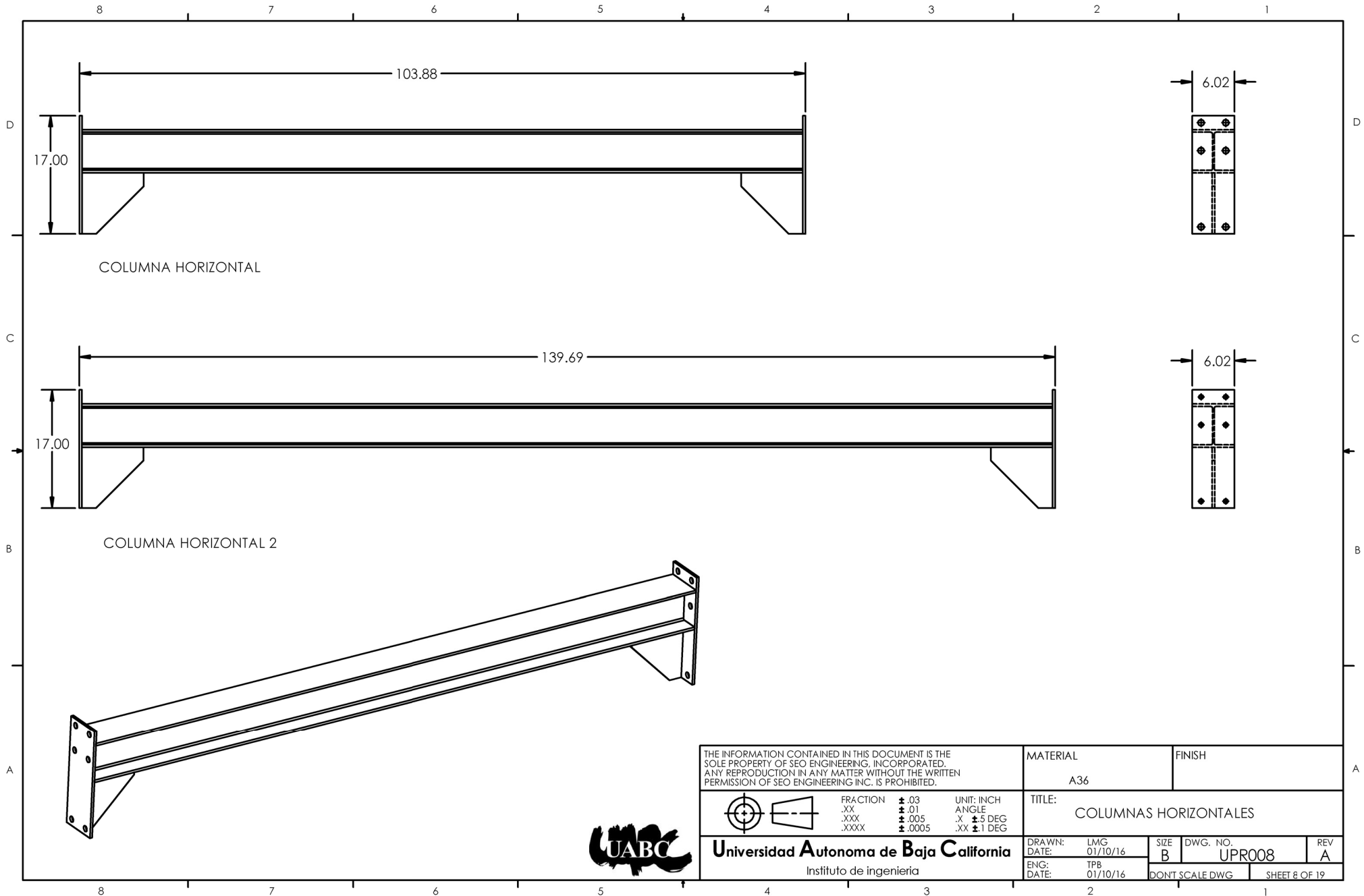


<small>THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.</small>		MATERIAL A36		FINISH	
		<small>FRACTION ± .03 .XX ± .01 .XXX ± .005 .XXXX ± .0005</small>		<small>UNIT: INCH ANGLE .X ±.5 DEG .XX ±1 DEG</small>	
TITLE: ESQUINEROS SOPORTES					
<small>DRAWN:</small> LMG		<small>DATE:</small> 01/10/16		<small>SIZE</small> B	
<small>ENG:</small> TPB		<small>DATE:</small> 01/10/16		<small>DWG. NO.</small> UPR007	
				<small>REV</small> A	
				<small>DONT SCALE DWG</small>	
				<small>SHEET 7 OF 19</small>	



Universidad Autonoma de Baja California
Instituto de ingenieria

8 7 6 5 4 3 2 1



COLUMNA HORIZONTAL

COLUMNA HORIZONTAL 2

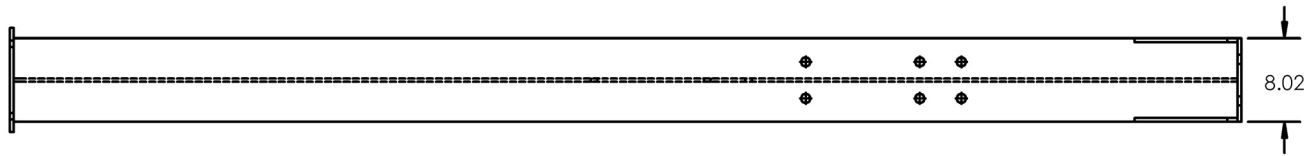
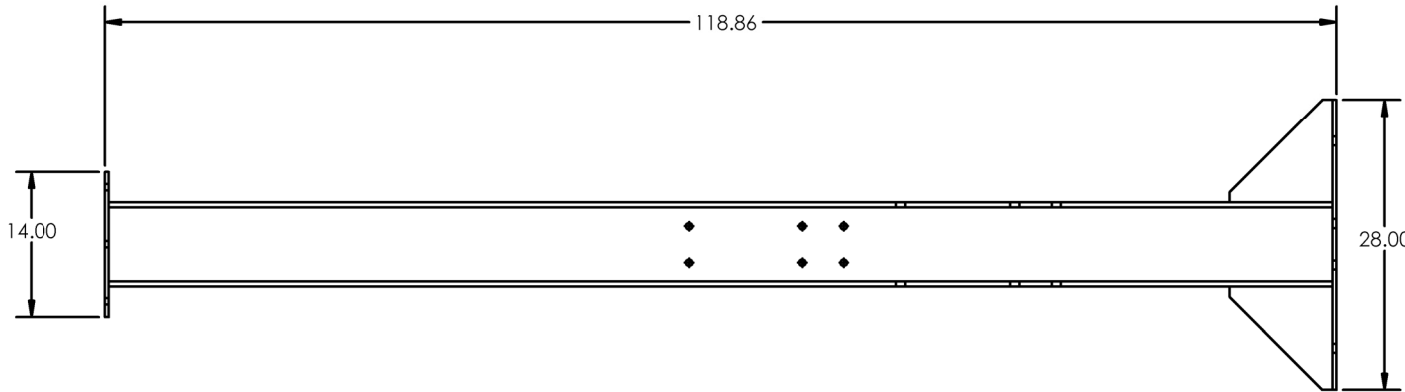
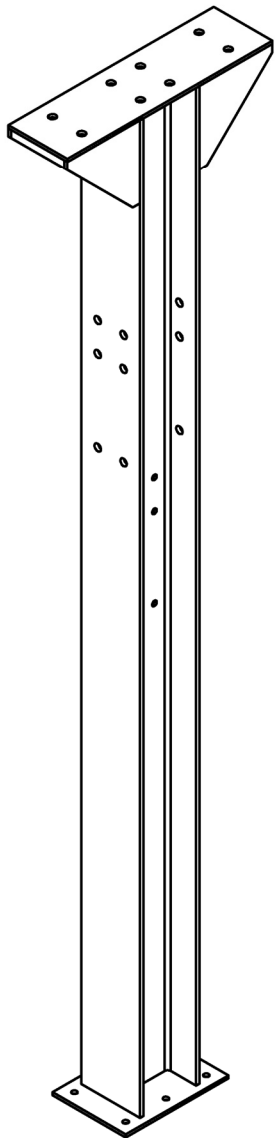




THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF SEO ENGINEERING, INCORPORATED. ANY REPRODUCTION IN ANY MATTER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36		FINISH	
		TITLE: COLUMNAS HORIZONTALES			
FRACTION ± .03 UNIT: INCH .XX ± .01 ANGLE .XXX ± .005 .X ± 1.5 DEG .XXXX ± .0005 .XX ± 1 DEG		DRAWN: LMG DATE: 01/10/16		SIZE B	DWG. NO. UPR008
Universidad Autónoma de Baja California Instituto de ingeniería		ENG: TPB DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG	REV A SHEET 8 OF 19	

8 7 6 5 4 3 2 1

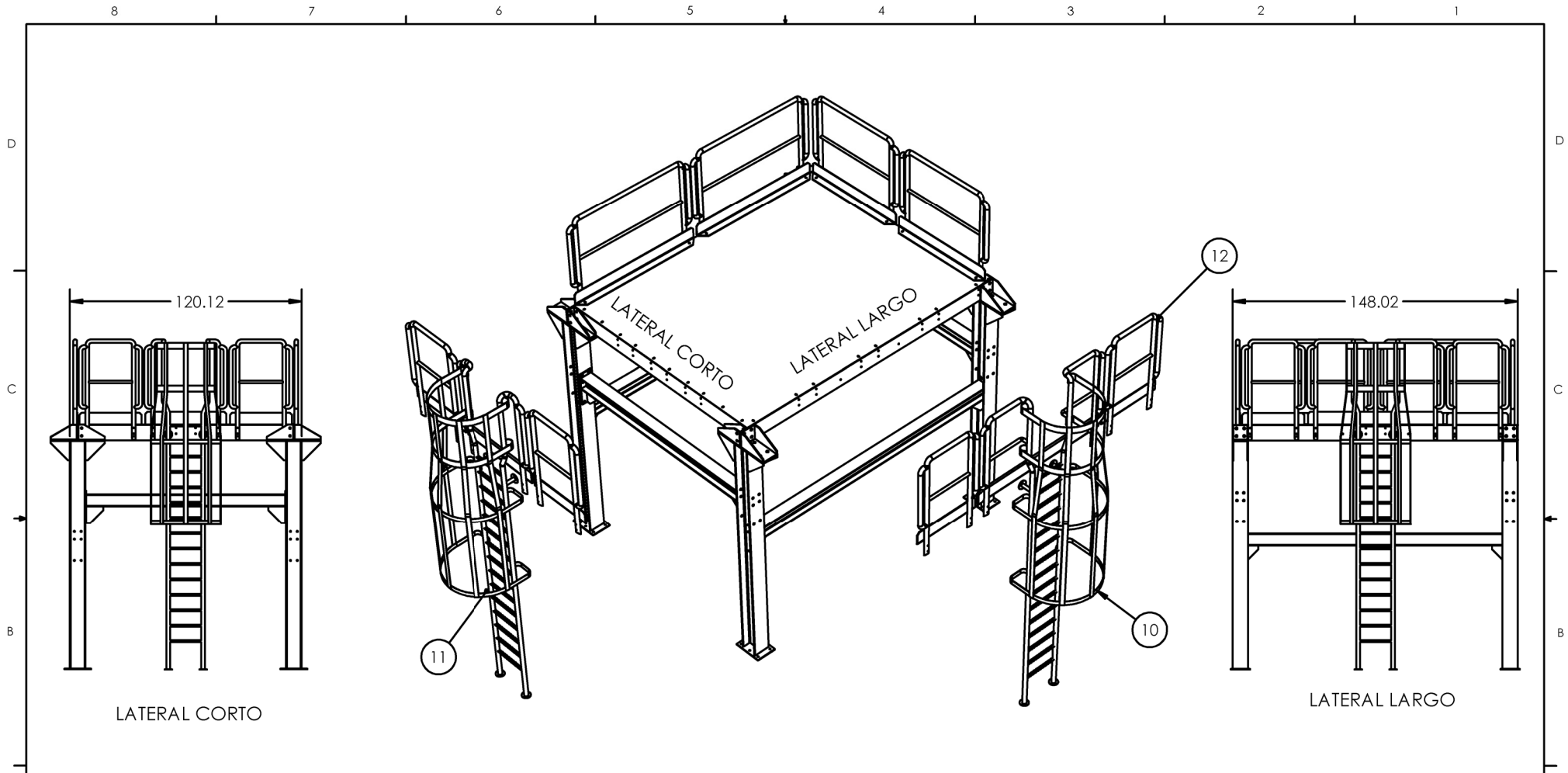
D
C
B
A

D
C
B
A



THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36	FINISH	
 	FRACTION	± .03	UNIT: INCH	
	.XX	± .01	ANGLE	
	.XXX	± .005	.X	± .5 DEG
	.XXXX	± .0005	.XX	± 1 DEG
Universidad Autónoma de Baja California Instituto de ingeniería		TITLE: COLUMNA VERTICAL		
DRAWN: LMG	DATE: 01/10/16	SIZE: B	DWG. NO.: UPR009	REV: A
ENG: TPB	DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG		SHEET 9 OF 19

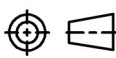

8 7 6 5 4 3 2 1

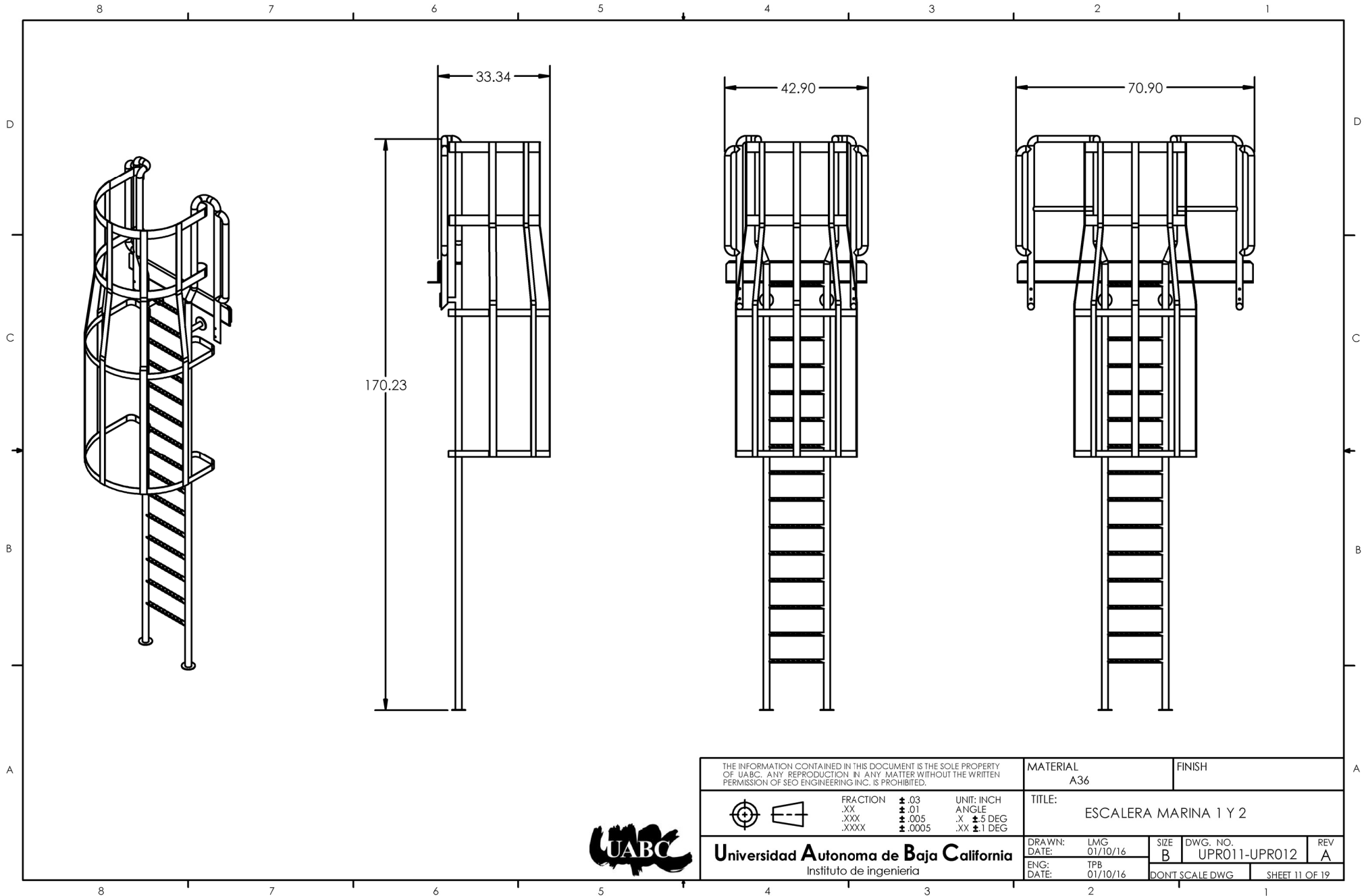





LATERAL CORTO

LATERAL LARGO

ITEM NO.	SHEET NUMBER	DESCRIPCION	QTY
10	UPR011	ESCALERA MARINA 1	1
11	UPR012	ESCALERA MARINA 2	2
12	UPR013	BARANDAL 3	3

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36	FINISH	
		TITLE: ESCALERA MARINA 1		
FRACTION ± .03 .XX ± .01 .XXX ± .005 .XXXX ± .0005		UNIT: INCH	ANGLE	REV
		.X ± 5 DEG .XX ± 1 DEG		A
Universidad Autonoma de Baja California Instituto de ingenieria		DRAWN: LMG DATE: 01/10/16	SIZE B	DWG. NO. UPR010
		ENG: TPB DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG	SHEET 10 OF 19



THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36	FINISH		
 		TITLE: ESCALERA MARINA 1 Y 2			
FRACTION ± .03 UNIT: INCH .XX ± .01 ANGLE .XXX ± .005 °X ± 5 DEG .XXXX ± .0005 °.XX ± 1 DEG		DRAWN: LMG DATE: 01/10/16	SIZE B	DWG. NO. UPR011-UPR012	REV A
 Universidad Autonoma de Baja California Instituto de ingenieria		ENG: TPB DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG		SHEET 11 OF 19

8 7 6 5 4 3 2 1

D

D

C

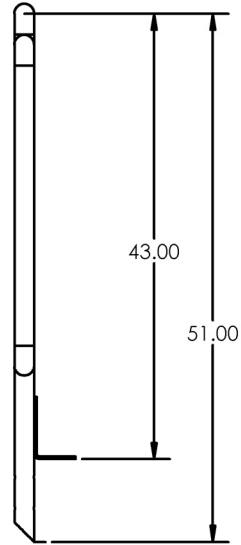
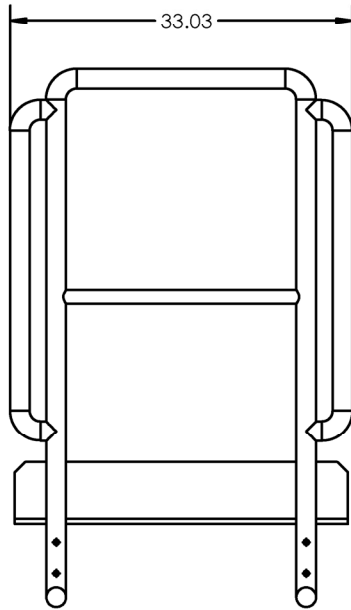
C

B

B

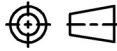
A

A

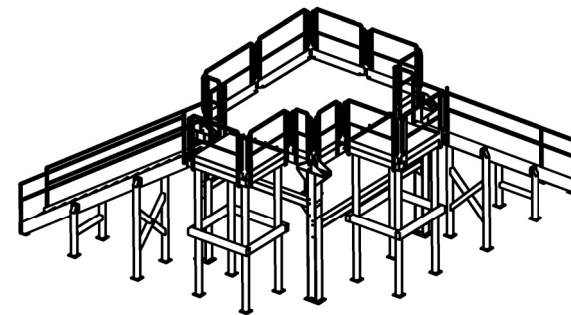
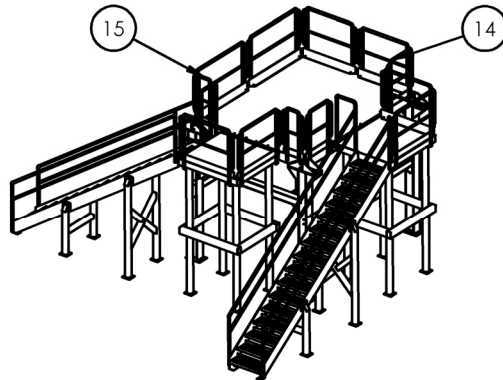


BARANDAL 3



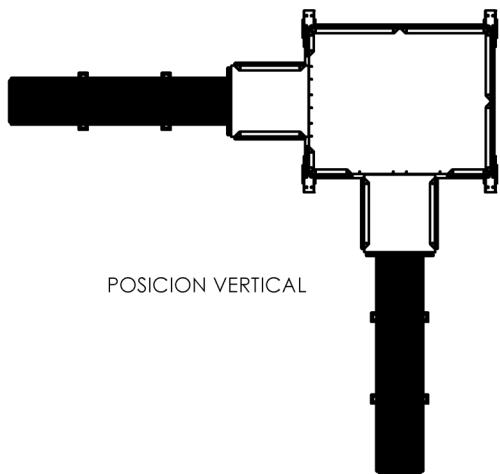
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36	FINISH		
		TITLE: BARANDAL 3			
FRACTION ± .03 UNIT: INCH .XX ± .01 ANGLE .XXX ± .005 .X ± 5 DEG .XXXX ± .0005 .XX ± 1 DEG		DRAWN: LMG	SIZE B	DWG. NO. UPR013	REV A
Universidad Autónoma de Baja California Instituto de ingeniería		DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG		SHEET 12 OF 19
		ENG: TPB			
		DATE: 01/10/16			

8 7 6 5 4 3 2 1

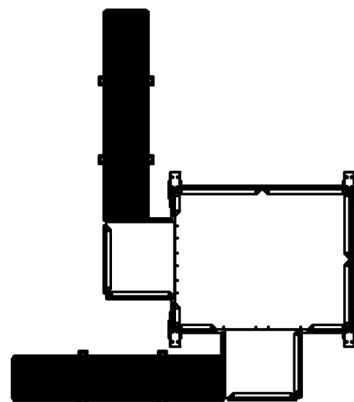


LAS ESCALERAS SE PUEDEN GIRAR EN 3 POSICIONES EN RELACION CON EL MODULO ABAJO SE PUEDEN OBSERVER 3 VARIANTES.

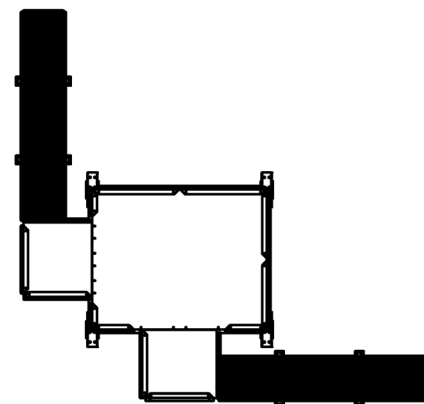
ITEM NO.	SHEET NO.	DESCRIPTION	QTY
13	UPR0016	ESCALERA ESTANDAR	1
14	UPR0015	BARANDAL 4	2
15	UPR0015	BARANDAL 5	2



POSICION VERTICAL





POSICION LATERAL IZQUIERDA



POSICION LATERAL DERECHA



THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36	FINISH		
 		TITLE: ESCALERA STANDAR EN 3 POSICIONES			
FRACTION ± .03 UNIT: INCH .XX ANGLE .XXX .X ±.5 DEG .XXXX .XX ±.1 DEG ±.0005 ±.0005		DRAWN: LMG DATE: 01/10/16	SIZE B	DWG. NO. UPR014	REV A
Universidad Autonoma de Baja California Instituto de ingenieria		ENG: TPB DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG	SHEET 13 OF 19	

8 7 6 5 4 3 2 1

D

C

B

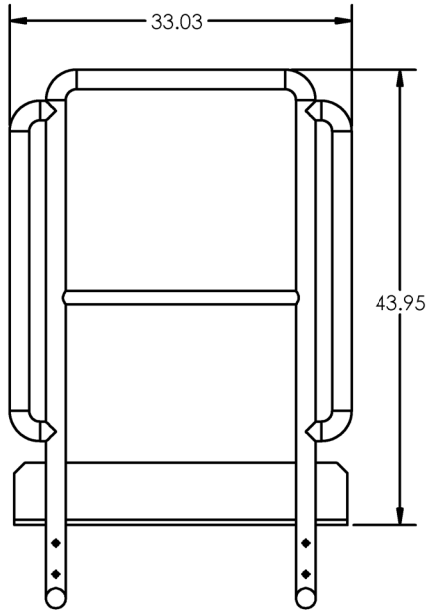
A

D

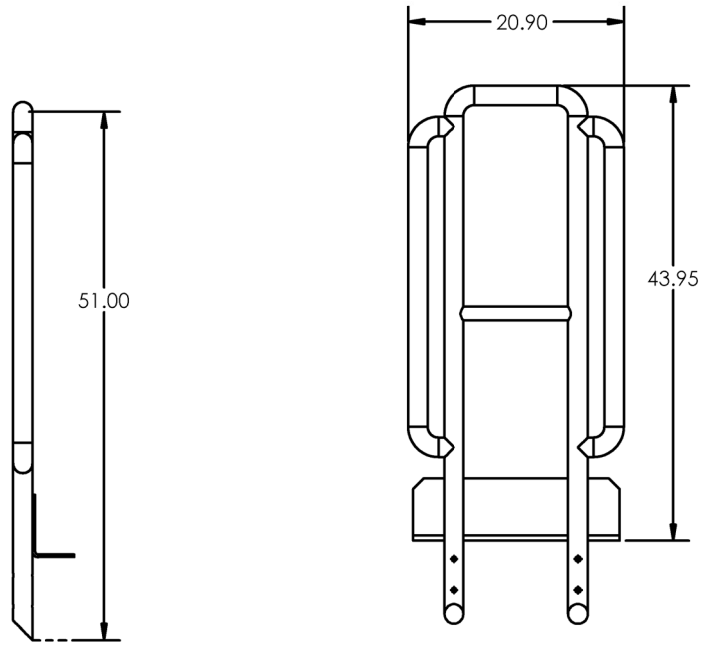
C

B

A

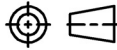


BARANDAL 4



BARANDAL 5



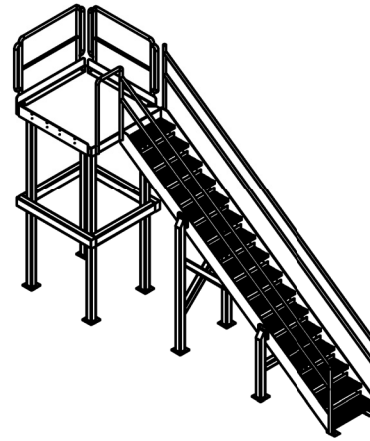
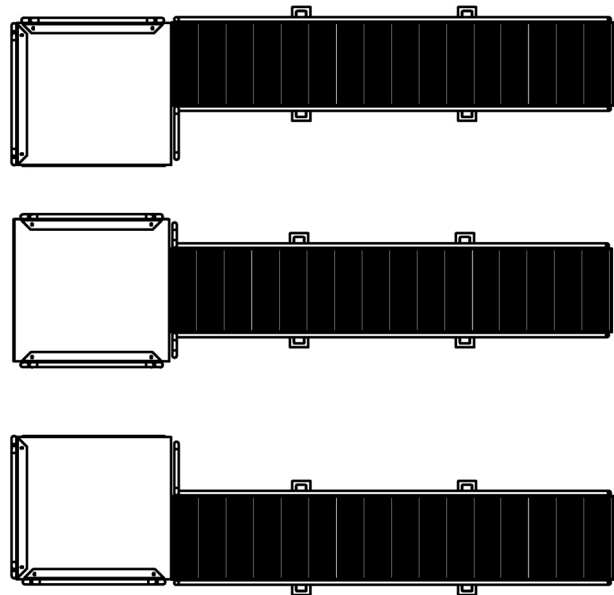
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36	FINISH																					
 <table border="0"> <tr> <td>FRACTION</td> <td>± .03</td> <td>UNIT: INCH</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>.XX</td> <td>± .01</td> <td>ANGLE</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>.XXX</td> <td>± .005</td> <td>.X</td> <td>± 5 DEG</td> <td></td> </tr> <tr> <td>.XXXX</td> <td>± .0005</td> <td>.XX</td> <td>± 1 DEG</td> <td></td> </tr> </table>		FRACTION	± .03	UNIT: INCH			.XX	± .01	ANGLE			.XXX	± .005	.X	± 5 DEG		.XXXX	± .0005	.XX	± 1 DEG		TITLE: BARANDALES 4 Y 5		
FRACTION	± .03	UNIT: INCH																						
.XX	± .01	ANGLE																						
.XXX	± .005	.X	± 5 DEG																					
.XXXX	± .0005	.XX	± 1 DEG																					
Universidad Autonoma de Baja California Instituto de ingeniería		DRAWN: LMG DATE: 01/10/16	SIZE B	DWG. NO. UPR015	REV A																			
		ENG: TPB DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG		SHEET 14 OF 19																			

8 7 6 5 4 3 2 1

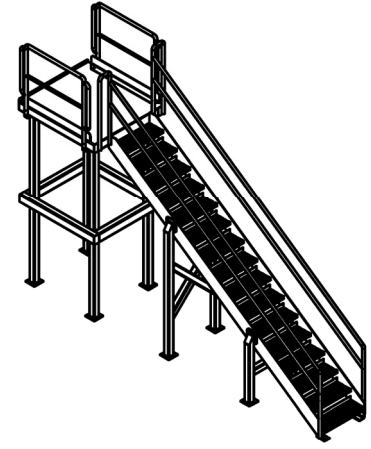
8 7 6 5 4 3 2 1

D
C
B
A

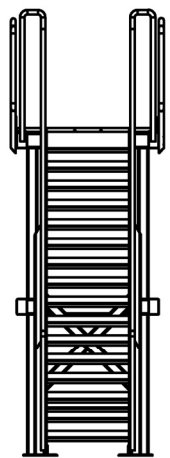
D
C
B
A



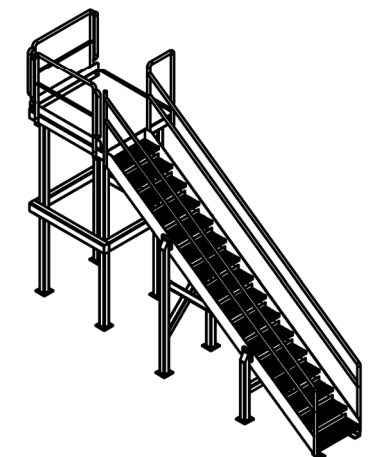
CONFIGUACION 1



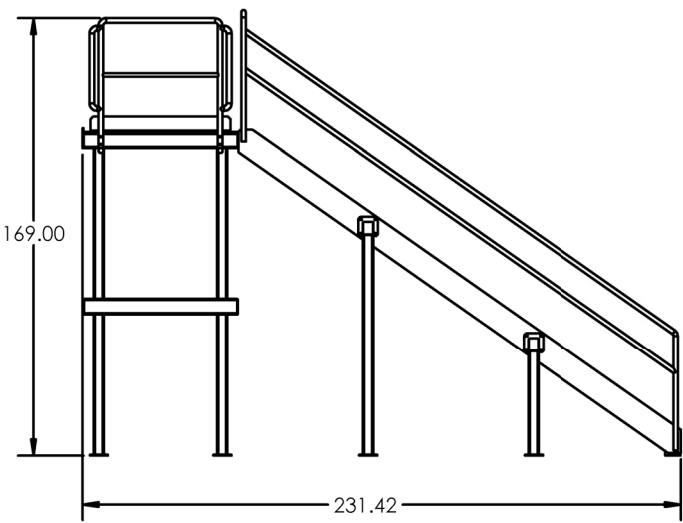
CONFIGUACION 2



LA ESCALARA ES CONFIGURADA DEPENDIENDO DE SU POSICION EN EL MODULO, VER SHEET 13 DE 17

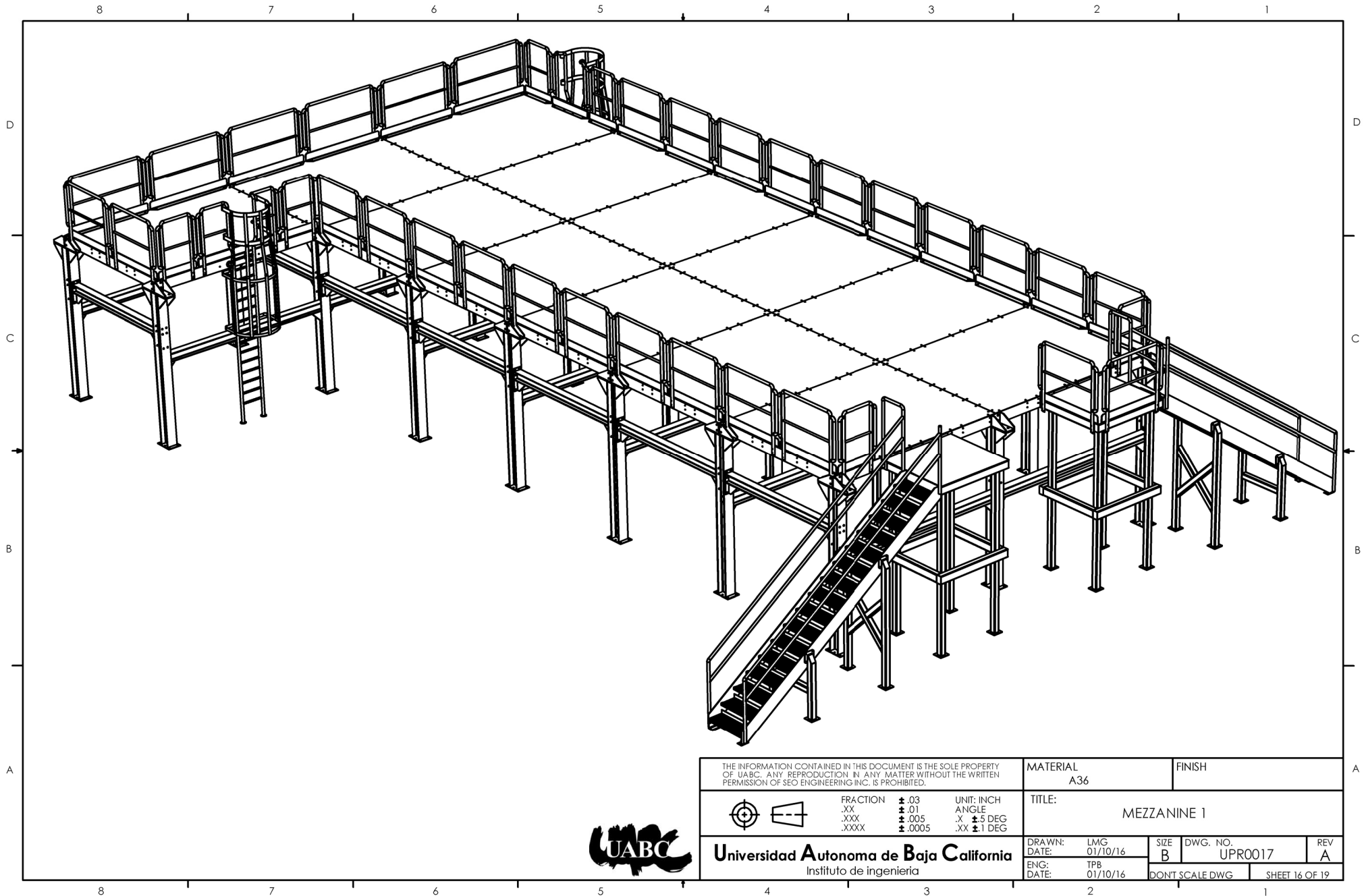





CONFIGUACION 3

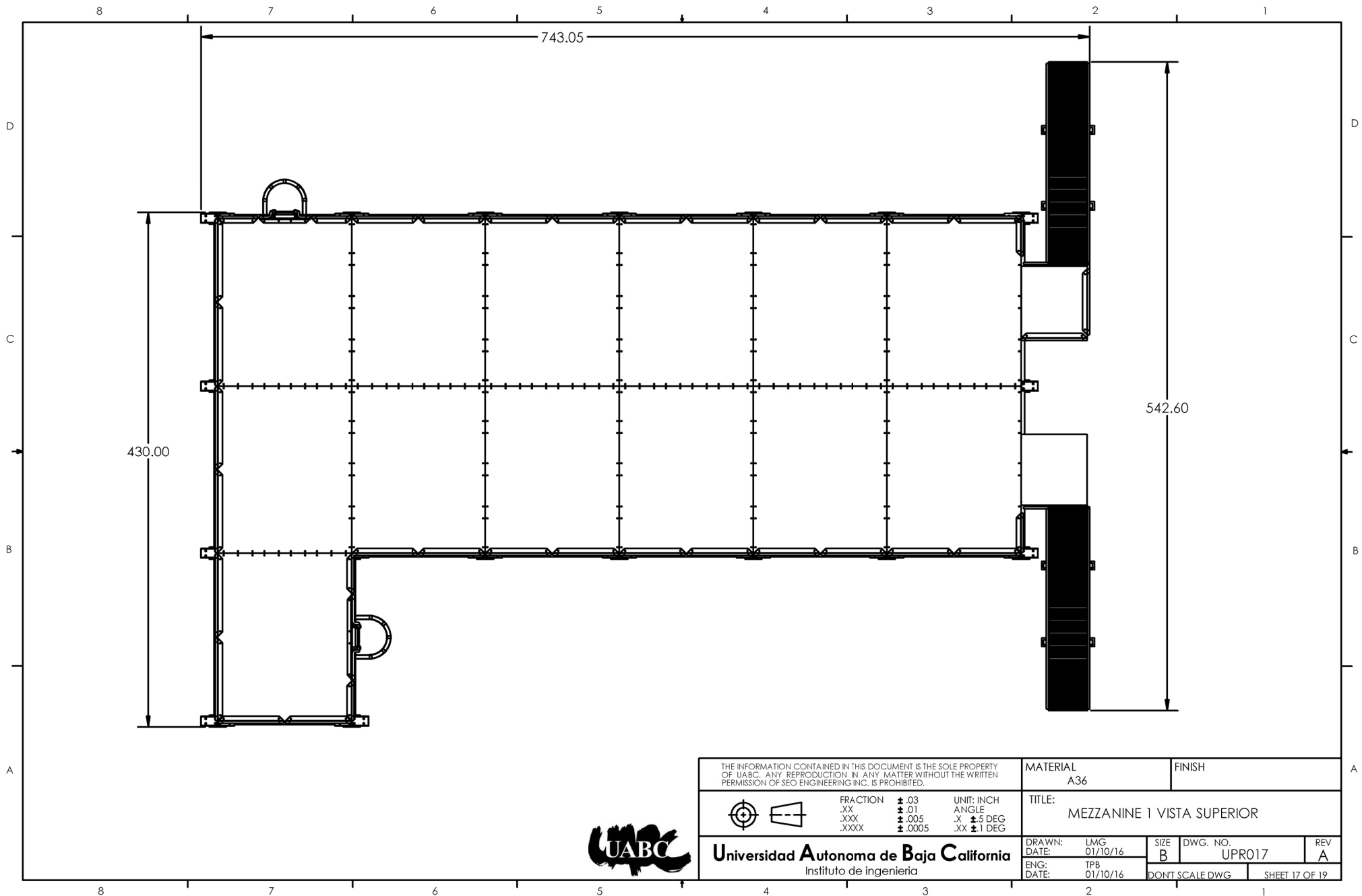




<small>THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.</small>		MATERIAL A36		FINISH	
		<small>FRACTION ± .03 .XX ± .01 .XXX ± .005 .XXXX ± .0005</small>		<small>UNIT: INCH ANGLE .X ±.5 DEG .XX ±1 DEG</small>	
TITLE: ESCALERA ESTANDAR Y SUS POSICIONES					
<small>DRAWN: LMG DATE: 01/10/16</small>		<small>SIZE B</small>		<small>DWG. NO. UPR016</small>	
<small>ENG: TPB DATE: 01/10/16</small>		<small>DONT SCALE DWG</small>		<small>REV A</small>	
				<small>SHEET 15 OF 19</small>	

8 7 6 5 4 3 2 1



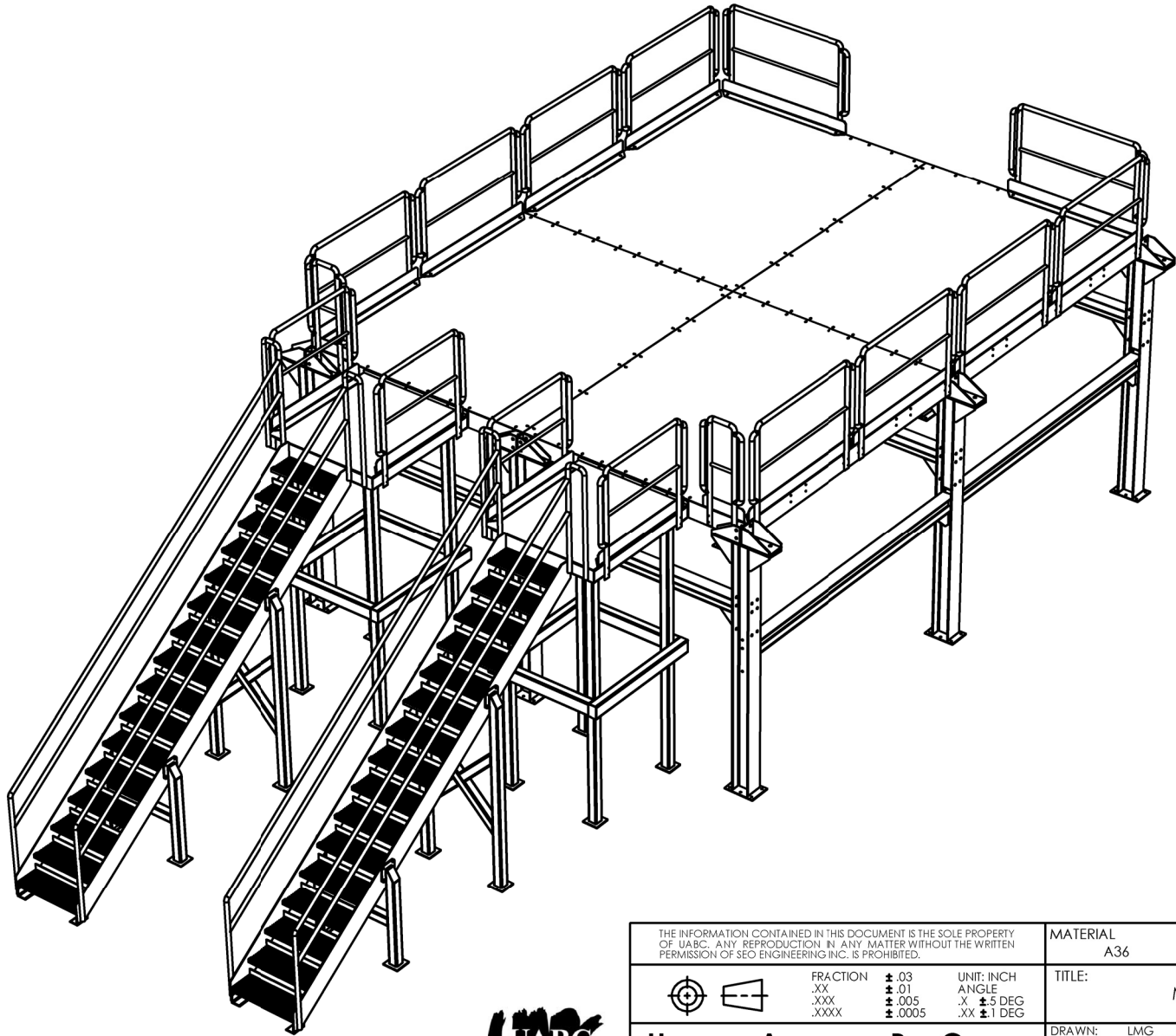
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36		FINISH	
 		FRACTION .XX ±.03 .XXX ±.01 .XXXX ±.005 .XXXX ±.0005		UNIT: INCH ANGLE .X ±.5 DEG .XX ±.1 DEG	
		TITLE: MEZZANINE 1			
Universidad Autonoma de Baja California Instituto de ingenieria		DRAWN: LMG DATE: 01/10/16	SIZE B	DWG. NO. UPR0017	REV A
		ENG: TPB DATE: 01/10/16	DONT SCALE DWG		SHEET 16 OF 19



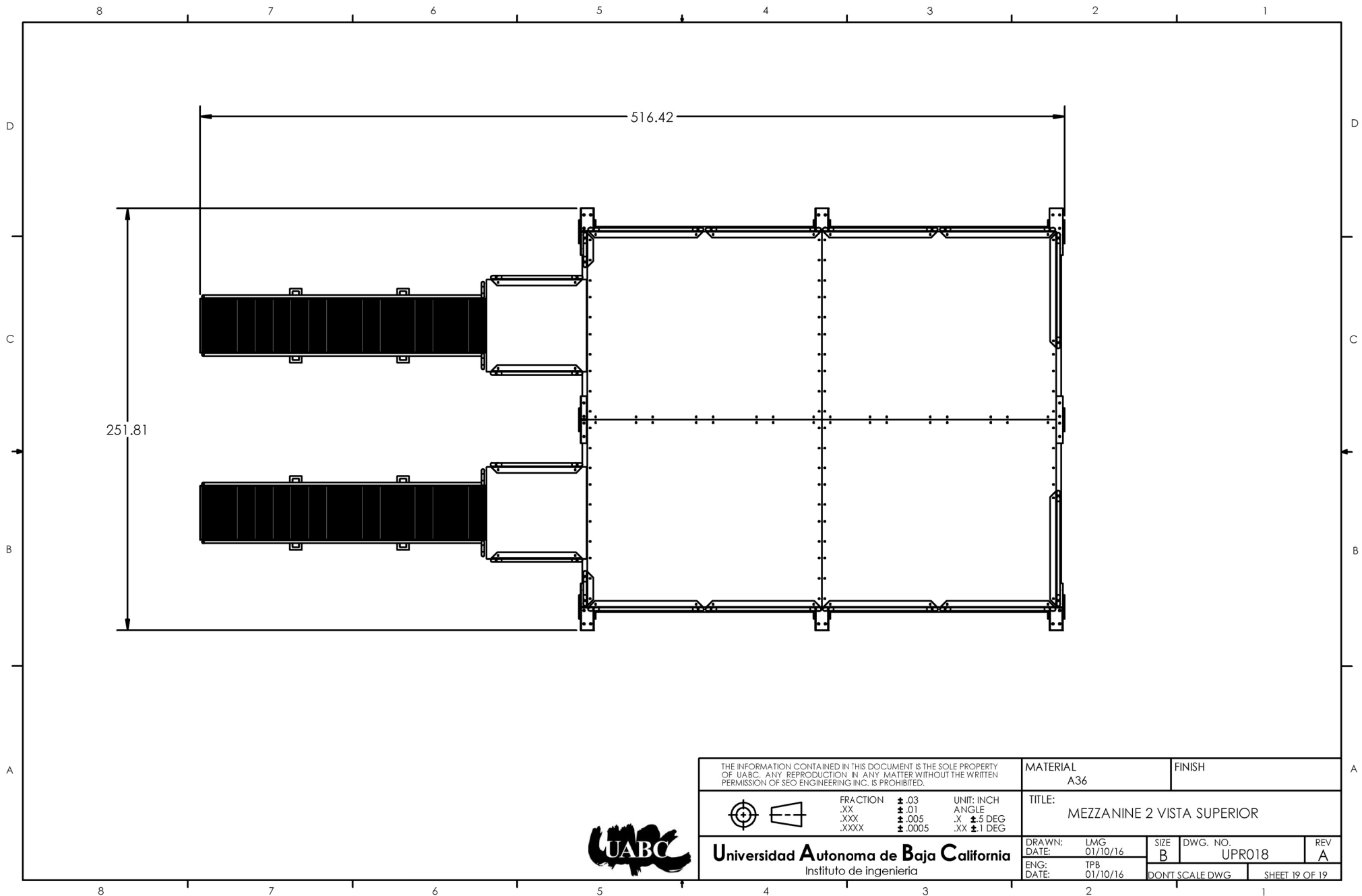
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36		FINISH	
 		FRACTION .XX ±.03 .XXX ±.01 .XXXX ±.005 .XXXX ±.0005		UNIT: INCH ANGLE .X ±.5 DEG .XX ±.1 DEG	
TITLE: MEZZANINE 1 VISTA SUPERIOR					
DRAWN: LMG DATE: 01/10/16		SIZE B		DWG. NO. UPR017	
ENG: TPB DATE: 01/10/16		DONT SCALE DWG		REV A	
				SHEET 17 OF 19	





Universidad Autonoma de Baja California
 Instituto de ingenieria



THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36		FINISH	
		FRACTION ± .03 .XX ± .01 .XXX ± .005 .XXXX ± .0005		UNIT: INCH ANGLE .X ±.5 DEG .XX ±1 DEG	
TITLE: <div style="text-align: center;">MEZZANINE 2</div>					
DRAWN: LMG DATE: 01/10/16		SIZE B		DWG. NO. UPR018	
ENG: TPB DATE: 01/10/16		DONT SCALE DWG		REV A	
				SHEET 18 OF 19	



THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF UABC. ANY REPRODUCTION IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SEO ENGINEERING INC. IS PROHIBITED.		MATERIAL A36		FINISH	
 		TITLE: MEZZANINE 2 VISTA SUPERIOR			
FRACTION .XX ±.01 .XXX ±.005 .XXXX ±.0005		UNIT: INCH ANGLE .X ±.5 DEG .XX ±.1 DEG		DRAWN: LMG DATE: 01/10/16	
Universidad Autónoma de Baja California Instituto de ingeniería		SIZE B		DWG. NO. UPR018	
		ENG: TPB DATE: 01/10/16		REV A	
		DONT SCALE DWG		SHEET 19 OF 19	