UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención Fabricación de Autopartes del Vehículo

OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS DE MEDICIÓN DE PUERTAS DE CHEVROLET SAIL S3 APLICANDO LA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA LA EMPRESA GENERAL MOTORS DEL ECUADOR.

Wilson Oswaldo Pogo Díaz

Nota del autor

Wilson Oswaldo Pogo Díaz, Facultad de ingeniería Arquitectura e Ingeniería,

Universidad Internacional SEK

Directora Ing. Diana Peralta, M.S.c

Cualquier correspondencia a este trabajo puede dirigirse a:

wpogo.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, **Wilson Oswaldo Pogo Díaz**, con cedula de identidad 171608948-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional, y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen es este documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

WILSON OSWALDO POGO DIAZ

C.I.: 1716089485

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la sabiduría el entendimiento, la fortaleza para crecer profesionalmente, ante todo doy gracias a la vida la cual es maravilloso compartir con mis seres queridos.

A mi familia que es la esencia fundamental en la vida.

A mis compañeros los cuales hemos compartido muchas anécdotas.

A mis amigos del trabajo los cuales son únicos y me han apoyado en todo.

A mis maestr@s por los conocimientos impartidos y a mi apreciada Universidad Internacional SEK la cual se convirtió en parte de ella

Índice De Contenido

Portada....1

Declaración Juramentada....2

Agradecimiento....3

Índice De Contenido....4

Índice De Tablas....8

Índice De Figuras....10

Índice De Formulas....16

Resumen....17

Abstract....18

Introducción....19

Planteamiento del Problema....19

Justificación....22

Antecedentes....27

Control Dimensional....29

Estado Del Arte....36

Lean Manufacturing (Producción Ajustada)....37

Metodología Lean Seis Sigma 45

Control del proceso estadístico 53

Método 67

ETAPA 1 68

Definir el problema en el proceso 68

Problema que trabajar 68

Clientes 69

Requerimientos del cliente 70

Selección del equipo de trabajo 70

Como se realiza el trabajo en la actualidad 71

Beneficios de la mejora 73

ETAPA 2 73

Medir 73

ETAPA 3 82

Análisis 82

ETAPA 4 87

Mejorar 87

Etapa 5 113

Control....113

Resultados....123

Análisis y discusión de resultados....129

Análisis Capacidad Puerta Posterior Izquierda....129

Análisis Capacidad Puerta Delantera Izquierda....131

Análisis Capacidad Puerta Delantera Derecha....133

Análisis Capacidad Puerta Posterior Derecha....135

CONCLUSIONES....139

RECOMENDACIONES....141

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA....142

ANEXOS....149

Anexo A....149

Perfil de la platina de Aluminio....149

Anexo B....150

Perfil de la platina de acero....150

Anexo C....151

Perfil de tubo cuadrado....151

Anexo D....152

Tabla de constante para gráficos de control 152

Anexo E 153

Valores de nivel sigma (Tabla extendida). 153

Anexo F 154

Análisis de Capacidad de Proceso / Puerta Posterior Izquierdo 154

Anexo G 158

Resultado de cálculo de medición Seis Sigma Puerta Posterior Lh 158

Resultado de cálculo de medición Seis Sigma Puerta Delantera Lh 159

Resultado de cálculo de medición Seis Sigma Puerta Delantera RH 160

Resultado de cálculo de medición Seis Sigma Puerta Posterior RH 161

Anexo H 162

Hoja de instrucciones de tarea 162

Anexo I (Planos) 163

Índice De Tablas

Contenido **pag.**

Tabla 1. *Cronograma de Medición de los Distintos Modelos*.....31

Tabla 2. *Capacidad de procesos en diferentes países*.....59

Tabla 3. *Evaluación desempeños de equipos*.....61

Tabla 4. *Equipo Multidisciplinario de Trabajo* 70

Tabla 5. *Muestras Auditadas en 1 punto.*.....78

Tabla 6. *Desempeño del seis sigma desde 2017 al 2018.* 81

Tabla 7 *Análisis de Tiempos en Auditorias*.....82

Tabla 8. *Análisis de la Capacidad de Proceso.* 85

Tabla 9. *Factor de diseño, para la aplicación en materiales dúctiles.*.....89

Tabla 10. *Encuesta acerca de las especificaciones de diseño del producto.* 93

Tabla 11. *Selección del Material y elementos*.....97

Tabla 12. *Distribución de puntos en los cuatro paneles.*.....114

Tabla 13. *Muestras de holguras de la puerta posterior Izquierda* 116

Tabla 14. *Descripción del plan de Control.*.....118

Tabla 15 *Desperdicio Tiempo anterior.*.....124

Tabla 16 *Comparación del proceso anterior y del actual* 125

Tabla 17 *Optimización de resultados del Dispositivo de Comprobación.*.....139

Tabla 18. *Tabla de constantes para gráficos de control*.....152

Índice De Figuras

Contenido **pag.**

Figura 1. Top defectos semestral 2018. 19

Figura 2. Historia de la Sala de Medición. 27

Figura 3. Medición de Panel con Galgas. 28

Figura 4. Sensor Laser Gauge (sensor laser de holguras). 29

Figura 5. Métricas Dimensionales. 30

Figura 6. Ciclo PHVA de la Sala de Medición. 31

Figura 7. Ubicación de puntos en el plano x, y, z. 32

Figura 8. La CMM (Máquina de Medición por Coordenadas). 33

Figura 9. Reporte CMM A- Rate camioneta Rt50. 33

Figura 10. Informe Dimensional compartimento motor. 34

Figura 11. Reporte 6 Sigma Cabina Doble RT_50 CD. 34

Figura 12. Barra de dispersión. 43

*Figura 13.*Muestra 2. 43

Figura 14. Muestra 3. 43

Figura 15. Niveles del Seis Sigma. 44

Figura 16. Gestión de proyectos DMAIC. 49

Figura 17. Capacidad de Procesos. 54

Figura 18. Tipos de procesos CP. 56

Figura 19. Índice de Capacidad Cpk. 57

Figura 20. Centramiento del Proceso. 57

Figura 21. Aceptaciones del proceso. 58

Figura 22. Variaciones Normales del Proceso. 62

Figura 23. Variaciones Anormales del Proceso. 62

Figura 24. Términos Estadísticos. 64

Figura 25. Variabilidad de un proceso. 65

Figura 26. Amplitud del proceso. 65

Figura 27. Dispositivos de comprobación de paneles. 66

Figura 28. Proceso de desarrollo. 67

Figura 29. Tiempos que se toma resolver problemas complejos. 68

Figura 30. Diagrama de Pareto para identificación de oportunidades. 69

Figura 31. Inicio del proceso de medición puertas del Chevrolet Sail S3. 72

Figura 32. Ciclo PHVA Dispositivo de Comprobación. 73

Figura 33. Distribución de variables auditables de cada panel. 74

Figura 34. Variables para medir por panel. 75

Figura 35. Diagrama de proceso para la medición de los paneles.....75

Figura 36. Toma de datos con el Laser Gauge. 76

Figura 37. Holgura auditada en el punto 1LH de la puerta posterior Izquierda. 77

Figura 38. Variación de la capacidad de proceso de la holgura en el punto 1LH. 79

Figura 39. Gráfico de capacidad de proceso del punto auditado 1LH. 79

Figura 40. Calculo del nivel sigma del proceso. 80

Figura 41. Problemas encontrados en diferentes áreas.....80

Figura 42. Proceso de Diseño, simulación y fabricación. 87

Figura 43. diagrama de procesos actual para realizar la medición. 88

Figura 44. Análisis de tensiones 90

Figura 45. Análisis de Desplazamiento 90

Figura 46. Análisis de Factor de Seguridad.....91

Figura 47. Dispositivos de comprobación puerta posterior derecha 94

Figura 48. Esquema del Dispositivo de Comprobación Posterior Derecho. 96

Figura 49. Puntos de Referencia para las Torres de Posicionamiento Panel Posterior. 98

Figura 50. Torres de fijación e imán de sujeción del dispositivo de comprobación. 99

Figura 51. Panel de Asentamiento de las Torres Posterior Rh. 100

Figura 52. Bases de Asentamiento Torres Posterior Rh. 100

Figura 53. Estructura del Dispositivo de Comprobación 101

Figura 54. Plancha de Asentamiento de Torres y bases de torres. 102

Figura 55. Torres de la Base.....103

Figura 56. Torres de Posición de los Orificios de Las Bisagras.....104

Figura 57. Rodachin industrial. 104

Figura 58. Puertas CAD Chevrolet Sail S3. 105

Figura 59. Cortadora de Sierra Orbital con enfriamiento de refrigerante. 105

Figura 60. Taladro de Banco / de Columna eléctrica Top Tech.....106

Figura 61. Torno Paralelo.....106

Figura 62. Fresadora Tipo Torreta.....107

Figura 63. Soldando los Diferentes Componentes. 107

Figura 64. Dispositivo de Comprobación Pintado. 108

Figura 65. Proceso de calibración y verificación de los orificios de las bisagras. 109

Figura 66. Medición anterior de los paneles del Chevrolet Sail S3. 110

Figura 67. Nivel sigma del proceso anterior 111

Figura 68. Resultados de la Capacidad de Proceso actual con el dispositivo de comprobación.....112

Figura 69. Informe de la capacidad de proceso seis sigma de puerta izquierda.....113

Figura 70. Colocación de Lainas en las bases de aluminio para la calibración del dispoitivo.....114

Figura 71. Calculo del nivel seis sigma del dispositivo de control. 117

Figura 72. Tarjeta de informe del análisis de capacidad. 119

Figura 73. Informe de desempeño del proceso.....120

Figura 74. Informe de diagnostico del análisis.....121

Figura 75. Informe de resumen general.....121

Figura 76. Puntos evaluados con la metodología anterior.....123

Figura 77. Puntos evaluados con la nueva metodología.....124

Figura 78. Capacidad de proceso del primer punto auditado. 126

Figura 79 . Capacidad de proceso método anterior. 127

Figura 80. Análisis del seis sigma del proceso anterior. 127

Figura 81. Informe del proceso actual del seis sigma.....128

Figura 82. Informe de diagnostico.....130

Figura 83. Análisis de 25 muestras de la puerta delantera Izquierda. 131

Figura 84. Informe de diagnóstico puerta delantera derecha.....132

Figura 85. Informe de resumen puerta delantera izquierda. 133

Figura 86. Informe de diagnóstico puerta delantera derecha.....134

Figura 87. Informe de resumen puerta delantera derecha. 135

Figura 88. Informe de diagnóstico Puerta Posterior Derecha.....136

Figura 89. Informe de Resumen Puerta Posterior Derecha. 137

Índice De Formulas

Contenido **pag.**

Ecuación 1. Capacidad de Proceso. 55

Ecuación 2 . Centramiento del proceso.....56

Ecuación 3. Capacidad de proceso a largo plazo. 60

Ecuación 4. Índice de desempeño real del proceso.....60

Ecuación 5. Desviación Estándar.....61

Ecuación 6. Métrica de Capacidad Cg. 63

Ecuación 7. Métrica de Capacidad Cgk. 63

Resumen

A través de este presente trabajo se buscará la optimizar los resultados en la medición en la sala medición por medio de un dispositivo de comprobación para las puertas del Chevrolet Sail S3, que garantice que no exista mucha variabilidad en el proceso, mejorar el tiempo en el proceso de recolectar las muestras y encontrar la causa raíz de cualquier problema que se presente en la planta. Se parte en entender el actual proceso de medición que se realiza en la Sala Dimensional, el tiempo que se demora y la muestra que se está recopilando, una vez entendido el proceso actual se procede a optimizar los resultados por medio de la aplicación de la metodología DMAIC que consiste en la ejecución constante del proyecto siguiendo las cinco etapas de su desarrollo.

Cada una de estas fases deben conectarse de manera lógica entre sí y utilizan herramientas para dar respuestas a preguntas específicas que dirige la mejora continua. Este presente trabajo de investigación se enfocar en optimizar los resultados de medición, para realizarlo se necesita implementar un dispositivo de comprobación el cual es una herramienta de inspección que sirve para medir partes de formas complicadas la cual se diseñara, construirá e implementara en la planta de General Motors Ecuador. Con la ayuda del análisis estadístico arrojará resultados mediante los cuales se verificará la variabilidad del panel auditado, ver en qué estado llega los paneles de China, una ver comparado los resultados anteriores con los actuales se logrará optimizar los procesos, tiempo y desempeño de los diferentes departamentos.

Abstract

Through this present work seek the optimum results when measuring in the room measured by a test device for doors of Chevrolet Sail S3, which ensures that there is much variability in the process, improve the time in the process of collecting the samples and found the root cause of any problems that arise on the ground. It starts to understand the current process of measurement is performed on the Dimensional Sala, the time delay and the sample being collected, once understood the current process proceeds to optimize results through the application of the methodology DMAIC consisting of the constant implementation of the project following the five stages of development.

Each of these phases should logically connected to each other and use tools to provide answers to specific questions directed continuous improvement. This present research is focused on optimizing the measurement results, to realize it needed to implement a testing device which is an inspection tool used to measure parts of complicated shapes which will design, build and implement the plant General Motors Ecuador. With the help of statistical analysis throw results by which the variability of the audited panel is checked, see what state the panels of China reached a view compared previous results with current is able to optimize processes, time and performance of different departments.

Introducción

Planteamiento del Problema

Actualmente se tiene problemas de cuadratura (Holgura y Enrases) afectando el indicador de calidad GCA (Auditoria Global del Cliente) con 8.5 WDPV (Discrepancia Ponderada por Vehículo auditado), en la figura 13 se detalla el defecto más alto en el mes de mayo que es holgura entre marcos de las puertas lado derecho.

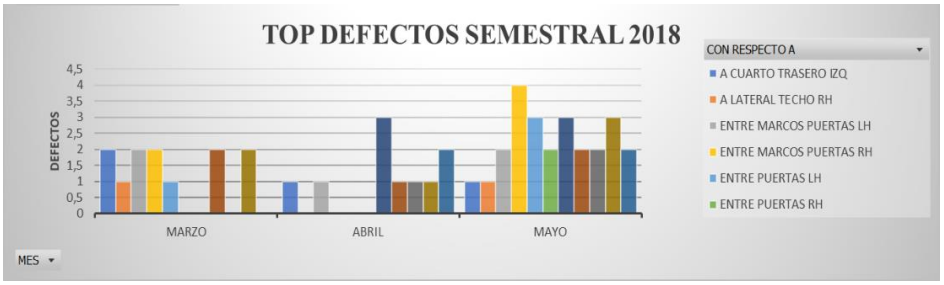


Figura 1. Top defectos semestral 2018.

Se mide los paneles en la CMM, este procedimiento demora 60 minutos por panel y el requerimiento es medir lotes completos de 48 unidades en puertas delanteras y puerta posteriores, dando un total de 192 paneles que es muy extenso medir y el tiempo total en que se demora es de 11520 minutos, se ve la necesidad de utilizar otro método el cual permita medir los paneles en menor tiempo, para poder saber cómo está llegando los paneles de la fuente.

Por los motivos mencionados se propone una matriz estandarizada de medición (*Checking Fixture*) de puertas la cual ayudara a revisar si los paneles están llegando desde la fuente a la planta en una sola condición. Identificando inmediatamente donde están las variaciones o desviaciones en la parte, se optimizará el tiempo en medir las partes y a localizar el origen de los problemas que están afectando al indicador de GCA.

Otro de los inconvenientes es el conflicto entre áreas en hallar en que proceso se generó los problemas, al no identificar si es el proceso o la parte que está afectando a la holgura o enrase es la mala, se realiza reuniones las cuales son muy extensas y con lleva a el desperdicio del tiempo el cual es muy valioso en una planta manufacturera.

Con el presente proyecto de investigación se optimizará el control de los paneles estén ingresando a la planta en una sola condición, de esta manera poder realizar el reclamo a la fuente si los paneles tienen alguna variación o desviación, diseñando y construyendo una matriz estandarizada de medición la cual tiene por objetivo reducir el tiempo de validación de los paneles auditados, identificación de la causa raíz y de esta manera mejorar los indicadores de calidad.

Por lo tanto, en el presente proyecto se plantea realzando un análisis mediante metodología Seis Sigma, donde se puede evidenciar el resultado y el mecanismo de control a emplear en el proceso.

Este estudio se focaliza en la mejora del control dimensional de las puertas por lo que el problema científico del estudio seria:

¿Cómo diseñar una matriz estandarizada que no sea muy compleja y que se sea fácil de utilizar?

De la que se puede derivar varias preguntas específicas para el desarrollo de esta matriz será:

1. ¿Con el diseño y fabricación de una matriz estandarizada de sujeción mediante un modelo 3D se logrará optimizar el recurso de muchas áreas?
2. ¿Con la mejora continua se logrará corregir el dimensional de los paneles?

3. ¿Mediante la asistencia de programas de diseño se podrá diseñar y construcción de una matriz estandarizada óptima?
4. ¿Con la matriz estandarizada se podrá optimizar el tiempo en la búsqueda de la causa raíz del problema?
5. ¿Una vez implementada la matriz estandarizada de medición se tendrá un control de calidad más robusto?
6. Con la optimización de este proyecto se logrará bajar el costo de retrabajos, correcciones, ¿horas extras y demora de reclamos hacia la fuente?

Justificación

General Motors es una ensambladora automotriz ecuatoriana, según Chevrolet (2015) los inicios fueron en 1987, desde ese entonces abarcan un porcentaje mayoritario de todo el sector automotriz del Ecuador, generando empleo a mucha gente y cuidando el medio ambiente tiene la finalidad de ensamblar con calidad y pasión los mejores vehículos del mundo

Se encuentra ubicada en la ciudad de Quito en el sector de Carcelén Alto, en la Av. Galo Plaza Lasso OE1-34 y Enrique Portilla, En 1987. En la actualidad la compañía posee un departamento de calidad y confiabilidad, encargados de controlar de manera minuciosa todos los requerimientos que se requiere en el ensamble de los automotores, de esta manera se está adoptando la política general que tiene General Motors la cual expresa "La calidad a la primera vez", con esta frase conlleva a que tanto clientes internos como externos den sus productos a tiempo, cero errores y una alta calidad del producto y así volviéndose eficiente en sus áreas para generar productos excelentes a nivel mundial.

En 1996, Jack Smith desafío a la organización de manufactura diciendo "todas las plantas de General Motors son parte de la misma compañía y deben operar con el mismo sistema, con elementos comunes". Después del pronunciamiento, todas las regiones trabajaron incansablemente en la implementación del Sistema Global de Manufactura (GMS), que es un sistema simple, preciso y competitivo para administrar la manufactura, consiste en principios basados en la calidad, usa los mejores procesos, prácticas y tecnología para soportar los propósitos de la compañía (Rueda, y otros, 2016, pág. 16)

Existen cinco principios que soportan los objetivos de manufactura:

- Involucramiento de la gente.

- Estandarización.
- Hecho con calidad.
- Tiempos cortos de respuesta.
- Mejoramiento continuo.

Estos principios son los que orientan las actividades para cumplir los objetivos, cada principio tiene 29 elementos y 93 requerimientos.

Se parte del principio de Hecho con calidad en el cual las expectativas son cubiertas en cada procedimiento para asegurar que los defectos no pasen al proceso siguiente, el control de dimensional parte del elemento, Control y verificación del proceso.

Jaramillo V (2006) comento, “Este elemento es el sistema de calidad en la estación de trabajo a través de prevención, detección, contención” (pág. 22). El propósito es de excluir los desperdicios en correcciones.

En la sala de medición de General Motors Ecuador, estudia la capacidad del proceso dimensional en la planta de Suelda, soporta la solución de problemas de GM-OBB del Ecuador, proveedores y proyectos por medio de un análisis de datos, el auditor es el responsable de medir interpretar y retroalimentar las diversas anomalías encontradas en el resultado de la medición, para reducir posibles problemas en suelda y ensamble.

La máquina de medición por coordenadas se encarga de realizar los procedimientos antes mencionados, por lo que un solo auditor no es capaz de cumplir con los objetivos planteados y por lo que se implementa un dispositivo estandarizado de medición (Checking Fixture).

La aportación realizada a la compañía es la ejecución de una matriz estandarizada la cual tiene la finalidad de controlar dimensionalmente las puertas utilizando el método DMAIC del Seis Sigma el cual indica que hay QUÉ hacer y el CÓMO lo se lo hace, es decir que se realiza una planificación y después el cómo se lo va a hacer por lo que se necesita herramientas y métodos claros, para poder alcanzar una mejora en el proceso de medición.

La elaboración de esta matriz será operable ya que ayudara de manera rápida encontrar la causa raíz de los problemas encontrados en los paneles, siendo una matriz no existente en la planta de General Motors del Ecuador, se implementara como una mejora en los resultados de la medición ya que ayudara al auditor a realizar su toma de muestras de los puntos críticos, además se podrá optimizar si la fuente está enviando las puertas con las especificaciones requeridas de medición o si es problema de las diferentes áreas (Matricería, Procesos, Calidad, Ensamble, CKD, Suelda, Proveedores), se mejora encontrando la causa raíz y que no afecte a los indicadores de calidad de la planta.

El desarrollo del presente proyecto motiva al diseño y creación de diferentes dispositivos de comprobación los cuales se pueden fabricar en la propia empresa, ahorrándose la mano de obra y promoviendo a la innovación.

Adicional por el diseño de construcción se lo realizara con un sistema CAD (Diseño asistida por computador), con el método DMAIC es un proceso cerrado el cual elimina pasos improductivos y la validación de los resultados promoverá un método de consulta para la realización de otros dispositivos de comprobación. Por lo tanto, se muestra un gran beneficio para la empresa, mejorando métodos de medición, ahorro de desperdicios y mejorando el análisis de la causa raíz más eficiente.

Para la preparación de este proyecto se toma encuentra la mejora continua mediante la cual se pretende solucionar la problemática existente en este momento en la sala de medición, adicionalmente se plantea el desarrollo del diseño con elementos y materiales existentes en la compañía.

Analizando los resultados obtenidos en los programas de diseño se llega a la realización del proyecto y obtener los resultados para garantizar que sea factible su construcción. Con respecto a los precios de los componentes se analiza que es factible, ya que se utilizara materiales existentes en la compañía, una de los limitantes será si con este dispositivo de medición se optimizara los resultados de las mediciones para que disminuya los indicadores de calidad.

Con lo que conlleva a generar una hipótesis general la cual sería: Con la implementación de la matriz estandarizada de medición se lograra mejorar los indicadores de calidad.

El objetivo principal es realizar una optimización de resultados del proceso de medición de las puertas del Chevrolet Sail S3 en la empresa General Motors del Ecuador, enfocada en la instauración de la filosofía de calidad seis sigma, a través de la implementación de la metodología DMAIC en el proceso de medición de puertas, con el fin de mejorar la variabilidad, disminuir el costo, tiempo y optimizar la calidad deficiente en el proceso.

Entre los objetivos específicos se tiene:

- Definir los problemas que ocasionan en la demora de medir los paneles e identificar la causa raíz de los defectos reflejados en la sala de medición.
- Medir el impacto del proceso y analizar los problemas encontrados en el área de cuadratura e indicadores de calidad.

- Identificar cual es la causa raíz en la demora al realizar el proceso de medición.
- Analizar posibles cambios que puedan mejorar el proceso de solución de problemas al momento de asignar responsables de los defectos encontrados.
- Realizar propuestas de valor que detallen mejoras obtenidas a partir de la realización del dispositivo de comprobación.
- Realizado el dispositivo de comprobación validar su efectividad al momento de colectar datos para ver si mejora los datos en la medición.
- Reducir la variabilidad para mejorar el desempeño en el área de calidad.

Antecedentes

En General Motors Ecuador en el 2006 se implementó la Sala de Control Dimensional, la cual inspecciona la variación y la desviación de lo ensamblado en el proceso de suelda, dando soporte a la mejora continua.

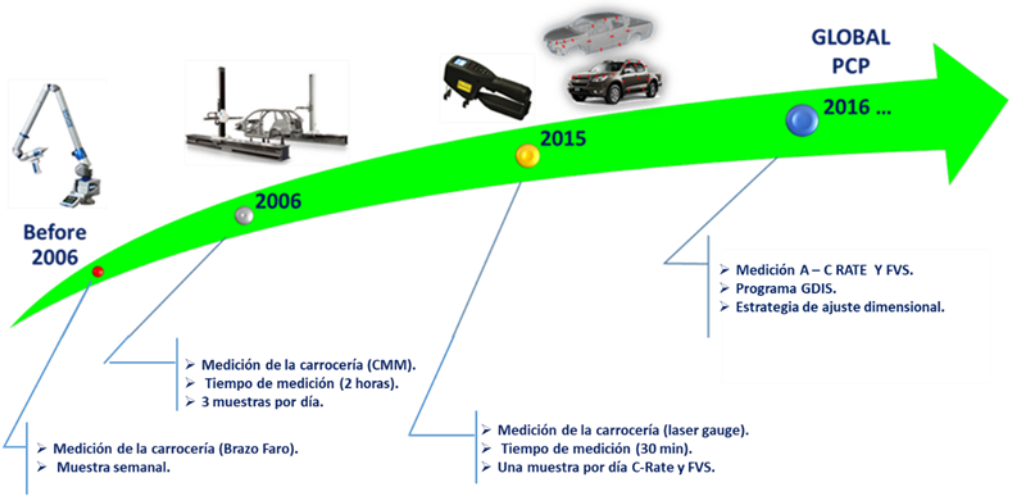


Figura 2. Historia de la Sala de Medición.
Fuente: (General Motors Corporation, 2000).

En la figura 2 se puede observar el inicio de la gestión del proceso dimensional, entre los años 2000 hasta el 2005 se efectuaba la medición dimensional por medio de un brazo faro, el cual se demoraba en realizar los controles aproximadamente 1 semana, siendo un procedimiento muy extenso no se lograba obtener los datos dimensionales, a principios del 2006 la compañía adquiere la CMM (Máquina de Medición por Coordenadas).

> La CMM es una máquina de medición de coordenadas que emplea tres componentes móviles que se trasladan a lo largo de guías con recorridos ortogonales. Un operador guía, un palpador alrededor de la pieza para realizar mediciones (x,y,z) del tipo: dimensional, posicional, desviaciones geométricas y mediciones de contorno. Los tipos más comunes para las CMM son: Cantiléver, Puente, *Gantry*, Brazo Horizontal, Portal, Puente fijo y Brazo articulado (Mesa Palacio, 2011, págs. 11-25).

Con la CMM se puede utilizar para la inspección de los procesos de soldadura, subensambles, carrocerías y partes en general. El tiempo de medición con esta máquina es de 2 horas en una carrocería y la obtención de los datos es inmediata, logrando medir 3 muestras diarias.

Entre los años 2006 al 2015 se ve la necesidad de implementar un nuevo equipo, el cual ayude a controlar la ubicación de los paneles en la carrocería, este tipo de proceso se lo realizaba anteriormente con galgas, en la figura 3 se observa el procedimiento de medición con galgas.

Figura 3. Medición de Panel con Galgas.

La medición se realiza a las cuatro puertas y el tiempo que se demoraba es de 90 minutos, en vista que el procedimiento era muy largo se implementó un nuevo equipo más sofisticado *Laser Gauge* (medidor de laser), en la figura 4 se aprecia el medidor electrónico de holgura y enrase el cual se demora en medir un panel en treinta minutos, realizando una muestra diaria por modelo.

Figura 4. Sensor Laser Gauge (sensor laser de holguras).
Fuente: (Blaak & Juttner, 2003).

Posterior a esto en el año 2016 se implementa los *PCP* dimensionales (Plan de Control de Procesos Dimensional Global). Es un sistema que planifica e implementa controles a los procesos en operaciones de manufactura, es una guía que indica los pasos a seguir en cada proceso, producto, especificación, muestra, frecuencia, método y plan de reacción.

Para poder entender la metodología que se venia realizando las mediciones se debe entender el control dimensional que se maneja y el proceso de medición anterior.

Control Dimensional

Desde el 2007, Según la organización Global de manufactura del área de suelda, ha desarrollado un proceso estándar para reportar varias métricas dimensionales denominadas métricas A, B, C, FVS. Las métricas A, B, C, FVS (Cuadratura vehículo terminado), proporcionan una información general del estado de los ensambles producidos en el área de suelda (General Motors Corporation, 2000).

***A – Rate*: es** igual al porcentaje de características dentro de sus tolerancias. Carrocería y Subconjuntos (esta evaluación es realizada utilizando la CMM).

***B - Rate*:** Es igual al porcentaje de las características dentro de tolerancias. Puertas, capo (esta evaluación es realizada utilizando la CMM).

***C – Rate*:** Es igual al porcentaje de las características Holguras y Enrases dentro de sus tolerancias. Carrocería con Paneles ante de llegar al *Shop* de Pintura, esta evaluación se utiliza el *Laser Gauge.*

FVS: Es igual al porcentaje de características Holguras y Enrases dentro de tolerancias, en el Producto final. (Estas evaluaciones realizadas después del *estatus* 80 con el *Laser Gauge*)

***(95% @ 6 Sigma*):** Representa el nivel de variación del Proceso, de las características medidas (coordenadas, holguras, enrases).

En la figura 5 se observa la estructura de las métricas dimensionales.

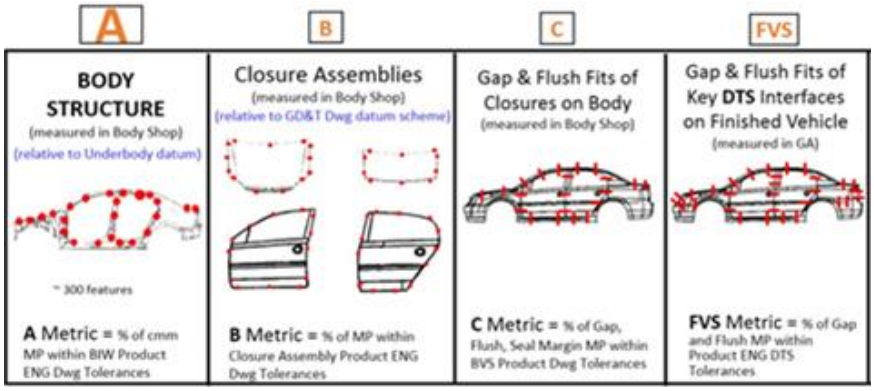


Figura 5. Métricas Dimensionales.
Fuente: (General Motors Corporation, 2000).

Los resultados se representan en Porcentaje %_indicando la cantidad de características (coordenadas, holgura y enrases) dentro de las especificaciones del producto.

Para cumplir con las métricas establecidas por la corporación es necesario trabajar mediante la utilización del ciclo PHVA. (Planear, Hacer, Verificar, Actuar).

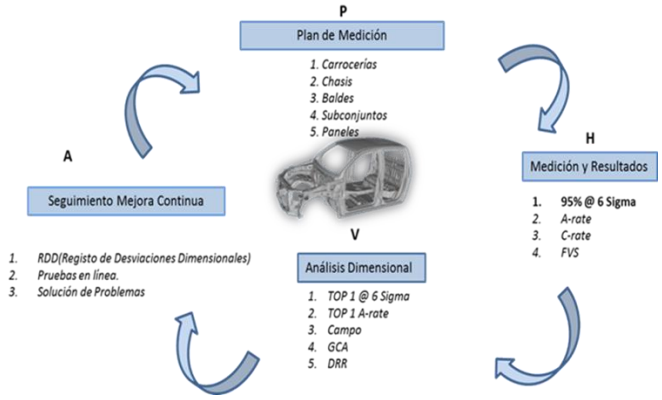


Figura 6. Ciclo PHVA de la Sala de Medición.

Plan de Medición (Planear – Hacer)

Se realiza un plan de medición mensual, que incluye carrocerías de todas las plataformas producidas en General Motors Ecuador, baldes y chasis producidas en la planta de METALTRONIC, en base a la secuencia y volumen de producción.

Tabla 1
Cronograma de Medición de los Distintos Modelos

Modelo	**# Prog**	**Número De Coordenadas**	
AVEO	3	623	Promedio de medición
SAIL	3	735	(aprox): 645 coordenadas
SZ J-III	3	767	/ 2 horas.
RT-50	3	739	
BALDES RT-50	2	372	Promedio de medición (aprox): 350 coordenadas / 1 horas.
CHASIS RT-50 TODAS LAS VERSIONES	4	238	Promedio si medición (aprox): 215 coordenadas / 45 min.
TOTAL	18 mensuales		

Nota: Se muestra el cronograma que se da como requerimiento a evaluar mensualmente el desempeño de medición de los diferentes modelos auditables.

Proceso De Medición

Para la medición de las carrocerías, subconjuntos, chasis, baldes y partes en general se tiene dos procedimientos: Alineación interactiva y Proceso de medición.

Alineación Interactiva:

Este paso es necesario para poder ubicar la parte a ser medida utilizando el concepto 3,2,1. Que significa 3 en el plano, 2 para bloquear y 1 que será el punto de origen.

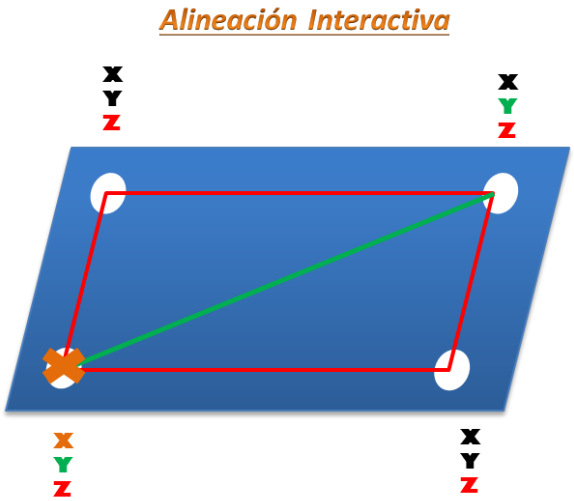


Figura 7. Ubicación de puntos en el plano x, y, z.
Fuente: (General Motors Corporation, 2000).

Medición

En este proceso de medición los brazos automáticamente se dirigirán a la coordenada que fue programada de acuerdo con las especificaciones del fabricante 3D. En la figura 8 la CMM procederá a medir todos los puntos programados para luego comparar con las especificaciones y sacar el resultado final de que puntos se encuentran con desviaciones.

Figura 8. La CMM (Máquina de Medición por Coordenadas).

Procesamiento de Datos (Verificar)

Obtenido los datos de la CMM (Máquina de Medición por Coordenadas), se procesará los datos en la base de control que diariamente se hace los reportes.

***A-Rate*:** En la figura 9 se muestra el desempeño en porcentaje de las coordenadas que están dentro de sus tolerancias, el desempeño por sección de la carrocería.

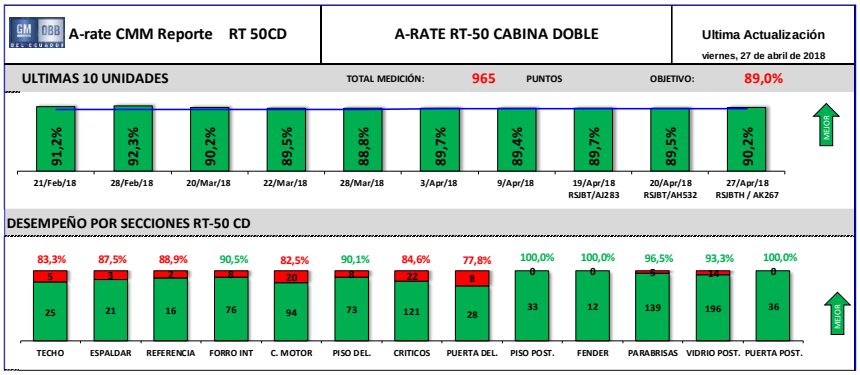


Figura 9. Reporte CMM A- Rate camioneta Rt50.

Para el centramiento se usa el *A-Rate* que es el porcentaje de coordenadas dentro de especificaciones. Es decir, este indicador muestra el desempeño dimensional de la estructura total de la carrocería, versus las nominales matemáticas propuestas por la fuente.

En la figura 10 se observa el reporte de uno de los puntos medidos del reporte del compartimento motor de una camioneta Dmax, en el punto C-16 se observa los nombres de

las coordenadas, ultima medición, rango de especificación, la media, el porcentaje del *A-Rate* y el seis sigma.

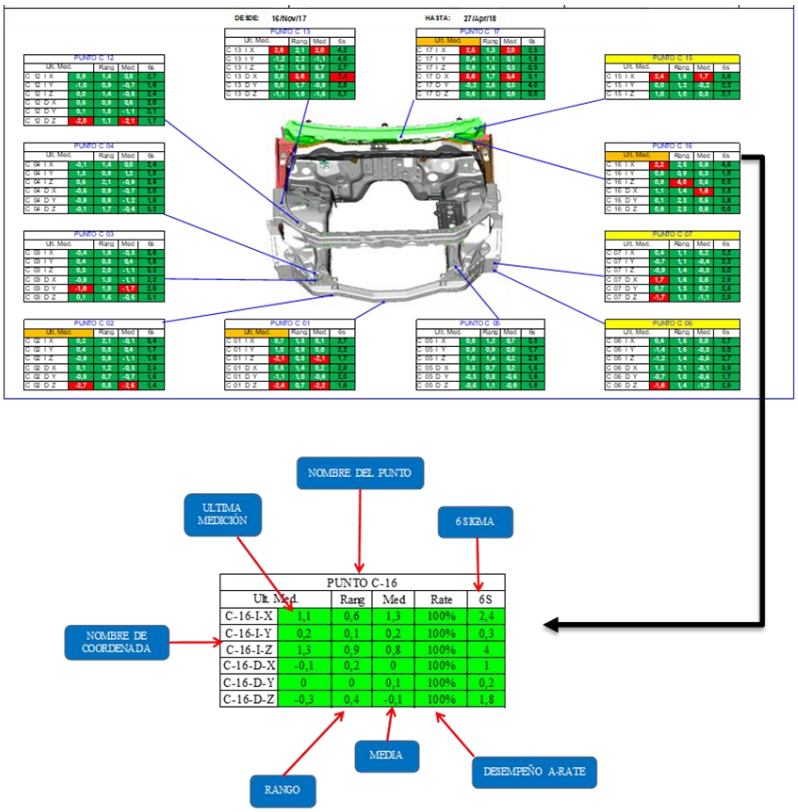


Figura 10. Informe Dimensional compartimento motor.

En la figura 11 se encuentra el reporte del **seis Sigma**, el cual muestra el nivel de estabilidad que tiene cada punto medido, mientras más bajo es mejor tomando en cuenta el objetivo que da la corporación.

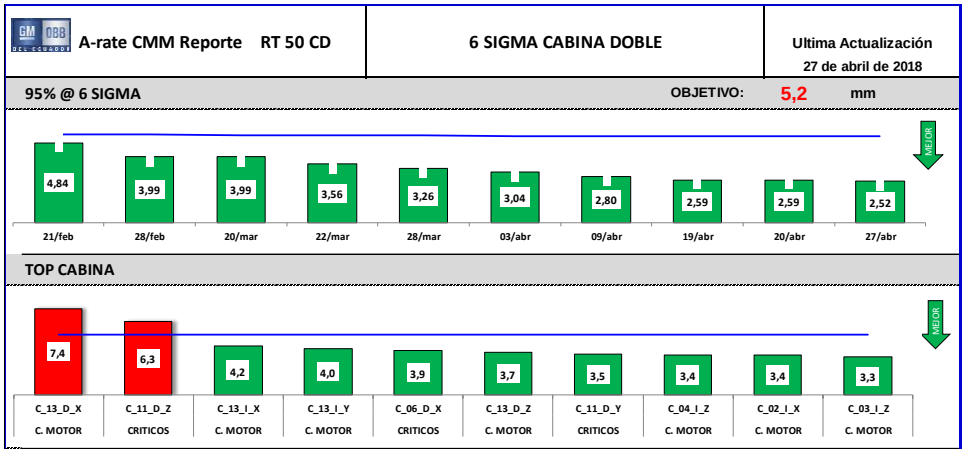


Figura 11. Reporte 6 Sigma Cabina Doble RT_50 CD.

Actuar (Mejora Continua)

En la mejora continua se enfoca en el objetivo superior del nivel seis sigma (variación) y A-Rate (desviación). Para lo cual se tiene el RDD (registro de desviaciones Dimensionales) y Seguimiento a los problemas levantados por los indicadores de calidad.

Estado Del Arte

En la actualidad toda empresa busca reducir costos y ganar competitividad, por eso todos los días se busca ser innovador y mejores en el mercado, en la Corporación de *General Motors* Ecuador a nivel mundial específicamente en Sudamérica claramente se está reorganizando la estructura regional debido a mejorar las eficiencias, reducir las burocracias y agilitar la toma de decisiones, la finalidad de estos cambios es tener una empresa centrada en el cliente, entregando los mejores productos y servicios (Rivadeneira, 2017).

Hernàndez y Vizàn (2013) nos dicen:

> Los origenes de las tecnicas de organización de la produccion inician en el siglo XX en el cual *F.W. Taylor y Henry Ford* modifican y formalizan los conceptos de fabricación en serie, los cuales fueron iniciados en el año XIX. Taylor establece la primera base en la organización de la producción la cual aplica métodos científicos a los procesos, luego Henry Ford implantó la primera fabricación de vehículos en la cual hizo la normalización de los productos, utilización de maquinaria y equipo para tareas básicas, simplificando y haciendo más fácil las tareas enmendadas, unificar procesos, en estas dos técnicas tanto como *Taylor y Ford* son técnicas y acciones mediante las cuales buscan una nueva forma de organización ya que en tiempos anteriores era difícil porque existía producción rígida de cantidades grandes del producto (pág. 20).

Yepes y Eugenio (2005) señala sobre la metodología seis sigma se minimiza las fallas, se tiene cuidado con los costos que implica la calidad para poder entregar un producto en excelentes condiciones al cliente interno como externo.

Deacuerdo con Aguirre Mayorga (2007) señala que para mejorar los procesos se debe tener una metodologia buena ya que logra que las empresas cumplan con sus metas mediante sus sacrificios y recursos para lograr se cumpla los objetivos planteados.

Aguirre Mayorga (2007) afirma que para mejorar y remodelación de un proceso es lo primordial dar soluciones fiables, la competencia de las personas son los que establecen los pasos para realizar los procesos viables, mediante esta metodología se está fortaleciendo sus habilidades y mejorando el gasto para obtener un proceso controlable que cumpla todas las expectativas de cualquier proyecto.

La disolución de estas técnicas se da origen en Japón, donde inicia el pensamiento *Lean Manufacturing* (Producción Ajustada), la cual tiene como misión eliminar los desperdicios mediante las técnicas y herramientas.

Los cimientos de *Lean Manufacturing* según Rajadell y Sánchez (2010) dice sobre "La filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios" (pág. 21).

Lean Manufacturing (Producción Ajustada)

Según Rajadell y Sánchez (2010) el concepto de Manufactura esbelta dice que:

> Lean es un conjunto de **Herramientas** que ayudan a la identificación y eliminación o combinación de desperdicios (muda), a la mejora en la calidad y a la reducción del tiempo y del costo de producción. Algunas de estas herramientas son la mejora continua (*kaizen*), métodos de solución de problemas como 5 porqués y son sistemas a prueba de errores (*poka yokes*). En un segundo enfoque, se considera el "flujo de Producción" (mura) a través del sistema y no hacia la reducción de desperdicios.

> Algunas técnicas para mejorar el flujo son la producción nivelada (reducción de muri), *kanban* o la tabla de *heijunka* (pág. 86).

Gonzalez (2007) señala sobre Lean o Esbelto se inicia en 1990 en Boston, se basa en la eliminación del desperdicio mediante este pensamiento se logra obtener reducir los costos y reducir los defectos o fallas.

SHINGO (1990) detalla las mejores fabricas señala que:

> Las ventajas de manufactura del mejor fabricante en su clase fueron destacadas (Toyota), y se denominó como "*Lean Manufacturing*" al grupo de métodos que había utilizado desde la década de los sesenta con la participación de *Taiichi Onho y Shigeo Shingo*, con el objetivo de minimizar el uso de recursos a través de la empresa para lograr la satisfacción al cliente, reflejando entregas oportunas de la variedad de productos solicitada y con tendencia a cero defectos (pág. 15).

Debido al crecimiento actual de la economía, los clientes cada vez son más estrictos al momento de adquirir cualquier producto por lo que se exige a las compañías ser más flexibles, proporcionar los productos y servicios a la nueva realidad tecnológica, con nuevas formas de distribución enfocada en tres aspectos primordiales de la productividad que es:

- Calidad
- Rapidez De Respuesta
- Coste

Esto se refiere a que el producto o servicio y las propiedades deben ajustarse a la necesidad del cliente que lo solicite, con la finalidad de controlar el despilfarro.

Las grandes empresas pueden extender su capacidad teniendo en cuenta es dos semblantes básicos que son la innovación y la mejora continua.

De acuerdo con SHINGO (1990) afirma lo siguiente:

> La innovación se refiere no solamente al cambio tecnológico, sino que en su extensión se incluyen, también, la innovación social y las generadas en los métodos de gestión empresarial. En relación con los productos, la innovación consiste en fabricar y comercializar nuevos productos o en la mejora de productos ya existentes; en cambio, la innovación de procesos se refiere a la instalación de nuevos procesos de producción que, en términos generales, tienen efectos favorables sobre la productividad. (pág. 42).

De acuerdo con Gallego (2005) comentan que:

> La mejora continua es una de las herramientas básicas para aumentar la competitividad en las organizaciones. Esta filosofía de mejora, que se basa en la participación de todos los miembros de la organización se están infiltrando cada vez más en las empresas que buscan establecer sistemas que permitan, faciliten o consigan aprovechar al máximo el potencial que poseen las personas (pág. 15).

Garcia y Prado (2003) señala sobre algunas partes importantes que se debe de tomar en cuenta para poder ser competitivo en la economia y parte de este reto es saber escuchar a clientes internos como externos que permita reducir los costos, mano de obra, para que se permita mayor facilidad en ingresar estandares de calidad y cumplir las espectativas planteadas.

En el entorno actual las empresas se encuentran bajo una gran presión que les exige convertirse en organizaciones más eficientes y obtener más con los mismos recursos o incluso con menos recursos, se busca cada vez la necesidad de reducir costos operativos sin

comprometer la calidad final del producto ya que la satisfacción del cliente sigue siendo un factor clave del éxito.

Gutiérrez y Vara (2009) señala que los procesos productivos sean competitivos se debe optimizar la calidad ya que no se puede entregar productos no conformes a los clientes. El seis sigma tiene como objetivo la mejora continua de los procesos a realizar y se basa localizar y excluir el origen de los errores que conlleva a los defectos y la demora de la entrega del producto. El seis sigma tiene dos principales métodos sistemáticas y cuantitativas que van a utilizar a la estadística para poder mejorar los resultados planteados como clientes satisfechos, optimización del tiempo y eliminar los defectos que se presenten.

García y Quispe (2003) ratifican que se utiliza el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar, actuar) en un sistema de calidad optimo y los cuales se desarrolla en cada uno de los procesos, teniendo los objetivos bien planteados.

En General Motor Ecuador se maneja este sistema de control de calidad, por su fácil uso en cada uno de los procesos, la idea fácil de entender este ciclo de mejora continua es partir de un punto A con el fin de llegar hacia el punto B, mediante este ciclo permite cumplir objetivos como:

- La planificación de una actividad, objetivos y metas.
- Hacer en forma estandarizada las actividades pertenecientes a la planificación.
- Verificar si se está consiguiendo la mejora en la actividad de acuerdo con lo planteado.
- Actuar y tomar acciones ya sea inmediata o planificando con fechas de cierre para la mejora, esto hace referencia a la solución de problemas.

García y Quispe (2003) señalan que el ciclo Deming PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) es una metodología de mejoramiento continuo remoto, mientras que Carneiro (2008) comenta que la metodología conocida como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), es un ciclo que no finaliza hasta ejecutar todas las fases.

La diferencia entre las dos metodologías es que el ciclo PHVA se inicia en la planificación y en su desarrollo mientras que la metodología DMAIC propone que hacer y cómo se los va a hacer.

Al decir que hay que planificar y hacer, es plantear el problema desde una perspectiva muy elevada, cuando un grupo de trabajo aborda un problema se necesita de herramientas y métodos ordenados y claros para poder alcanzar la mejora deseada. Fruto de estas tendencias de la mejora continua nace el modelo Seis Sigma enfocado de hacer más con menos, atreves de su orientación a la eliminación de desperdicios y la reducción sistemática de defectos de manera efectiva.

Para destacar la mejora de un proceso es pensar como romperlo para transformarlo en un nuevo proceso más eficiente.

Yepes y Pellicer (2005) señala:

> La historia de Seis Sigma se inicia a mediados de los años 80 en Motorola cuando un ingeniero *(Mikel Harry*) comienza a estudiar la reducción en la variación de los procesos para mejorarlos. Esta herramienta tenía una fuerte base estadística y pretendía alcanzar unos niveles de calidad en los procesos y en los productos de la organización próximos a los cero defectos. Constituye una metodología sistemática para reducir errores, concentrándose en la mejora de los procesos, el trabajo en equipo y con una gran implicación por parte de la dirección (pág. 3).

Yepes y Pellicer (2005) dice que desde el año 1990, el presidente de general electric *Jack Welch* comienza a maneja el seis sigma dandole buenos resultados debido a las herramientas utilizadas de mejora continua, desde ese entoces varias compañias vienen utilizando haciendo que se sean mas competitivas y lideres en el mercado mundial.

Pierdadnt y Rodríguez (2009) añade que su aplicación se basa en el uso de herramientas y métodos estadísticos para reducir la variabilidad de los procesos y conseguir resultados esperado.

Por otra parte, Benito (2000) comenta:

> El Seis Sigma (6σ) es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio. En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades. La estrategia (6σ) se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. Asimismo, tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos (pág. 421).

Lean Solutions (1999 - 2017) comenta que la metodología se basa en la reducción de la variabilidad, para conseguir la eliminación o disminución de los defectos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La finalidad del Seis Sigma es llegar a un máximo de *3,4 defectos por millón* de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto algún evento que contenga el producto y no logra satisfacer las necesidades del cliente. La Letra griega sigma (σ) que significa una unidad estadística de medición usada para definir la

desviación estándar de una población, esta mide la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos y se calcula con la desviación estándar (Lean Solutions, 1999 - 2017).

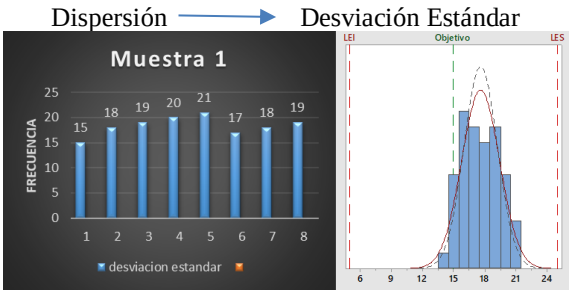


Figura 12. Barra de dispersión.
Fuente: (Lean Solutions, 1999 - 2017).

En la figura 12 se muestra la barra azul la cual tiene mayor dispersión de datos con un seis sigma (σ) = 4,06. Esto sé interpreta que a mayor dispersión mayor será su desviación estándar.

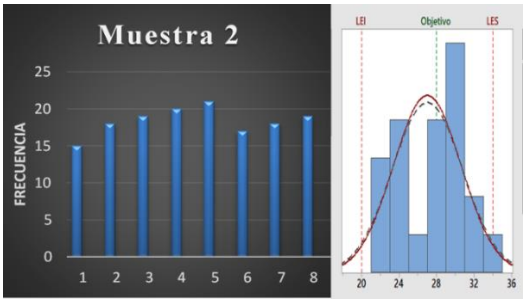


Figura 13.Muestra 2.
Fuente:(Lean Solutions, 1999 - 2017).

En la figura 13 se observa que tiene menos dispersión que la figura 13 es decir tiene una sigma de (σ) = 1,62. Se entiende si menor es la dispersión menor será la desviación estándar.

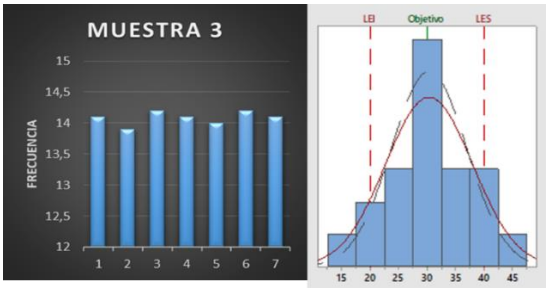
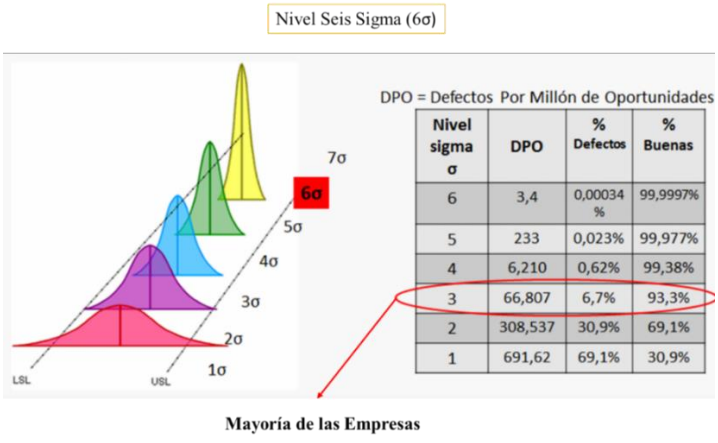


Figura 14. Muestra 3.
Fuente: (Lean Solutions, 1999 - 2017).

En la figura 14 tiene una dispersión aún menor que el de la figura 12 y 13, posee una sigma (σ) de 1,09, con lo que se demuestra que a mayor dispersión mayor será la desviación estándar. Entonces el nivel seis sigma es cuantas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso.

En las figuras 12, 13, 14 se tiene la campana de Gauss (línea color azul) estas líneas se vuelven más altas y menos anchas debido a que disminuye la dispersión.



Nivel sigma σ	DPO	% Defectos	% Buenas
6	3,4	0,00034 %	99,9997%
5	233	0,023%	99,977%
4	6,210	0,62%	99,38%
3	66,807	6,7%	93,3%
2	308,537	30,9%	69,1%
1	691,62	69,1%	30,9%

Figura 15. Niveles del Seis Sigma.
Fuente: (Lean Solutions, 1999 - 2017).

En la figura 15 en el nivel sigma 3 se encuentran la mayoría de las empresas, esto quiere decir que el porcentaje de defectos es de 6,7%, ciertamente el fin seria llegar al nivel 6 sigmas con 3,4 defectos por millón de oportunidades. El seis sigma es una filosofía que promueve la utilización de herramientas y métodos estadísticos de manera sistemática y organizada.

Benito (2000) hace enfasis que el Seis Sigma se basa en dos evoluciones primordiales, convertir un inconveniente practico en un estudio estadístico para tener como resultado una solución en base a tablas de comparación del antes y después de la mejora. Mediante la estadística estaría evolucionando a un proceso practico para el desarrollo inmediato.

Metodología Lean Seis Sigma

Noguera, y otros (2013) comenta que la idea clave para tener una metodología buena es aplicarla, sobre cualquier clase de proceso o servicio de cualquier fabrica, compañía, etc. Juntamente con las herramientas que posee eliminará los desperdicios y optimizará el tiempo de la eficiencia. Esta metodología es la combinación de dos métodos poderosos:

1. Lean reduce desperdicios mediante procesos sistemáticos, entendiendo como desperdicio a algo que no agregue valor al cliente final y al valor como cualquier acción o proceso por el cual el cliente está dispuesto a pagar.
2. Seis Sigma reduce defectos mediante la resolución de problemas de manera efectiva.

Con la unión de esta metodología se tiene un resultado mediante el cual aumenta la velocidad y la eficiencia de cualquier proceso.

Lean

El enfoque Lean facilita procesos lo que resulta el aumento de los ingresos y una satisfacción de los clientes. El proceso a través de Lean es rápido, eficiente, económico y una calidad satisfactoria.

El concepto de *Lean* según Sakakibara (1993) “es un enfoque integral para la fabricación continua mejora basada en la noción de eliminación de residuos en el proceso de fabricación” (págs. 177-94).

Seis Sigma

Es un método estadístico para mejorar procesos, es un método enfocado en reducir la variabilidad de un proceso, que lleva a disminuir los defectos de cada millón de productos

solo el 3,4 tiene defectos por eso se utilizan herramientas que permiten la caracterización de los procesos, el control estadístico y la variabilidad de los resultados.

El seis sigma hace referencia a la desviación típica de la variabilidad de procesos, que al reducirla se tendrá menos errores de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente.

Ventajas de utilizar el seis sigma

- Baja variación el proceso tiene menos defectos.
- Alta confiabilidad la entrega del producto o servicio está dentro de lo acordado.
- Reducción de costos elimina lis residuos del proceso, resuelve los problemas causados por los procesos, evita que recursos valiosos sean utilizados en reproceso.

Los beneficios al utilizar el seis sigma son:

- Mejor rendimiento / éxito económico,
- Mejora de la satisfacción del cliente.
- Desarrollo de productos mejorado.

Para mejorar la eficiencia Lean seis sigma se debe optimizar los esfuerzos de la compañía para tener productos que satisfagan al cliente, permite mejorar la retribución de recursos e ingresos para el crecimiento de la compañía y permite crear procesos eficientes por lo que la compañía puede ofrecer más y mejorar sus productos o servicios.

El Lean Seis Sigma desarrolla personal eficaz por medio de 3 aspectos básicos:

- Involucra al personal en el proceso de mejora continua

- La transparencia en toda la construcción junto con el aporte de cada una de las personas involucradas.
- Aumenta la eficacia del personal con la obtención de resultados.

Como lo expresa Spector (2006) “El pensamiento esbelto y Seis Sigma son dos de las técnicas más efectivas de mejoramiento disponibles hoy día, sin embargo, muchas empresas siguen luchando para aprovechar una o dos disciplinas para lograr los resultados deseados” (pág. 42).

Para un buen desarrollo del proceso de mejora continua se debe llevar de la mano con un sistema de indicadores para poder ir monitoreando el avance y el éxito de cualquier proyecto.

Los procesos de medición a los cuales se necesita mejorar son elegidos por las personas capacitadas las cuales cumplen con un nivel de jerarquía en la compañía. Los proyectos de Seis Sigma son encaminados por los empleados que dominan el proceso y supervisados por los ingenieros que dominan es proceso.

Metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Control)

DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se refiere a un ciclo de mejora impulsado por datos utilizado para mejorar, optimizar y estabilizar procesos y diseños de negocios. El ciclo de mejora DMAIC es la herramienta principal utilizada para impulsar proyectos Seis Sigma. Sin embargo no es exclusivo de Seis Sigma y puede utilizarse como marco para otras aplicaciones de mejora (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2002).

Como lo expresa SOLUTIONS (2014) “DMAIC Es un proceso de mejora, sistemático, científico y basado en hechos. Este proceso cerrado elimina pasos improductivos, con frecuencia se enfoca en mediciones nuevas y aplica tecnologías de mejoramiento”.

Esta metodología se refiere a un ciclo de vida basado en datos para cualquier proyecto de seis sigma el cual mejora los procesos, este consta de etapas interconectadas entre sí. Este proceso es aplicable a cualquier área de la empresa para mejorar las actividades de cualquier proyecto, teniendo algunas ventajas como:

- Sustituir procesos innecesarios.
- Cuando se descubre que la mejora del proceso no es suficiente para alcanzar niveles de calidad requeridos.
- Cuando existe nuevos proyectos los cuales se debe ofrecer una mejora continua eficiente.

Según Pande, Neuman, Cavanagh (2002) comenta que "El diseño de procesos consume, en general, más tiempo que la mejora. Además, debido a que incluye la creación de un proceso o producto nuevo, el riesgo de que se produzca un fracaso es mayor que en la mejora de un proceso ya existente. Ese fracaso suele ser debido a la poca claridad de los objetivos de diseño o a la falta de personas en el equipo con las habilidades y aptitudes necesarias para llevar a cabo la tarea" (pág. 16).

Este ciclo DMAIC es una parte esencial del seis sigma de cualquier compañía. Al definir los criterios para crear el control de cualquier proyecto, se empieza definiendo los criterios para una fase primera, luego se revisa el proyecto para ver si se cumple con el objetivo de los criterios planteados. En consecuencia con la metodología del DMAIC si no puede definir su proceso no puede medirlo, esto significa si no se puede formular los datos no se puede desarrollar la metodología, por lo tanto no se puede mejorar y mantener la calidad (Pavletić & Soković, 2002) (Pavletić D. F., 2004).

Según Sokovic, Pavletic, Pipan (2010) afirman que “La metodología puede parecer lineal y explícitamente definida, pero debe tenerse en cuenta que los mejores resultados de DMAIC se logran cuando el proceso es flexible, eliminando pasos improductivos. También puede ser necesario un enfoque iterativo, especialmente cuando los miembros del equipo son nuevos en las herramientas y técnicas”. (pág. 481)

McCarty (2004) menciona que para realizar perfeccionamientos en una empresa se debe tener un manejo estandarizado para que la metodologia DMAIC funcione al 100% y para tener en control se debe seguir en forma ordenada y sistematica todos los procesos.

Mediante esta gestión del proceso continuo del seis sigma son guiadas desde el inicio hasta el final, con la ayuda de la metodología DMAIC se procederá a representar los cinco pasos fundamentales en una gestión de proyectos.

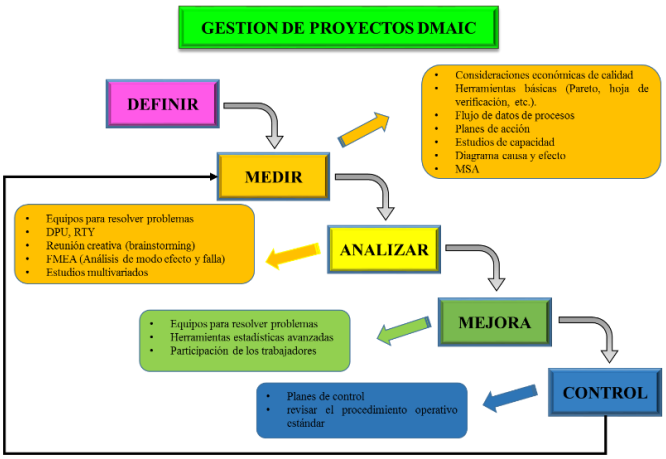


Figura 16. Gestión de proyectos DMAIC.
Fuente:(Pavletić, Soković, 2002).

Definir

En esta primera fase se identifica, priorizando y seleccionando el proyecto que se va a realizar, identificando los límites que tienen que estar definidos. Determinar las entradas y salidas claves del proceso, identificando el cliente o proveedores internos y externos. A esta primera fase se realiza las siguientes preguntas:

- ¿Por qué es el proyecto necesario?
- ¿Cuál es el alcance de este proyecto?
- ¿Cuáles son las objeciones cuantificadas?
- ¿Quién es el cliente?

Por otro lado, SOLUTIONS (2014) comenta en la fase Definir "que consiste en concretar el objetivo del problema o defecto y validarlo, a la vez que se definen los participantes del programa".

Medir

Son las características claves del proceso, el alcance de los parámetros a los cuales se va a determinar y su beneficio. Se debe especificar los objetivos del proyecto, las variables se clasifican dependiendo de la importancia del proceso.

Las mediciones preliminares se las realiza a cabo para facilitar información valiosa para un análisis posterior.

A esta segunda fase se realiza las siguientes preguntas:

- ¿Cómo está funcionando el proceso y como es medido?
- ¿Cuáles son las métricas clave para este proyecto?
- ¿Puedo medir estas métricas?
- ¿Puedo usar estas métricas?
- ¿Cuál es el caso de negocios?

Según SOLUTIONS (2014) comenta también que Medición "consiste en entender el funcionamiento actual del problema o defecto".

Análisis

En esta fase se analiza la información existente, se revisa varias herramientas estadísticas las cuales se está trabajando o las que se puede implementar para determinar las variantes de entrada y salida del proceso.

A esta tercera fase se realiza las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las causas de los defectos?
- ¿Cuáles son las métricas clave para este proyecto?
- ¿Puedo medir estas métricas?
- ¿Puedo usar estas métricas?
- ¿Cuál es el caso de negocios?

En la fase de análisis SOLUTIONS (2014) corrobora “que en esta fase se pretende averiguar las causas reales del problema o defecto”.

Mejora

En el proceso de mejora si es necesario se cambia el proceso y se optimizando el rendimiento, mediante la experimentación con variables claves se las realiza para llegar a un óptimo resultado.

A esta cuarta fase se la realiza las siguientes preguntas:

- ¿Cómo eliminar las causas de los defectos?
- ¿Puedo identificar los huecos en el proceso actual?
- ¿Cuáles son las causas?
- ¿Cuáles son los recursos y obstáculos?

Según SOLUTIONS (2014) comenta que en la fase de mejora “permite determinar las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar”.

Control

Para mejorar el círculo DMAIC es el proceso de control, en esta fase son evaluados los procesos de implementación y mejora, se observa los resultados obtenidos mediante este control de mejora del proceso.

En esta fase las preguntas a realizar son:

- ¿Cómo mantener las mejoras?
- ¿Cómo es controlado los riesgos, el alcance, el cronograma y los costos?
- ¿Cómo se ha hecho un informe de cierre?
- ¿Cómo se ha liberado la influencia de las mejores prácticas?

Cabe señalar que si los objetivos planteados para la mejora del proceso de medición no se han logrado se debe revisar nuevamente la fase de control y de medida para poder realizar mejoras adicionales si se requiere. El liderazgo es fundamental para poder decir si el proyecto se termina o si las mejoras adicionales realizadas están claras y aportan para su culminación, si no es así este proyecto no tendrá éxito.

En este último nivel de control (SOLUTIONS (2014) comenta “que se basa en tomar medidas con el fin de garantizar la continuidad de la mejora y valorarla en términos económicos y de satisfacción del cliente”.

El éxito de una metodología seis sigma se basa fundamentalmente en la comunicación a los empleados, un buen sistema de medición y la tecnología que se está utilizando.

> Según Yepes, Eugenio (2005) comenta que el Seis Sigma utiliza casi todo el arsenal de herramientas conocidas en el mundo de la calidad. Sin embargo, no son los instrumentos los que fundamentan por sí solos el éxito de la metodología Seis Sigma; de hecho, es la infraestructura humana y su formación la que con estas herramientas consigue el éxito (pág. 1840).

Según Yepes, Eugenio (2005) hace referencia a una metodología DMAIC, en la cual hace mucho énfasis en el proceso de medición, análisis y mejora y no está planteada como un proceso de mejora continua, pues los proyectos Seis Sigma deben tener una duración limitada en el tiempo. Los proyectos Seis Sigma surgen bajo el liderazgo de la Dirección, quien identifica las áreas a mejorar, define la constitución de los equipos y garantiza el enfoque hacia el cliente y sus necesidades y a los ahorros económicos.

Control del proceso estadístico

Los gráficos de control de proceso estadístico son los más utilizados en un proyecto DMAIC. Admiten un estilo más preciso facilitando la regulación y la mejora de la calidad del proceso. Cuando se aplica un gráfico de control el nivel de comportamiento se caracteriza por un nivel o valores cualitativos, llamados valores regulados.

Este tipo de gráficos para un proceso de monitoreo y para determinar correcciones o cambios en el proceso, para mejorar un valor medio del proceso o reducir la variabilidad.

En los gráficos de control, el eje horizontal contiene los momentos en que se realizó el muestreo estadístico de los valores regulados, y el eje vertical contiene los valores calculados de las características de muestra apropiadas. Los cuadros de control también incluyen criterios para comparar las características de la muestra (Terek, Hrnčiarová, 2004).

Capacidad De Proceso

Permite medir cuan capaz es el proceso para cumplir con las especificaciones y por lo tanto conocer el porcentaje de productos fuera de especificación que el proceso puede estar generando. Consiste en determinar la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada.

Cariño (2002) manifiesta que si el proceso está fuera de control o inestable es cuando su comportamiento es impredecible. El proceso está bajo control cuando las variaciones son originadas por causas comunes o inherentes al proceso, si es así, si se aplica métodos y técnicas estadísticas ayuda a estudiar su. Cabe que el término "control" se refiere a que el proceso es consistente en su comportamiento, no necesariamente que el producto o servicio cumple con lo especificado, puede ser consistentemente incumplido, en el sentido de lo que se obtiene de él está fuera de las especificaciones.

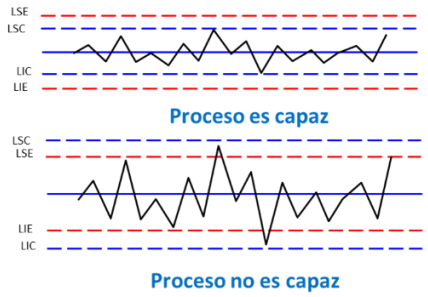


Figura 17. Capacidad de Procesos.

Donde:

LSE: Limite Superior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

LIE: Límite Inferior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

LSC: Limite de Control Superior (líneas entrecortadas azules).

LIC: Limite de control Inferior (líneas entrecortadas azules).

Cuando un proceso es capaz se mantiene dentro de los límites de control superior e inferior. Cuando un proceso no es capaz no se mantiene dentro de los límites de control por lo que puede llegar hasta fuera de los límites de especificación.

Existen dos tipos de capacidad de proceso a corto plazo y a largo plazo depende de la demanda de la muestra para realizar la capacidad de proceso.

Capacidad de un proceso a corto plazo

Este tipo de capacidad de proceso es a corto plazo por lo que:

- la muestra se define de 2 – 25.
- desviación estándar de la muestra.
- Variabilidad inherente del proceso (variabilidad debida a causas comunes) representa la variabilidad entre elementos fabricados por intervalos próximos

• Cp (Índice de capacidad potencial del proceso)

Hernandez y Da Silva (2016) hacen referencia que la capacidad potencial del proceso ttiene la finalidad de predecir cuantos productos van a satisfacer las especificaciones. Es el índice de capacidad potencial de un proceso que mide la dispersión permitida por el proceso sobre la dispersión real del proceso. La fórmula para calcular la capacidad del proceso es:

$$\boldsymbol{CP = \frac{LSE - LIE}{6\frac{R}{d_2}}} \quad (1)$$

Ecuación 1. Capacidad de Proceso.

CP = Capacidad del proceso.

LSE: Límite Superior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

LIE: Límite Inferior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

6δ: Desviación estándar del proceso.

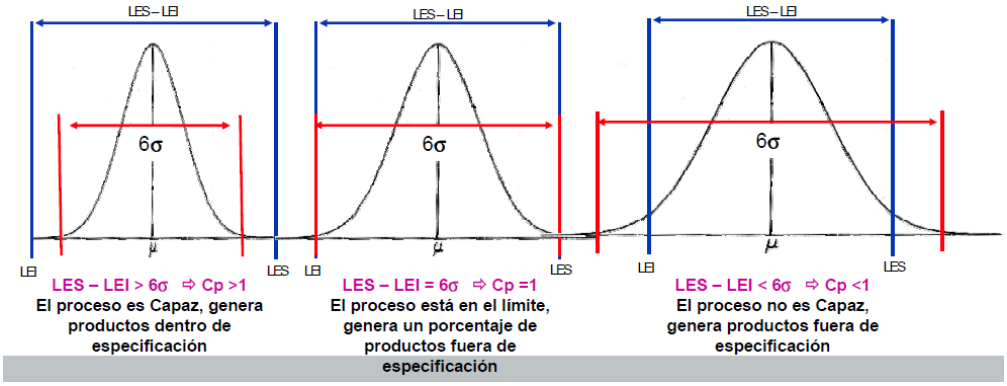


Figura 18. Tipos de procesos CP.
Fuente:(General Motors Corporation, 2000).

Cpk (Centramiento de proceso)

Hernandez y Da Silva (2016) comentan que el Centramiento del proceso sirve para determinar si los datos conseguidos están más bajo o más alto de la media poblacional real o del valor que se fija como centro.

1.- Medir cuan capaz es el proceso para cumplir con las especificaciones dadas

2.- Conocer el porcentaje de productos fuera de especificación que el proceso puede estar generando.

La fórmula para calcular el centramiento del proceso es:

$$\mathbf{CPK} = \frac{\mathbf{LSE}-\mathbf{x}}{3\frac{\mathbf{R}}{\mathbf{d_2}}}; \frac{\mathbf{x}-\mathbf{LIE}}{3\frac{\mathbf{R}}{\mathbf{d_2}}} \qquad (2)$$

Ecuación 2 . Centramiento del proceso.

Donde:

CPK: Centramiento del Proceso.

X: Muestra.

LSE: Límite Superior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

LIE: Límite Inferior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

3 $\frac{R}{d_2}$**:** Semi capacidad de Proceso**.**

R: rango de control.

d2: constante para gráficos de control (tabla 3).

Se obtiene dos valores, de estos se toma el más bajo.

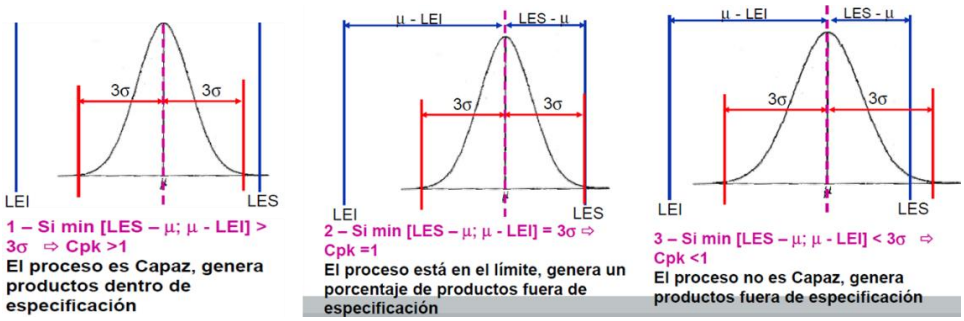


Figura 19. Índice de Capacidad Cpk.
Fuente:(General Motors Corporation, 2000).

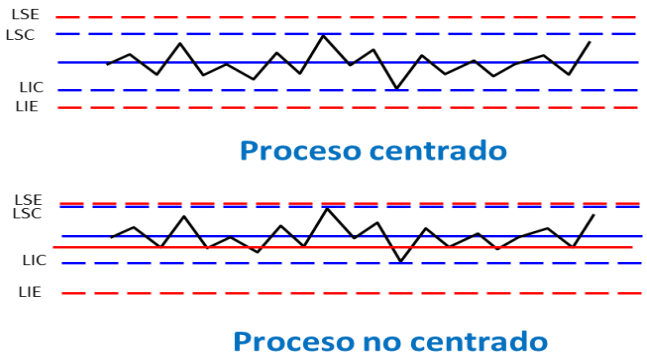


Figura 20. Centramiento del Proceso.

Análisis de un proceso

A partir de los índices de capacidad es posible analizar un proceso sin necesidad de conocer cómo se distribuyen los datos en un gráfico.

Es necesario conocer ambos índices Cp y Cpk.

1 – Si el Cp es mayor que Cpk significa que el proceso está descentrado respecto de la media especificada.

2 – Si el Cp es igual al Cpk significa que el proceso está centrado respecto de la media.

3 – NUNCA un Cp puede ser **menor al Cpk**

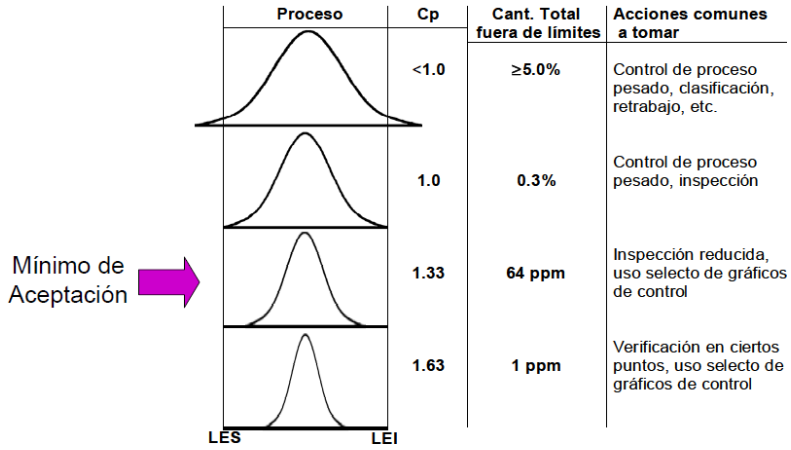


Figura 21. Aceptaciones del proceso.
Fuente: (General Motors Corporation, 2000)

Para evaluar la capacidad de un proceso se tiene que tener en cuenta:

- Un valor adecuado de Cp y Cpk para un proceso debe ser igual o mayor a 1,33.
- Para establecer si un proceso es capaz los dos valores (Cp y Cpk) deben cumplir este objetivo.
- El valor de Cpk puede corregirse mediante ajustes al proceso.
- El valor de Cp es posible corregirlo mediante el análisis de las 6M.

La capacidad de procesos en diferentes países son los siguientes:

Tabla 2
Capacidad de procesos en diferentes países

PAÍS	CAPACIDAD DE PROCESO CP Y CPK
ECUADOR	≥ 1
EE. UU.	≥ 2
JAPON	≥ 2
GM OBB	≥ 1,33

Nota: en la tabla 2 especificaciones de la capacidad de proceso cp y cpk.
Fuente: (General Motors Corporation, 2000).

Capacidad de proceso Pp y Ppk

También estos índices están enfocados al desempeño del proceso a largo plazo y no solo a su capacidad.

Este tipo de capacidad de proceso es a largo plazo por lo que:

- la muestra se define de 80 – 1000.
- desviación estándar poblacional.
- Variación resultante de todas las causas de variabilidad (comunes y especiales), pueden ser desgaste de máquinas, lotes distintos de materia prima, cambio de turnos, Operadores diferentes

Pp índice de desempeño potencial del proceso, la variación del proceso (límites de especificación) a largo plazo.

La fórmula para calcular es la siguiente:

$$Pp = \frac{LSE - LIE}{6\ x\ \delta L} \quad (3)$$

Ecuación 3. Capacidad de proceso a largo plazo.

Donde:

Pp =Índice de desempeño.

LSE: Límite Superior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

LIE: Límite Inferior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

$\boldsymbol{\delta L}$**:** Es la desviación estándar a largo plazo.

Ppk índice de desempeño real del proceso, se toma en cuenta el centramiento del proceso respecto a un valor que hemos fijado como centro o la media.

La fórmula para calcular es la siguiente:

$$\frac{LSE - X}{3\delta l} \quad O \quad \frac{x - LIE}{3\delta l} \quad (4)$$

Ecuación 4. Índice de desempeño real del proceso.

$\boldsymbol{3\delta l}$**:** Es la desviación estándar a largo plazo.

LSE: Límite Superior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

LIE: Límite Inferior Especificado (líneas entrecortadas rojas).

X: Muestra.

Se obtiene dos valores de los cuales se toma el más bajo.

La desviación estándar es:

$$\delta = \frac{\sqrt{(x1 - x) + (x2 - x) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots + (xn - x)}}{n - 1} \quad (5)$$

Ecuación 5. Desviación Estándar.

Para evaluar un desempeño de un proceso Pp y Ppk se toma en cuenta:

- Un valor adecuado de Pp y Ppk para un proceso debe ser igual o mayor a 1,33.
- Para establecer si el desempeño de un proceso es capaz los dos valores (Pp y Ppk) deben ser igual o mayor a 1,33.

Tabla 3.
Evaluación desempeños de equipos

Tipo de características	**Mínimo Pp**	**Mínimo Ppk**	**% de tolerancia para usar si está marcada por los indicadores de atributos**
característica clave del producto	2.00	1.67	N/A
Característica de la calidad del producto	2.00	1.67	75%
Características estándar del producto / DR	1.67	1.33	100%

Nota: Se describe los desempeños de los equipos
Fuente: (General Motors Corporation, 2000).

Variación de un proceso

En todo proceso va a existir variación, las más comunes son 2:

- **Causas comunes** → son variaciones normales de proceso que se encuentran en cualquier sistema dinámico. La causa de la variación se encuentra dentro de la variación del proceso mismo.

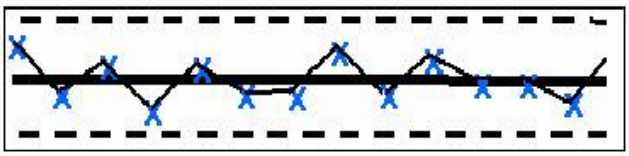


Figura 22. Variaciones Normales del Proceso.

- **Causas especiales o asignables** → son una variación anormal en el proceso.

  Pueden ser descubiertas y eliminables, económicamente mediante un Proceso de Solución de Problemas.

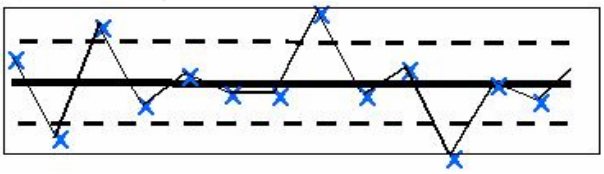


Figura 23. Variaciones Anormales del Proceso.

Capacidad de un sistema de medición

El objetivo es determinar si un dispositivo de medición está apto para utilizarlo.

Índice de capacidad de un sistema de medición

- **Cg y Cgk**

Este procedimiento es utilizado para evaluar los sistemas de medición existentes o nuevos antes de su liberación final basados en los resultados de los índices.

- **R&R**

Este procedimiento es realizado en la planta por el usuario del dispositivo de medición.

- **Automáticos**

No tiene influencia del operador del CMM.

Fórmulas para calcular Cg y Cgk

$$Cg = \frac{0.2 * T}{6 * S\Delta} \quad (6)$$

Ecuación 6. Métrica de Capacidad Cg.

Donde:

K = Porcentaje de la tolerancia (20 es el valor predeterminado).

S= Desviación Estándar de las mediciones.

L= Número de desviaciones estándar que representan la dispersión de todo el proceso (6 es el valor predeterminado).

$$Cgk = \frac{0.1 * T - [x\Delta]}{3 * S\Delta} \quad (7)$$

Ecuación 7. Métrica de Capacidad Cgk.

Donde:

T = Tolerancia (Valor medio encontrado – Valor real)

SΔ = Desviación estándar.

XΔ = Media (Promedio)

Términos estadísticos

Tendencia Central: Es el valor en donde los datos o mediciones de una variable tienden a aglomerarse o concentrarse.

Media: Medida de tendencia central es igual al promedio aritmético de un conjunto de datos, que se obtiene al sumarlos y el resultado se divide entre el número de datos.

Variación. - es la fluctuación en la salida del proceso. Se cuantifica por desviación estándar, una medida de la dispersión promedio de los datos alrededor de la media.

Desviación. - es la diferencia entre un valor observado y el valor esperado (especificación del producto (o nominal)).

Desviación estándar de la muestra (corto plazo). - Medida de la variabilidad que indica que tan esparcidos están los datos con respecto a la media dentro de la muestra.

Variabilidad. - Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o de un proceso.

Valor medio. - punto medio donde el gráfico tiene su eje de simetría.

Dispersión. - Cómo se dispersan los datos sobre el eje. Cuanto más ancha es la campana, más disperso es el proceso y viceversa.

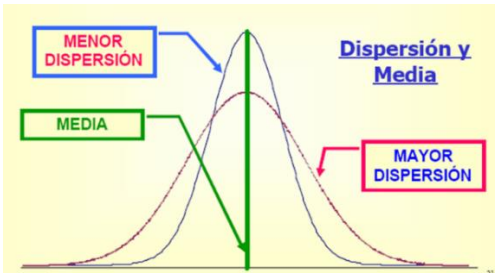


Figura 24. Términos Estadísticos.
Fuente:(General Motors Corporation, 2000).

Según Chumbi Pineda (2017) la metodología denominada Método 6M o de Dispersión en donde cada una de las causas se las agrupa y/o asocia con cada una de las 6M denominada de esta manera por su significado:

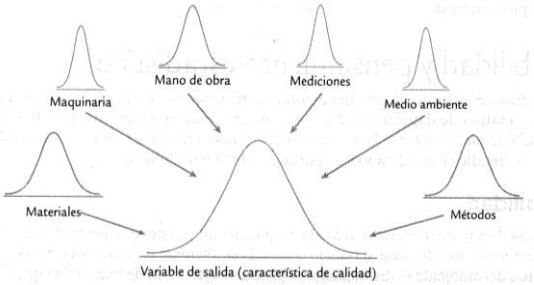


Figura 25. Variabilidad de un proceso.
Fuente: (Chumbi Pineda, 2017).

Amplitud Del Proceso

Todo proceso tiene su distribución (campana de Gauss) variando en una amplitud de ± 3σ. (99.7% de los datos).

3σ → es la distancia entre el valor medio y el punto de inflexión de la curva.

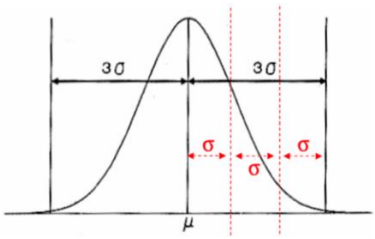


Figura 26. Amplitud del proceso.
Fuente: (General Motors Corporation, 2000).

Como se tiene antecedentes de que está llegando defectos repetitivos a GCA, se hace un análisis de solución de problemas mediante el cual se manifiesta que la materia prima posiblemente este llegando fuera de rango en las especificaciones de los paneles. Mediante el dispositivo de comprobación será el encargado de validar el estado que está llegando los paneles a ser auditados.

Este tipo de matriz estandarizada se la conoce como *Checking Fixture* (Dispositivo de Comprobación) la cual existe en otros países la mayoría de estas matrices se las utiliza cuando existe alta demanda en la producción diaria de cada país, también cuando existe muchos problemas en la cuadratura o búsqueda de la causa raíz para identificar y solucionar

el problema en las puertas por eso existen varios *Checking Fixture* (Dispositivo de Comprobación) especializados en diferentes componentes del vehículo.

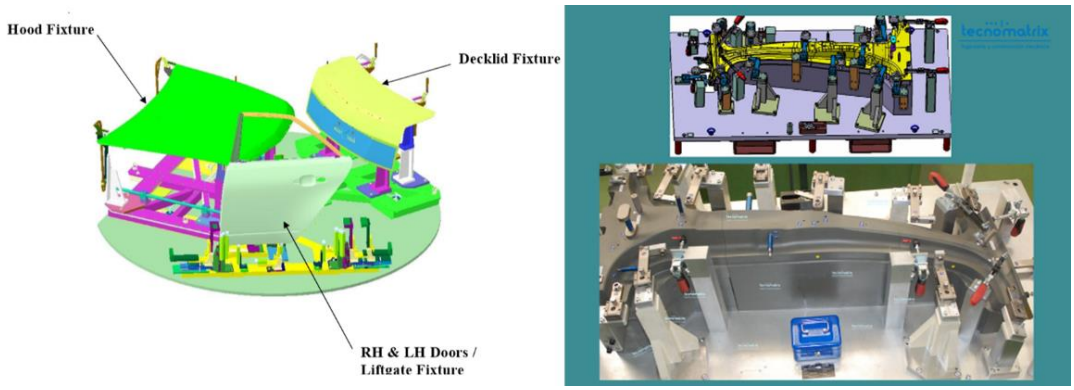


Figura 27. Dispositivos de comprobación de paneles.
Fuente: (General Motors Corporation, 2000).

En la figura 26 se observan diferentes tipos de *Checking Fixture* (dispositivos de comprobación) los cuales en una parte son fijos, así se tiene comprobadores de capot, puerta y compuerta, la otra ilustración se observa un dispositivo de comprobación del lateral izquierdo de una carrocería con el diseño CAD y su respectiva fabricación.

Método

El proyecto se fundamenta a partir de una investigación explicativa, donde se relaciona los pasos para mejorar los resultados de la medición de las puertas, diseñar la matriz estandarizada de medición de los paneles, conocer las condiciones en las que va a realizar la comprobación, que se va a controlar, esto se realiza en base a unos requerimientos expuestos por la compañía General Motors del Ecuador.

El tipo de estudio que se va a manejar concierne a una investigación histórica, descriptiva y probatoria, mediante la cual se realiza paso a paso y no se puede saltar ningún método de comprobación. Se realiza también una evaluación de campo explicativa la cual se realizará con la metodología del DMAIC, si mejora los resultados al momento de evaluar las mediciones y lograr que los indicadores de calidad se corrijan.

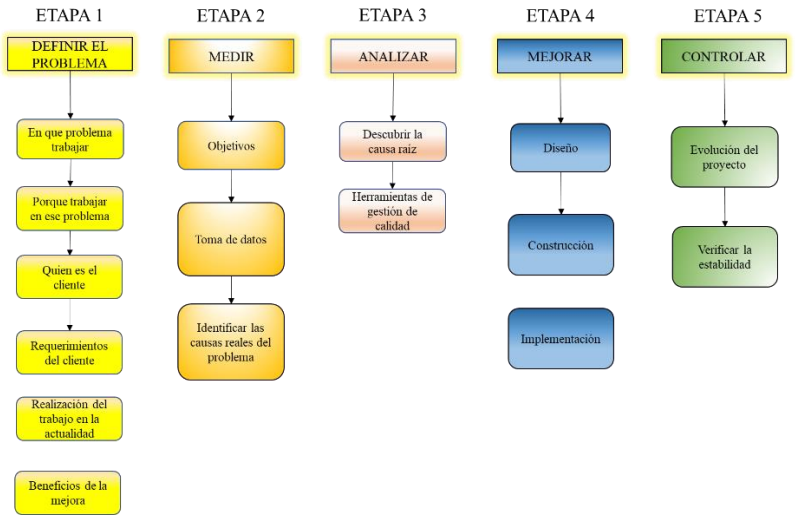


Figura 28. Proceso de desarrollo.

En la figura 27 se detalla un flujograma del proceso de la metodología DMAIC a seguir para comparar y optimizar los resultados de la medición de las puertas del Chevrolet Sail S3.

Mediante la metodología DMAIC del seis sigma se procede a realizar el proceso de desarrollo el cual conlleva paso a paso hasta llegar al control de la variabilidad del proceso.

ETAPA 1

Definir el problema en el proceso

En la sala de medición dimensional se está realizando el control por medio la CMM, para preparar la muestra se demora unos 60 minutos en colocar los diferentes dispositivos para su control y unas 470 minutos para la medición de cada panel, otro de los problemas es los anomalías encontrados en la planta de suelda e inspección final debido a que llegan paneles en condiciones variables debido a que en la sala de medición dimensional solo se coge muestras de 4 paneles, el muestreo es por cada lote de 48 paneles por lado es decir que solo se realiza 1 muestra por cada lote de paneles. Esto se lo realiza debido a que se genera mucho tiempo en la medición de 4 paneles auditados al día.

Problema que trabajar

Debido a los antecedentes planteados en la definición del problema, se trabajará en mejorar los resultados en los tiempos de medición para poder realizar más muestreo por cada lote de paneles auditados.

El incremento de fallas en el proceso de cuadratura es otro problema ya que está afectando al indicador general de cada mes.

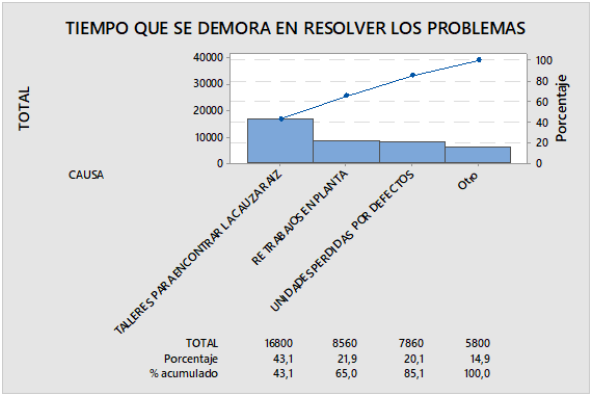


Figura 29. Tiempos que se toma resolver problemas complejos.

El diagrama de Pareto de la figura 29 se aprecia las acciones que se toma al momento de resolver problemas complejos, retrabajos en planta, perdida de unidades por defectos, el mayor problema es hacer los talleres para encontrar la causa raíz que corresponde al 43.1 % del total del tiempo que se demoran, esto quiere decir que estos tiempos son los más críticos y el restante 21.9 %, 20.1 son tiempos que se demora al momento de encontrar alguna falla. El 14.1 % restante corresponde a defectos leves que se puede controlar.

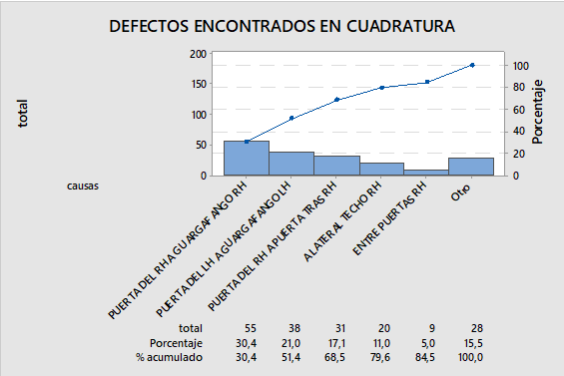


Figura 30. Diagrama de Pareto para identificación de oportunidades.

En el diagrama de Pareto de la figura 30 se observa los defectos encontrados en cuadratura que tiene mayor índice en el *Top* mensual de defectos encontrados, las fallas que más se encuentra son holgura puerta delantera derecha con respecto al guardafango derecho con un 30.4 %, holgura puerta delantera izquierda con respecto al guardafango izquierdo con un 21 %, la holgura entre puertas derechas tiene un índice de 17.1 %, holgura lateral techo derecho con 11%, holgura entre puertas derechas con 5%, todos estos defectos son los más críticos, el otro 20 % son defectos encontrados pero leves los cuales existen mayor control.

Clientes

Los clientes son todas las diferentes áreas involucradas como auditores de la sala de medición, proveedores, planta de suelda, ensamble, inspección final, clientes internos en general y el cliente externo.

Requerimientos del cliente

Debido a que el dispositivo de comprobación se lo va a utilizar en la sala de medición, los auditores son los encargados de asignar los requerimientos para mejorar el tiempo de medición, a continuación, se detalla algunos de los requerimientos:

- Dispositivo de comprobación donde abarque los cuatro paneles.
- Que se lo pueda transportar a cualquier área donde lo requiera.
- Al momento de tomar las mediciones se lo realice de forma rápida y que se ergonómico.

Selección del equipo de trabajo

En la tabla 5 se muestra el equipo de trabajo que va a ser encargado de realizar de una manera ideal el control de calidad utilizando la metodología DMAIC-Six sigma, es necesario especificar los integrantes y designar sus responsabilidades del equipo de trabajo y deben de cumplir de manera estricta para lograr con éxito el proyecto de optimización de resultados de medición.

Tabla 4.
Equipo Multidisciplinario de Trabajo

NIVEL JERARQUICO	NOMBRE DEL CARGO	FASES	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES
-	Investigador (asesor externo)	Definir Medir Analizar Mejorar Controlar	Asesor externo encargado del diseño de la metodología Six Sigma utilizando las fases DMAIC con base a un estudio de la situación actual. ▪ Enseñar a todos los miembros del equipo sobre la

			implementación y cumplimiento de todos los pasos.
Superintendente	Suelda Ensamble Calidad Manufactura	Medir Analizar Mejorar Controlar (Responsable de la implementación)	▪ Responsable principal de la aplicación y seguimiento de la metodología Six Sigma. ▪ Supervisar y controlar el cumplimiento por parte de los empleados de la metodología. ▪ Llevar registros de las acciones realizadas e informar a gerencia.
Ingeniería de calidad	Suelda Ensamble Calidad Manufactura	Medir Analizar Mejorar Controlar (participantes)	▪ Cumplir todas las disposiciones impuestas por el jefe inmediato ▪ Notificar al superintendente sobre cualquier anomalía que se presente en la aplicación de la metodología.

Nota: Se realizo un estudio mediante el cual se designa a las diferentes áreas responsables de la implementación, ejecución y control de la metodología DMAIC.

Como se realiza el trabajo en la actualidad

Al momento se está utilizando la CMM para realizar las diferentes mediciones, una vez obtenido los datos se los ingresa a un sistema para validar y sacar los resultados. Otra forma de realizar las diferentes mediciones fuera de la sala de medición es con galgas o *laser gauge* con este dispositivo se logra tomar medidas las cuales también se las carga a una base de Excel para su validación, comprobar cómo se está la variación de los paneles y hacer el reporte para presentar a las diferentes áreas.

Actualmente en la sala de medición se viene realizando el proceso de validación por medio de unas torres, unas bases de posicionamiento y la utilización de la CMM.

Este proceso de medición se viene realizando desde el 2011 hasta la actualidad teniendo un resultado bueno, pero actualmente la empresa tiene nuevos requerimientos en los cuales existen la implementación de algunas matrices estandarizadas, una de ellas es el Checking fixture el cual se viene operando en otras plantas del mundo.

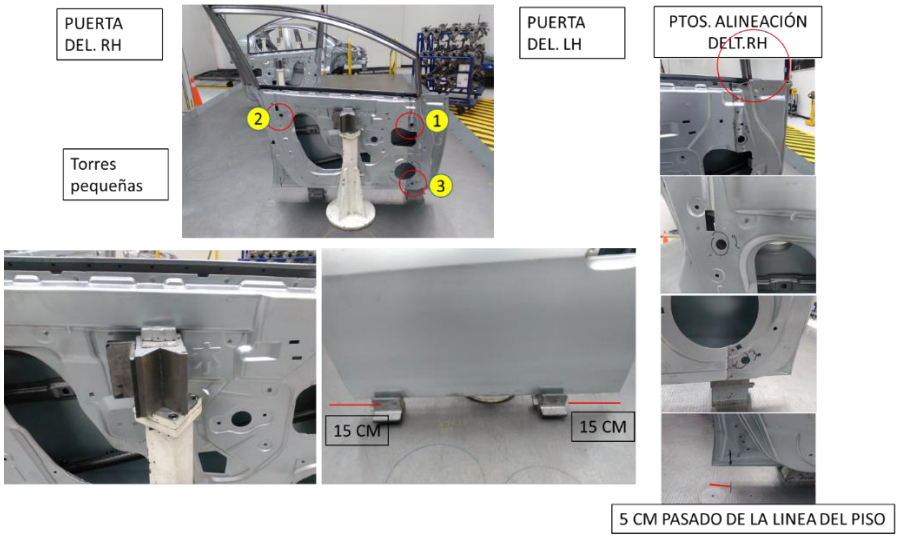


Figura 31. Inicio del proceso de medición puertas del Chevrolet Sail S3.

Para el mismo caso se realiza el proceso de medición de las puertas posteriores, se debe tener en cuenta que para cada puerta se realiza el mismo proceso, si la muestra se la realiza para varios subconjuntos se tendrá que centrar, aumentando el tiempo de medición por lo que se genera un desperdicio.

En la figura 30 se representa el inicio del proceso de medición de las puertas posteriores izquierda y derecha.

Este tipo de estandarizado de medición actualmente se está operando en la compañía el cual es óptimo, pero se necesita mejorar el desperdicio de tiempo, mano de obra y encontrar la causa raíz de los problemas suscitados.

Según los requerimientos de la General Motors en otras partes del mundo parten de un requerimiento en el cual se establece los parámetros apropiados de construcción.

Beneficios de la mejora

Con un dispositivo de comprobación se logrará optimizar el tiempo debido a que es ergonómico, de fácil uso y se lo puede transportar a cualquier parte. Con la ayuda del *Laser Gauge* o las galgas de medición se realiza la toma de las medidas para luego subirlas al sistema y controlar su variabilidad del proceso.

ETAPA 2

Medir

En primera instancia se seleccionará el proceso de medición en el cual se realizará todos los pasos a definir. En la figura 39 se describe el ciclo en el cual se va a seguir.

Objetivo de la medición

Garantizar el método en la toma de mediciones para que sea fácil de realizar y con las herramientas actuales ayudar a mejorar el control dimensional de los paneles.

Figura 32. Ciclo PHVA Dispositivo de Comprobación.

Plan de Medición

Planear

Cada puerta tiene 29 puntos en los cuales se realizará la medición, se toma en cuenta los puntos requeridos por el auditor, ya que se puede estandarizar aumentando más puntos o disminuyendo esto depende de la necesidad del auditor o problema concurrente a cuál medir.

Depende de que puerta se va a auditar para la colocación de las diferentes torres de posicionamiento, este dispositivo de comprobación consta de dos lados, según la necesidad de que puerta se coloca las torres.

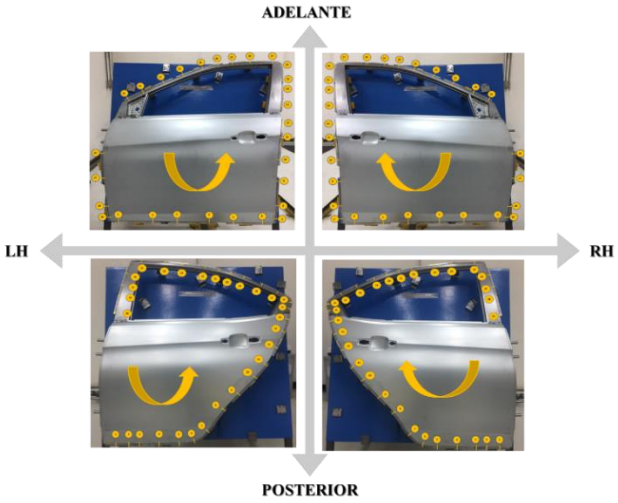


Figura 33. Distribución de variables auditables de cada panel.

Hacer

Existe dos tipos de variables las holguras (gap) y el tiempo de medición. Las variables están ubicadas en 29 puntos los cuales están distribuidos al contorno de cada puerta, en la figura 33 están detalladas los puntos donde se va a revisar las variables de holgura entre filo de puerta contra filo de jig de medición.

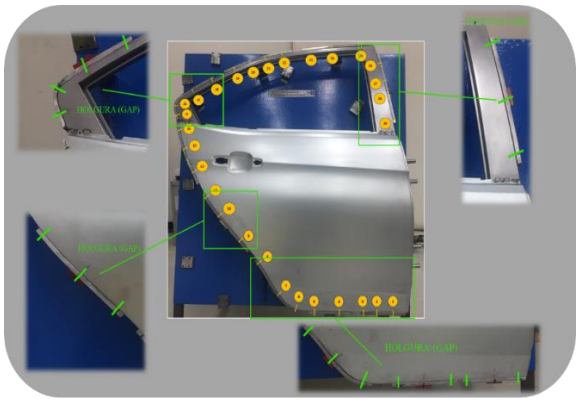


Figura 34. Variables para medir por panel.

En la figura 34 se observa las variables de holgura para auditar depende si el segmento del jig es grande se tomará 3 holguras y si el segmento es pequeño se tomará solo dos holguras, pero en total por puerta se audita un total de 29 holguras.

Para la mejorar el proceso se realizó un diagrama de procesos teniendo en cuenta dos variables que es la holgura y tiempo que se toma en realizar la medición.

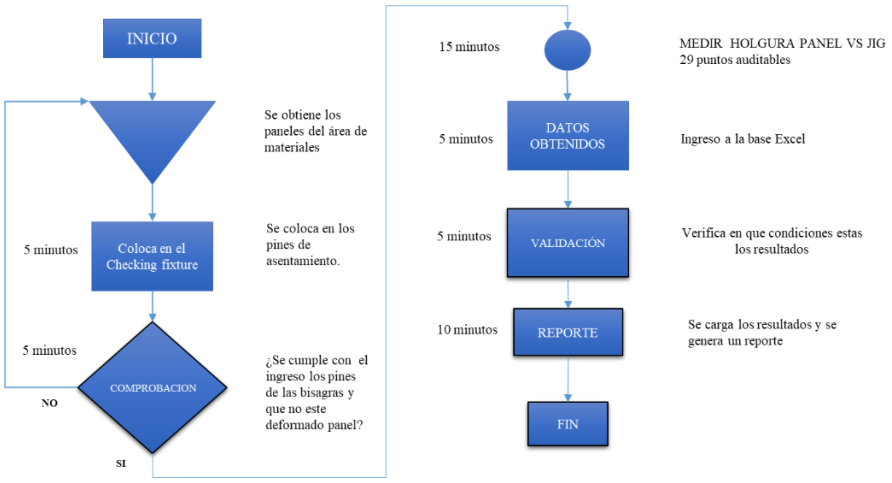


Figura 35. Diagrama de proceso para la medición de los paneles.

En la figura 35 se detalla los principales pasos para toma de medición de los paneles, el tiempo que se demora en cada proceso y validación de resultados.

Al inicio se debe preparar el dispositivo de comprobación dependiendo del panel auditado, se coloca las torres de posicionamiento las cuales son diferentes para los paneles esto se lleva unos cinco minutos en realizarlo, una vez definido se procede a colocar el panel el cual se

debe comprobar su asentamiento para poder realizar la medición, si el panel no asienta bien en las torres de asentamiento se procede a cambiar de panel y colocar otro que ingrese bien el tiempo estimado es de cinco minutos y con la ayuda del láser gauge o las galgas se procede a realizar la medición de los 29 holguras del contorno del panel el tiempo es de quince minutos, tomando en cuenta el sentido de la toma de la muestra, una vez culminado la medición se procede a descargar los datos en la base de Excel, con un tiempo de 5 minutos, para poder comparar con los objetivos para ver si está dentro del rango o desviado con un tiempo de 5 minutos, posterior a este paso se procede a sacar un reporte el cual contiene en qué estado está el panel auditado esto lleva unos 15 minutos en realizarlo.

Figura 36. Toma de datos con el Laser Gauge.

En la figura 36 se procede a la toma de datos manualmente con el *láser gauge*, en el Anexo Y existe la hoja de instrucciones de tarea para realizar las mediciones, los puntos clave son los siguientes:

1. Colocar el dispositivo de comprobación en un sitio donde sea plano y pulsar el freno de las llantas para que no se desplace y se mantenga fijo.
2. Colocar las torres de posicionamiento de la puerta que se va auditar.
3. Coger y colocar la puerta en las torres de posicionamiento, colocar los pines en las torres de las bisagras.

4. Con el láser gauge se procede a coger las medidas en las puertas, depende de que panel se esté auditando para conocer el sentido de la medición.
5. Descarga de medidas en el computador.
6. Ingresar las medidas a la base de Excel.
7. Procede a realizar reporte.

Cabe señalar que esta medición se la realiza manualmente con el fin de optimizar el tiempo debido a que en el otro diagrama de proceso anterior se lleva más tiempo en realizar las mediciones con la máquina de medición por coordenadas. Para el proceso de medición se lleva un tiempo estimado de 45 minutos auditados.

Verificar

Se analiza la toma de datos y se compara con los objetivos planteado por el auditor, se verifica en qué condiciones de las holguras de cada punto sea los 29 puntos se generará reportes por punto medido.

Figura 37. Holgura auditada en el punto 1LH de la puerta posterior Izquierda.

En la figura 37 se obtiene la holgura del punto 1LH el que pertenece a la puerta posterior izquierda, la dirección que se realiza la toma de las muestras de ese panel es sentido antihorario, para cada holgura auditada se realiza la capacidad del proceso así se lleva el control más eficiente y se verifica el comportamiento de la variabilidad

En la tabla 5 se ingresa las muestras auditadas de holgura, en 25 paneles del punto 1LH, dado que el auditor de la sala de medición proporciona los limites superior de 1 y el límite inferior de 0 teniendo como nominal 0,5 esto aplica en toda la recolección de las muestras.

Tabla 5
Muestras Auditadas en 1 punto.

MUESTRAS PUERTA POSTERIOR IZQUIERDA	
TOLERANCIA	0,5
LI	0
LS	1
PUNTO	**1LH**
1	0,5
2	0,51
3	0,48
4	0,49
5	0,52
6	0,55
7	0,52
8	0,45
9	0,58
10	0,5
11	0,5
12	0,53
13	0,54
14	0,49
15	0,44
16	0,51
17	0,52
18	0,48
19	0,5
20	0,74
21	0,49
22	0,45
23	0,53
24	0,68
25	0,51

Nota: Muestras auditadas de un solo punto 1LH, se ingresa estas mediciones en la base de excel.

Como se tiene ya realizada la base de fórmulas para sacar los resultados, se actualiza y se revisa como está el comportamiento de la capacidad del proceso en la base de cada punto, en la figura 37 se observa el comportamiento de las holguras auditadas de 25 muestras generadas en ese punto.

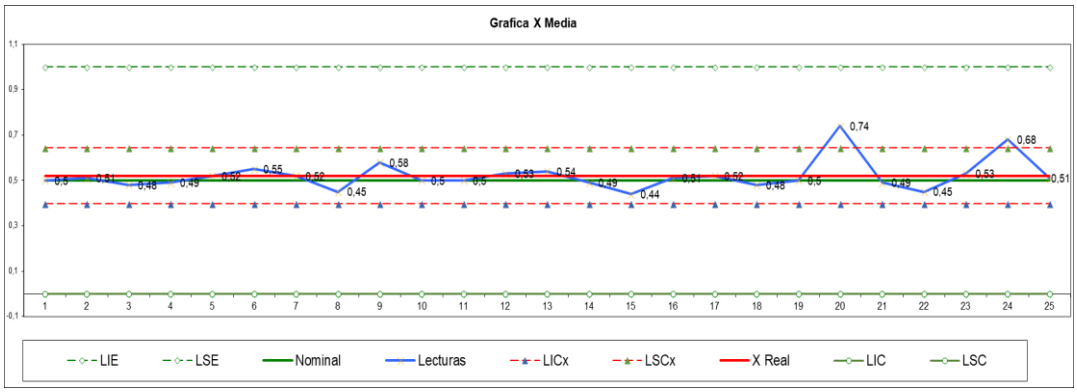


Figura 38. Variación de la capacidad de proceso de la holgura en el punto 1LH.

Una vez graficado los puntos se puede validar que el proceso está dentro de la capacidad pertinente en la figura 38 se muestra como resultado una CP de 2,77 y un Cpk de 2,66. Dando como resultado que la capacidad de proceso es mayor 1,33 con esto quiere se demuestra que la variabilidad es mínima, el proceso se encuentra bajo control (el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones).

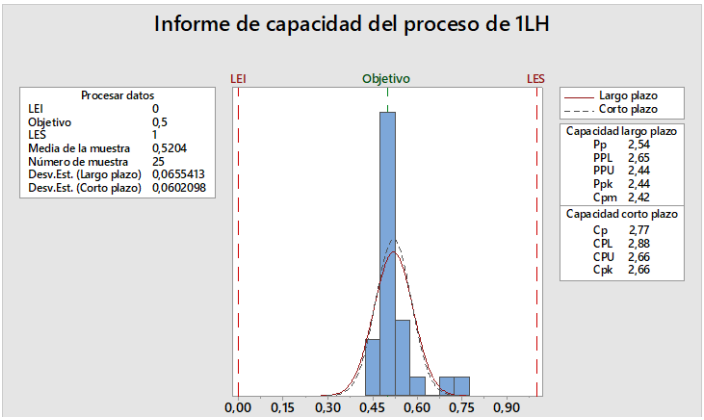


Figura 39. Gráfico de capacidad de proceso del punto auditado 1LH.

En la figura 39 se obtiene el resultado en el punto 1LH de la puerta posterior izquierda teniendo un NIVEL SEIS SIGMA a corto plazo de 7.97 y a largo plazo de 7.32 comparando con el anexo F donde se tiene los valores del 6 sigma, se obtiene que está en un porcentaje de aceptación de 99.99966%.

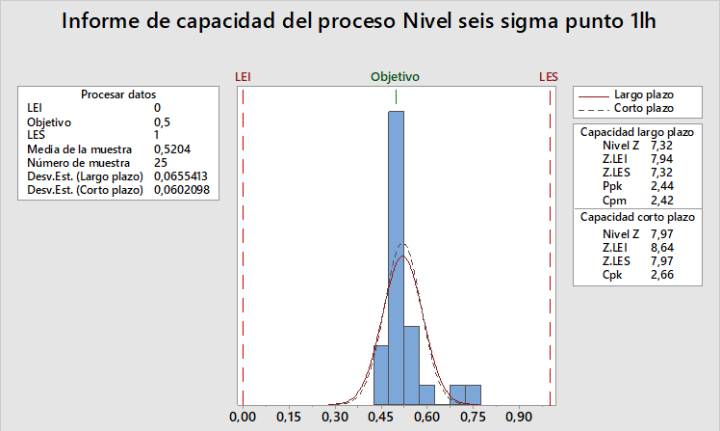


Figura 40. Calculo del nivel sigma del proceso.

Actuar

Una vez realizado la validación de los datos obtenidos se realiza un reporte en el que consta definido la variabilidad del proceso y se identifica si el panel tiene problemas en su fabricación, mejora el seis sigma, tiempos de medición.

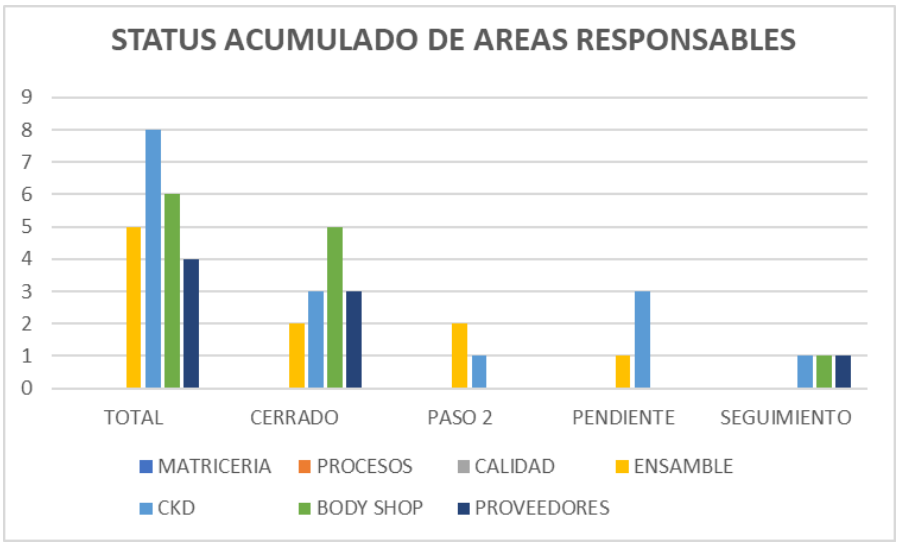


Figura 41. Problemas encontrados en diferentes áreas.

Causas reales del problema

Con la comprobación de 25 paneles de cada lado se nota que existe en algunas puertas problemas al momento de ingresar al dispositivo esto se debe a que está llegando los paneles fuera de nominales, otra causa sería los métodos de ensamble de paneles en la línea de suelda

ya que en el proceso de producción pueda existir algún golpe o defectos generados en el trascurso del ensamblaje.

En base a las mediciones anteriores se tiene que el porcentaje de aceptación del nivel seis sigma tiene como objetivo de 5,93 con un rendimiento del 99,999%.

Tabla 6.
Desempeño del seis sigma desde 2017 al 2018.

DESEMPEÑO DEL 6 SIGMA				
Fecha	**Desempeño**	**Objetivo**	**BUENO**	**MALO**
2017	5,99	6,20	5,99	
2018				
Enero	5,94	6,10	5,95	
Marzo	5,92	**5,95**	5,92	
Abril	5,92	**5,93**	5,92	
Mayo	5,87	**5,93**	5,87	

Nota. El desempeño 2017 fue de 5,99 el cual está dentro de los rangos exigidos por la compañía, los siguientes meses del 2018 varia poco, pero se mantiene por el rango esperado.

Cabe señalar en la situación anterior los tiempos que se necesitaba para realizar el proceso de auditar los paneles era muy exagerado debido al no tener un dispositivo de comprobación estático, cuando se utilizaba la CMM (Maquina de Medición por Coordenadas) el tiempo para realizar la auditoria era de 530 minutos esto debido a que es complejo utilizar la CMM, por tal razón una vez implementada el dispositivo de comprobación se redujo el tiempo para hacer la auditoria a 120 minutos debido a que este dispositivo está listo para realizar las mediciones, al obtener los resultados se optimizo el desperdicio en tiempos de conflictos entre áreas, auditorias rápidas y fiables.

Tabla 7

Análisis de Tiempos en Auditorias

ANALISIS DE TIEMPO TOTAL QUE SE GENERA AL MOMENTO DE AUDITAR LAS PUERTAS DEL SAIL S3					
N	Fase	Actividad	Tiempo Anterior (Min)	Tiempo Actual (Min)	Frecuencia
1	Obtener Los Paneles	Bajo Pedido	15	15	4
2	Colocar Panel	Estático	30	5	4
3	Comprobación	Estático	60	5	4
4	Medición	Estático	180	15	4
5	Datos Obtenidos	Generar	30	5	4
6	Validación	Generar	60	45	4
7	Reporte	Mediciones	45	10	1
8	Realizar Matching Process	Comparación	30	0	1
9	Perdida De Unidades En Producción	Desperdicio	20	10	1
10	Causa Raíz, Minuta Final	Desperdicio	60	10	1
	Total, De Tiempos		530	120	
	Tiempo Ahorro		**410**		

Nota: Estos tiempos fueron tomados en base a las auditorias que se realizaba anteriormente y con el nuevo dispositivo de comprobación.

ETAPA 3

Análisis

Esta fase permite enfocarse en las oportunidades de mejora que se tiene con las medidas anteriores. Esta base sirve como base de comparación una vez que se haya implementado las mejoras del proceso.

Descubrir la causa raíz

Mediante el cálculo de la capacidad de proceso se establece una base de desempeño actual del proceso mediante el cual se usa como referencia para valorar el impacto que causa la implementación de las diferentes actividades de mejora de control.

Herramientas del control de calidad

Se realizará por medio del cálculo de la capacidad del proceso, este estudio estadístico se basa en resaltar que la variabilidad natural del proceso es intrínseca a él, e independiente de las tolerancias que se le asigne.

Calculo de la capacidad del proceso

Para realizar un estudio de capacidad es necesario que se cumplan los siguientes supuestos (Juran & Gryna, 1995, pág. 404).

- El proceso se halle bajo control estadístico. Si el proceso está fuera de control la media y/o la desviación estándar del proceso no va a ser estables.
- Recolectar suficientes datos para poder minimizar el error de la muestra.
- Los datos se deben recolectar durante un periodo largo para asegurar que las condiciones del proceso.

Para calcular la habilidad o capacidad potencial, primero se determina la desviación estándar estimada de la población como sigue:

$$C_p = \frac{(LSE - LIE)}{6\sigma} \quad (16)$$

Donde:

C_p. = capacidad potencial

LSE = límite superior de especificaciones

LIE = límite inferior de especificaciones

σ_{ST} = desviación estándar a corto plazo

σ: desviación estándar

$$\sigma = \frac{\sum(x - \mu)^2}{n} \quad (17)$$

$$\sigma = \frac{\sum(0{,}22384 - 0{,}72384)^2}{25}$$

La sigma o Desviación estándar es:

$$\boldsymbol{\sigma = 0{,}051286515}$$

Para que se transforme en **seis sigma** se multiplica por seis, quedaría:

$$\boldsymbol{6 * \sigma = 0{,}307719}$$

Se remplaza en la fórmula de la capacidad de proceso:

$$Cp = \frac{1 - 0}{0{,}307719}$$

En donde la **capacidad de proceso** es:

$$\boldsymbol{Cp = 3{,}2497}$$

De igual manera para sacar el Cpk y Cpk2 se remplaza en la fórmula:

$$CPK = \frac{LSE-x}{3\frac{R}{d_2}}; \frac{x-LIE}{3\frac{R}{d_2}}$$

$$CPK = \frac{1-0{,}72384}{3*0{,}05128}; \frac{0{,}72384-0}{3*0{,}05128}$$

$$\boldsymbol{CPK = 1{,}7948; 4{,}7045}$$

Se realiza una comparación la capacidad de proceso del punto medido del panel auditado con la tabla 8 la cual da por resultado un índice Cp> 2 que se cataloga en clase mundial y una calidad de proceso seis sigmas.

Tabla 8.

Análisis de la Capacidad de Proceso.

VALOR ÍNDICE Cp.	**CLASE O CATEGORIA**	**DECISIÓN SI EL PROCESO ESTA CENTRADO**
Cp>2	Clase mundial	Calidad Seis Sigma
1.33<Cp<2	1	Proceso adecuado o proceso capaz
1<Cp<1.33	2	Parcialmente adecuado o proceso capaz
0.67<Cp<1	3	Análisis muy necesario
Cp<0.67	4	No adecuado

Nota: Cinco categorías de proceso que depende del índice Cp suponiendo que el proceso está centrado.

Calculo del Nivel sigma en el proceso

1. Se introduce media del proceso, desviación típica del proceso (S) y límites de especificación.

Media = 0,72384

S= 0,051286515

USL= 1

LSL= 0

2. Determinar el área USL **(Área 1)**

$Z_1 = \frac{USL-\text{x}}{s}$ = 5,38

Distribución normal Z_1= 1,00

3. Determinar el área LSL **(Área 2)**

$Z_2 \frac{LSL-x}{s}$ = -14,11 Distribución normal Z_2= 0,00

4. Calculo del % de productividad (Respecto del proceso)

Área 1 - Área2 = 1,00

Productividad (%) = 100%

5. Nivel de calidad sigma del proceso según rendimiento (ver tabla abajo)

Nivel sigma del proceso = **6,88**

El nivel de calidad sigma del proceso se calcula según el nivel sigma del proceso en función del rendimiento obtenido es decir se compara con la tabla Anexo E en la cual según el nivel sigma del proceso 6,88 y el porcentaje del rendimiento es 99,99966 en conclusión se tiene un seis sigma de clase mundial.

Cabe señalar que para la explicación se realizó el análisis de medición en un punto de una puerta ya que como son 29 y una muestra de 25 paneles, pero para sacar las mediciones globales de todas las muestras de todos los paneles se las realizo midiendo todos los puntos requeridos.

ETAPA 4

Mejorar

En esta fase se establece un plan de mejoras que constituyen el objetivo del proceso de mejora continua, dicho plan se lo realiza con el respaldo y colaboración de los responsables y operarios del dispositivo de comprobación.

Este plan integra el diseño y fabricación del dispositivo de comprobación el cual va a ser diseñado para mejorar los resultados en la medición de los paneles.

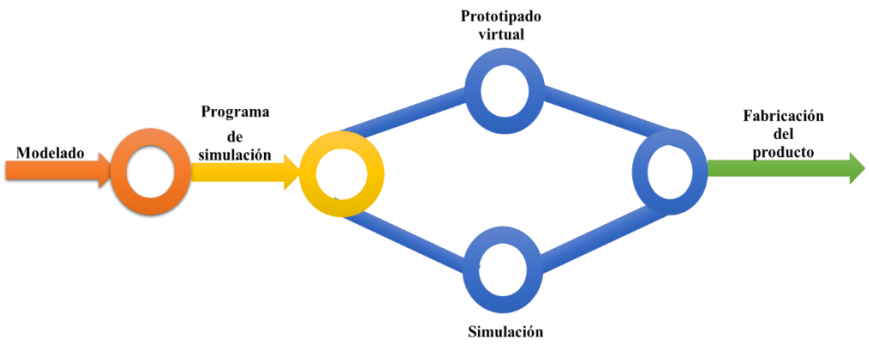


Figura 42. Proceso de Diseño, simulación y fabricación.

En la figura 42 se detalla el flujograma del proceso de diseño de la matriz estandarizada de medición, como es un método experimental se basa en 4 etapas de control las cuales se expuso anteriormente.

El método propuesto requiere del diseño de la geometría funcional de la matriz de medición de un dispositivo de comprobación (Checking fixture) de las puertas del Chevrolet

Sail S3, se especifica el proceso mediante el cual se fabricará teniendo en cuenta varios parámetros y material a utilizar, dimensiones requeridas y mediante la ejecución de la matriz se obtendrá resultados estadísticos los cuales se van a comparar para encontrar la causa raíz de cualquier defecto encontrado.

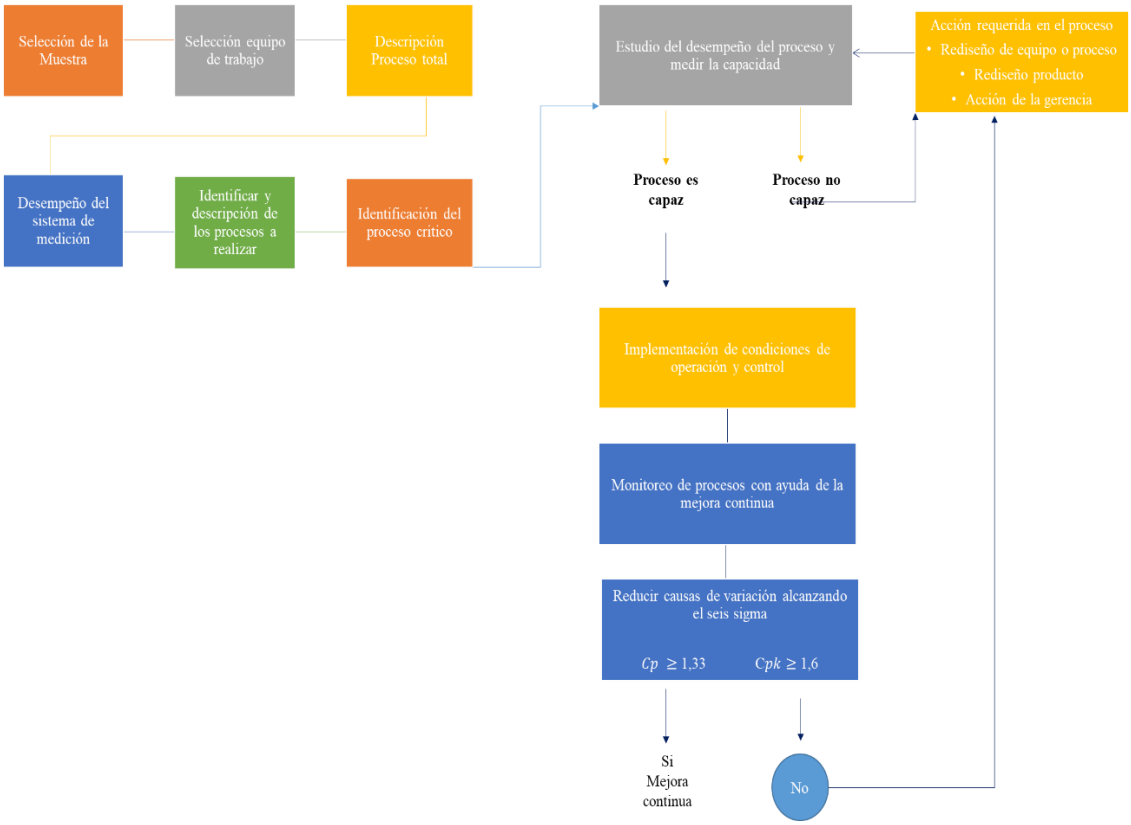


Figura 43. diagrama de procesos actual para realizar la medición.

Simulación y análisis de resultados

Análisis de desplazamiento estático

- Geometría: Pieza soldada
- Material: Acero ASTM A 36
- Tipo de estudio: Estático
- Restricciones: Base fija
- Cargas: Planchas de acero

TABLA 9

Factor de diseño, para la aplicación en materiales dúctiles.

Factor	Aplicación
1.25 a 2.0.	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2.0 a 2.5.	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
2.5 a 4.0.	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos a al ambiente.
4.0 o más.	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente.

Nota. El factor de seguridad del dispositivo de control se mantiene en el 4.0.
Fuente: Recuperado MOTT, R. L. (2006). MECANICA DE FLUIDOS . MEXICO: (p.185).(6a. ed., 1a. reimp.). PEARSON EDUCACION.

Para la simulación con la lámina de 12 mm, con un material existente en el mercado nacional Acero ASTM a36 con el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Tensiones equivalentes producidas, en la escala de VON Mises**, generan una tensión de 1.418 + e03, el cual es aceptable, marcado de color celeste según el código de colores, como se puede observar a continuación.

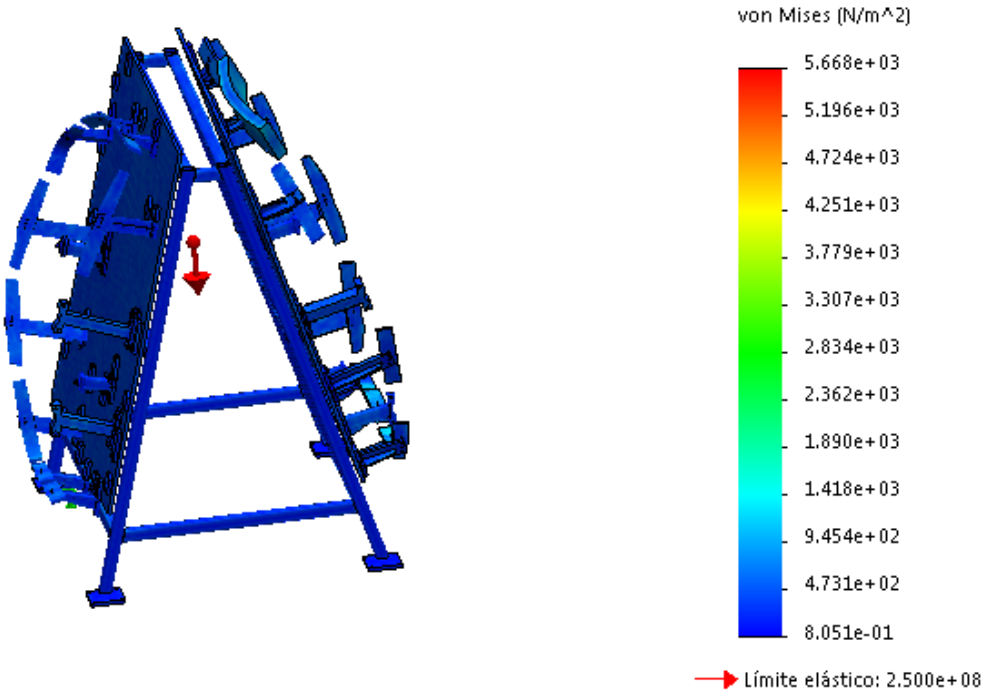


Figura 44. Análisis de tensiones

- **Desplazamiento,** es el desplazamiento originado de 0.004943 mm, como se distingue en la figura 52.

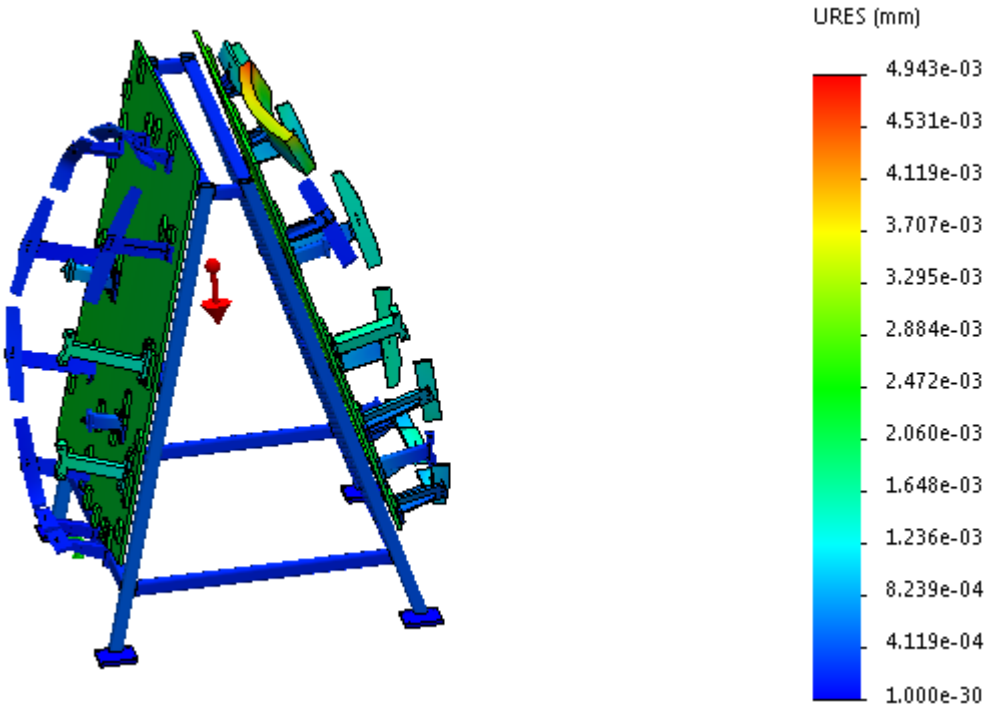


Figura 45. Análisis de Desplazamiento.

- **Factor de seguridad,** en base al criterio de Von Mises, dice que se genera valor mínimo de 4.4, como se indica, por lo que se da como aceptable por ser mayor a 4 como recomienda que sea Rober Mott.

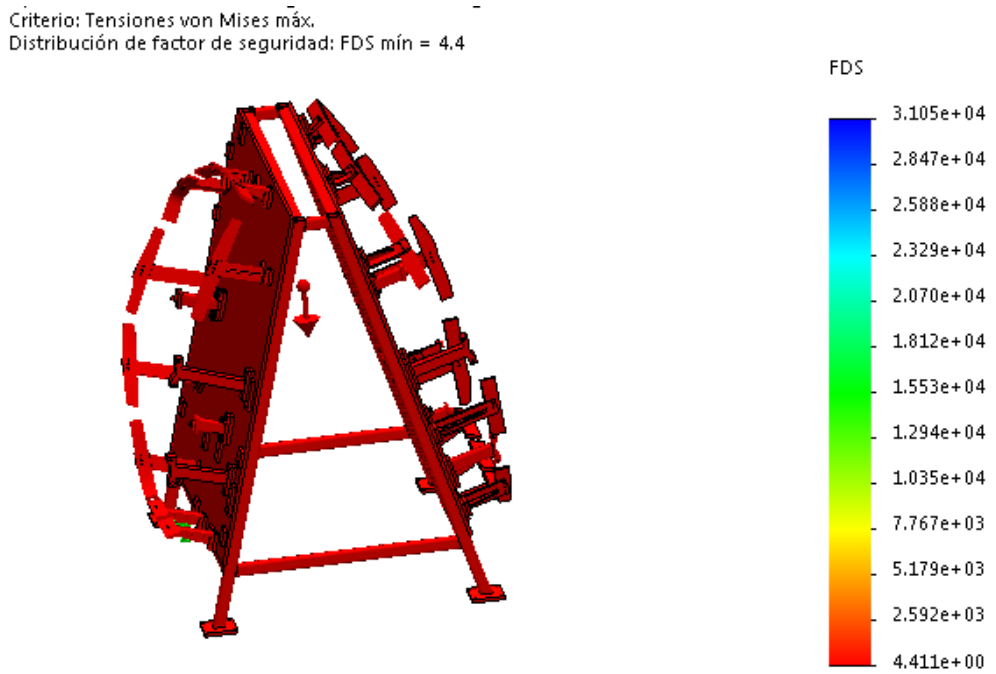


Figura 46. Análisis de Factor de Seguridad.

Diseño del dispositivo de comprobación

Son herramientas que dimensionalmente examinan piezas o ensambles y detalla la variación del proceso de auditoría en la fabricación.

Este tipo de matriz estandarizada debe cumplir 3 directrices:

1. Tener características de fácil acceso que permiten la obtención de datos dimensionales para el diseño del producto y los requisitos de fabricación.
2. Proporcionar puntos de localización consistentes y precisos para lograr la máxima repetibilidad y reproducibilidad.
3. Tener precisión, económicamente construido, exhibir suficiente durabilidad y estabilidad para su uso previsto.

Para llevar a cabo esta matriz estandarizada de medición se basa en un proceso global que tiene General Motors, el cual estipula para la realización de dicho proyecto se debe considerar 3 aspectos indispensables los cuales son:

- Reducir costos y tiempo de espera.
- Reducir o eliminar las revisiones y mejorar la calidad del producto.
- Promover “Hacer el trabajo correctamente a la primera vez”.

Para llevar esos objetivos en la primera etapa se considera las siguientes actividades:

- Personal encargado de realizar la construcción es el Ingeniero de control.
- Ingeniero de medición es la persona encargada de la Sala de medición.
- Ingeniero de Diseño CAD, es el encargado de realizar los diferentes diseños e implementaciones en la planta.
- Auditor de Calidad, es el encargado de realizar las mediciones de los diferentes paneles.
- Los ingenieros que evalúa el diseño y construcción son los gerentes, superintendentes de cada área y los auditores de la sala de medición.
- Personal de la planta (usuarios).
- Equipo para el desarrollo de proyecto, todo el equipo mencionado anteriormente son los delegados para el desarrollo de la matriz estandarizada de medición (Checking Fixture).

Uno de los factores elementales para la realización de este proyecto es la utilización de la técnica *design thinking* para saber desde el punto de vista del usuario sus necesidades, antes de la construcción se debe primero definir al usuario como elemento etnográfico, es decir basándose de los usuarios que vienen hacer el auditor de la sala dimensional.

Para el desarrollo de la propuesta, es necesario realizar una lista de atributos generados para la mejora en la tabla 10 se aprecia una encuesta los puntos clave fueron, como identificar características claves basándose a recomendaciones y necesidades del equipo que trabaja en la Sala de Medición, al área de suelda, al área de CKD y al área de Ensamble los cuales son diferentes grupos en los que están inmersos los diferentes problemas que se genera al encontrar un defecto en los paneles.

Tabla 10.
Encuesta acerca de las especificaciones de diseño del producto.

Necesidad	**Importancia 1 al 10**	**Métrica**	**Valor**	**Demanda (D) / Deseo (d)**
tiempo de medición	9	tiempo	90%	D
Fácil de utilizar	9	confort	90%	d
Cumpla con las especificaciones de los paneles	10	especificación / medidas	100%	D
Versátil y compacto	7	fácil uso	70%	d
Bajar los indicadores de calidad	9	indicadores defectos	≥90%	D

Nota: es la tabla 6 se describe la necesidad al construir la matriz estandarizada de medición.

Análisis de la geometría

A base de los requerimientos de la compañía se debe utilizar dos tipos de referencias:

1. Puntos de referencia como bases de control.
2. Posibles puntos de verificación.

La selección de puntos de referencia como puntos de control real depende de cada pieza o conjunto específico y su proceso de fabricación asociado a comprobar.

El cuerpo de las puertas está formado por paneles rectos con curvaturas interiores y exteriores, marcos, cerchas de refuerzo al impacto bases de bisagras.

Tomando referencia los puntos base donde va sujeto el panel se colocará dos bases y un imán, el cual sirve para que el panel se asiente y no se desplace al momento de realizar las mediciones. Estas 2 bases y el imán van a ser diferentes para cada puerta.

Para hacer una optimización de espacio y ser más ergonómico se realiza un dispositivo de comprobación que alberge los cuatro paneles. Una idea inicial era realizar un Checking Fixture de un solo lateral izquierdo con sus paneles y otro de un lateral derecho con sus paneles, pero era mas costoso y muy grande para poder desplazar a cualquier lado.

Figura 47. Dispositivos de comprobación puerta posterior derecha.
Fuente: (Shanghai Tesuo Industrial Co., Ltd, 2001).

De la figura 47 se observa un dispositivo de comprobación en el cual solo abarca un panel de una puerta, mediante este principio y optimizando espacio se realizó varias pruebas para hacer un dispositivo más compacto y que contenga lo necesario para poder realizar las mediciones requeridas. Con estos antecedentes se parte la lluvia de ideas y se realizar un dispositivo mediante el cual se utilizará dos planchas de acero cada una para el lado izquierdo y derecho, las bases de asentamiento del panel serán dos por lado con imanes de sujeción el

cual será uno por lado y las torres que van al contorno del panel, dependiendo de la zona donde se va a realizar las mediciones requeridas.

Estructura para la base del dispositivo

Para que el dispositivo sea ergonómico, fácil de utilizar y sobre todo que sea seguro, se realiza una estructura en donde albergar las dos planchas bases con sus respectivas torres. Como es una estructura grande se utilizará garruchas para poder movilizarse a donde se la requiera. Con la información antes mencionado se procede a realizar la simulación, se utilizará el programa de diseño Solid Works estudiantil.

Geometría

La sección del modelo parte de una idea y análisis de funcionabilidad para poder medir los paneles del vehículo Chevrolet Sail S3, una idea inicial era ocupar un lateral completo, pero ocupaba mucho espacio, era anti ergonómico, y no existe espacio donde almacenarlo.

Panel

La carrocería del vehículo Chevrolet Sail S3 consta de varios componentes, pero los principales son: marco de la puerta, panel exterior, panel interior que aloja las bisagras y orificios de posicionamiento de las torres, cercha de seguridad.

En el panel interior es donde se aloja las torres de asentamiento, debido a la estructura del panel se tomará tres puntos clave para que el panel se mantenga fijo, es para garantizar que al momento de realizar la toma de las medidas. Uno de los beneficios de utilizar estos paneles es que se encuentra en la planta de General Motor Ecuador, es que existe gran cantidad de ellos y es factible al momento del posicionamiento del panel en las torres de asentamiento.

Esquema del Dispositivo de Comprobación

El dispositivo de comprobación requiere de una base de asentamiento de los diferentes componentes este se encarga de alojarlos por lo que tiene que ser plana, las torres de asentamiento son las encargadas de alojar al panel interior de la puerta, de ahí parte para las demás torres que se encargan de simular a un lateral, debido a su estructura que tiene varias curvaturas se necesita un material dúctil el cual se pueda dar forma del contorno de la puerta. Otra parte es las torres de comprobación de los orificios donde se aloja los pernos de las bisagras, para su comprobación se lo realizara con unos pasadores para cada orificio en total son cuatro.

Como es un dispositivo de comprobación versátil donde se va alojar el panel delantero y posterior derecho existes varias bases, para la puerta delantera son 14 bases y para la posterior 17 bases, depende de que puerta se va a medir se colocara las torres que corresponden a dicho panel.

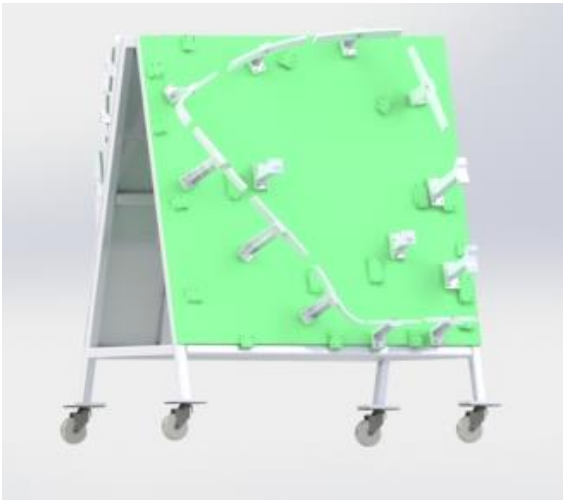


Figura 48. Esquema del Dispositivo de Comprobación Posterior Derecho.

En la figura 48 se aprecia el dispositivo en el que se aloja una puerta posterior derecha, este mismo lado se puede desarmar las torres y colocar las torres de la puerta delantera derecha y se puede realizar las mediciones también así se optimiza tiempo y recursos.

Selección del Material y elementos

Para la selección de los materiales principales para el diseño y construcción del dispositivo de comprobación, se utiliza elementos existentes en la compañía y en proveedor cercano. Los elementos principales requeridos son los de la tabla 11:

Tabla 11
Selección del Material y elementos.

PARTE	MATERIAL	ESPESOR	NORMAS TÉCNICAS
Estructura	Tubo Cuadrado Acero	40 x 40 x 3 mm	ASTM A36
Base torres	Plancha de Acero	10 mm	ASTM A-36
Torres	Platina de Acero	12 x 50 mm	ASTM A-36
Torres	Tubo estructural cuadrado acero	1 ½ x 3 mm	ASTM A-36
Torres	Platina de Aluminio	12 x 50 mm	AA1060

Nota: Material para la construcción de la estructura fija 3 mm espesor tubo cuadrado (DIPAC, 2016), para el resto de material se utiliza el existente en la compañía.

Torres de asentamiento

Con la ayuda del Brazo faro que General Motors del Ecuador posee, se procede a toma de la medida de las bases de asentamiento del panel.

Según Innovmetric (2013 - 2018) El programa PolyWorks|Inspector es:

> Es una poderosa solución de software de metrología 3D industrial que utiliza digitalizadores de nubes de puntos sin contacto y dispositivos de palpado de puntos individuales por contacto para adquirir y controlar dimensiones de piezas y herramientas, diagnosticar y prevenir problemas de fabricación y ensamblaje, guiar construcciones de ensamblaje a través de mediciones en tiempo real y supervisar la calidad de productos ensamblados (pág. 1).

En primera instancia se da las medidas de la platina de acero las cuales son:

- Largo de 1231,03 mm
- Altura de 1216,35 mm
- Espesor de 10 mm

Con estas medidas de referencia se procede a medir las referencias que tiene el panel interno de la puerta en la figura 48, están los puntos a medir para trasladar al eje de coordenadas x en el que se trabaja.

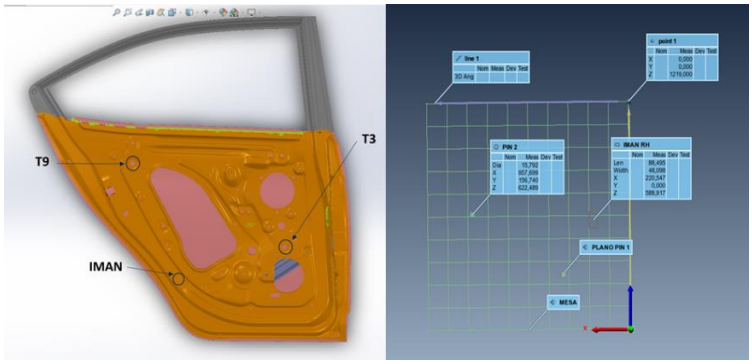


Figura 49. Puntos de Referencia para las Torres de Posicionamiento Panel Posterior.

Estas referencias son importantes ya que se alojar el panel y se parte para realizar las diferentes torres del contorno del panel en total son:

- En la puerta delantera derecha 14 torres y 3 torres de fijación del panel.
- En la puerta posterior derecha 11 torres y 3 de fijación del panel.
- En la puerta delantera izquierda 14 torres y 3 torres de fijación del panel.
- En la puerta posterior izquierda 11 torres y 3 de fijación del panel.

Como solo son paneles no es necesario que el dispositivo de comprobación sea robusto ya que no se emplea mucho peso al alojarlo en la misma. Pero si se considera en base a los requerimientos de la compañía y el material existente.

A partir de las torres de fijación se coloca en una mesa de prototipado de proyectos la cual tiene una dimensión de 2,50 metros de largo por 1,50 metros de ancho en la cual se sobrepuso una puerta, con esto se va a garantizar que la distancia de altura para las torres sean las adecuadas.

En la figura 49 se observa el panel sobrepuesto en la mesa de prototipado en la cual se valida la altura en la cual debe estar fijada para realizar las torres de los alrededores de la puerta, se toma en cuenta solo las partes donde más se necesita tomar las mediciones.

Figura 50. Torres de fijación e imán de sujeción del dispositivo de comprobación.

Como está en la mesa de prototipado se valida la altura en la que debe quedar las torres de fijación y de ahí se parte para el diseño y fabricación de los diferentes conjuntos que posee el dispositivo de comprobación.

Panel de asentamiento de las torres

Para proceder a realizar el diseño se parte de las bases que se obtuvo de la toma de medición del panel. Una vez que se obtuvo la medida de las torres base se procede a colocar las torres alrededor del panel para identificar las diferentes bases donde van anclado las torres. En el Anexo A se encuentra las especificaciones de la platina de acero.

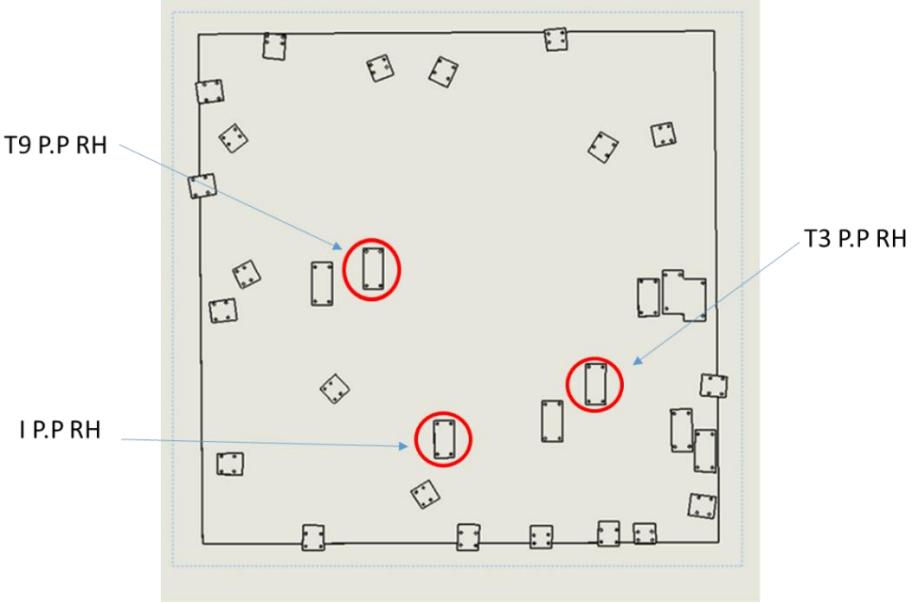


Figura 51. Panel de Asentamiento de las Torres Posterior Rh.

En la figura 51 se encuentran las bases de asentamiento de las torres las cuales se colocaron dependiendo de que segmento se va a validar.

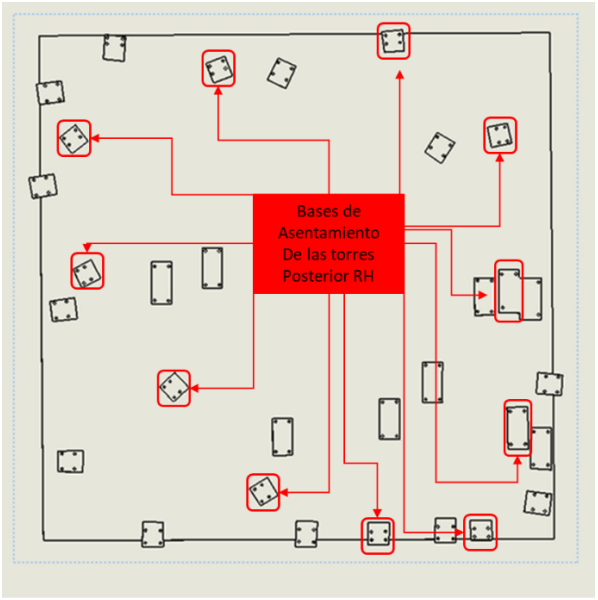


Figura 52. Bases de Asentamiento Torres Posterior Rh.

Una vez que se conoce los puntos donde van asentado las torres de posicionamiento se procede a conocer la altura en que el panel debe quedar con respecto a la base, esto sirve para poder verificar las bisagras de cada panel en qué condiciones está llegando.

Diseño tridimensional Dispositivo de Comprobación (Checking Fixture)

El desarrollo del modelado tridimensional se lo desarrolla en base a los paneles derechos proporcionados por la empresa, las dimensiones de los paneles se muestran en el Anexo A.

Para realizar el diseño se utiliza un software de diseño denominado Solid Works en su versión estudiantil. Con la ayuda de los paneles se logrará tomar de referencia las torres de posicionamiento para luego seguir colocando las demás torres al contorno del panel.

Fase de desarrollo inicial

El pilar fundamental del dispositivo de comprobación va a ser su estructura figura 52, la cual está conformada de tubos cuadrado estructural de 40 x 40 x 3mm, norma ASTM A 36 de 6 metros, material que se encuentra disponible en el país, se utilizó 5 tubos en la realización de la estructura y las especificaciones mas detalladas se localiza en el Anexo C.

Esta estructura es la que soportara unas planchas las cuales van alojados los diferentes componentes del proyecto.

Figura 53. Estructura del Dispositivo de Comprobación.-

Planchas de asentamiento

Las planchas que se utilizó fueron reutilizadas de la propia empresa figura 53, son dos planchas de acero, Norma ASTM A36 con unas dimensiones de 1230,01 mm de largo, 1220,56 mm de alto y de ancho es de 10 mm, estas planchas de acero se van a encargar de alojar las diferentes torres de sujeción y torres de comprobación de holguras.

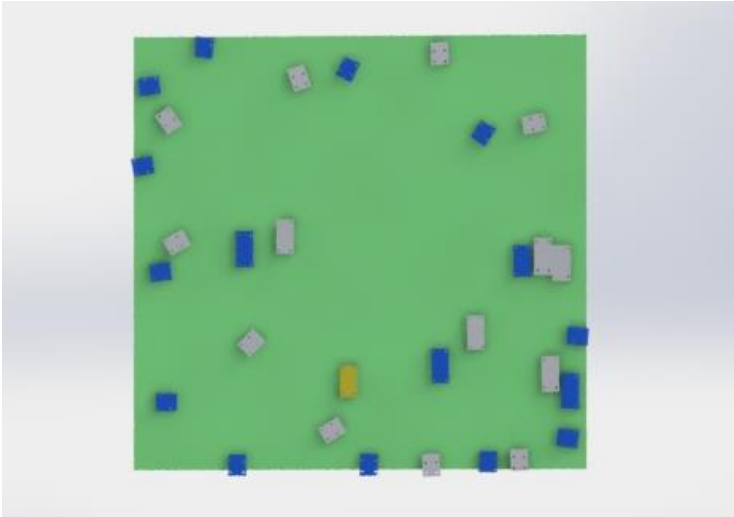


Figura 54. Plancha de Asentamiento de Torres y bases de torres.

Bases de las torres

Para optimizar la base de la estructura de cada lado, se realizó un diseño optimo con la finalidad de que en cada base ingrese dos paneles y que al momento de hacer la medición de cualquier panel se arme las torres correspondientes a dicho panel.

Por tal motivo para el panel delantero se utiliza 17 bases en las cuales se van a situar en el contorno del panel y en tres puntos referenciales, para el otro panel posterior son 14 bases, total se realizó 31 bases donde se alojan las torres de medición. Como son dos planchas en total serian 62 bases las cuales están distribuidas para cada lado. Se utilizo platinas de acero de 10 mm, Norma ASTM A36 como se puede observar en la figura 53.

Torres de alojamiento del panel

Las torres están compuestas por tres elementos: la base, estructura y panel de medición. Las bases de las torres y la estructura están hechas de platina de acero 12 x 50 mm, con Norma ASTM A36, para la placa de medición que lleva la torre se la realizo con platina de aluminio de 12 x 50 mm, con Norma AA1060 dichas platinas son móviles dependiendo de la holgura de especificación de las ajusta.

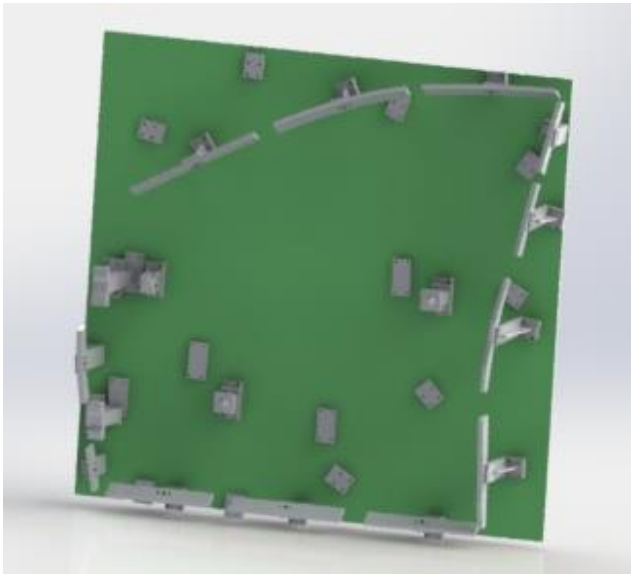


Figura 55. Torres de la Base.

Torres de posición de orificios para las bisagras

Estas torres de posición figura 55, son las encargadas de verificar que los orificios donde se aloja los pernos de las bisagras se encuentren bien posicionados ya que existen antecedentes de la fuente que vienen en diferentes posiciones, están construidas la base de platina de acero 12 x 50 mm, Norma ASTM A-36, para la torre se utilizó tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 3 mm, Norma ASTM 36.

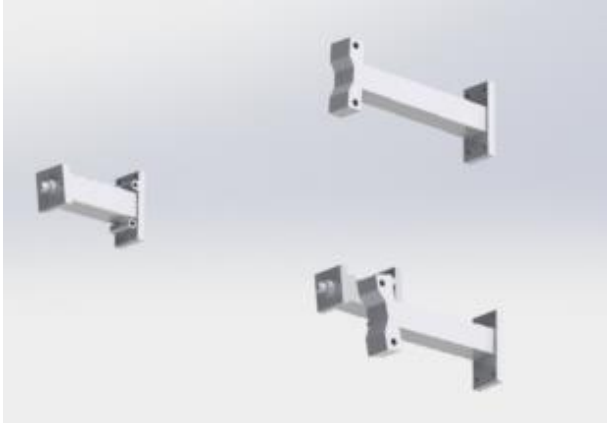


Figura 56. Torres de Posición de los Orificios de Las Bisagras.

Rodachines

Para que la estructura pueda desplazarse a cualquier lado se colocó rodachines figura 56, los cuales la compañía tenía de inventario. Estos rodachines constan de freno asistido el cual se encarga de mantener fijo el dispositivo de comprobación. La estructura está compuesta de Acero al Carbón, Norma ANSI 32 y la rueda está compuesta de un material de poliuretano elastómero con una capacidad de carga de 480 kg.

Figura 57. Rodachin industrial.

CAD puertas del Chevrolet Sail S3.

Para la realización de este proyecto la empresa autorizo la utilización de los CAD de las puertas para poder realizar el dispositivo de comprobación y determinar los parámetros iniciales para su fijación en la base de la estructura.

Figura 58. Puertas CAD Chevrolet Sail S3.
Fuente: *(General Motors Corporation, 2000)*

Construcción

Cortadora de Sierra Orbital

Para la fabricación de la estructura se necesita 4 tubos cuadrados de acero 40x 40 x 3 mm. En la construcción intervienen proceso de cortado de sierra orbital figura 58, con enfriamiento con refrigerante universal RK12. Con esta máquina se realiza los cortes más fáciles y rápidos manteniendo las especificaciones correctas al cortar.

Figura 59. Cortadora de Sierra Orbital con enfriamiento de refrigerante.

Esta misma máquina corta las platinas de acero, como las platinas de aluminio como es una cortadora industrial posee varias funciones las cuales ayudaron a realizar los diferentes cortes en los distintos materiales que se utilizó.

Taladrado

Para realizar las diferentes perforaciones se utilizó un taladro industrial de marca *Top Tech Optimum* por su facilidad y efectividad de penetración.

Figura 60. Taladro de Banco / de Columna eléctrica Top Tech.

Torneado

Algunas platinas se tuvieron que realizar los diferentes trazos y desbastes por lo que se utilizó un torno el cual trabaja mediante el arranque de material utilizando herramientas de corte y broca.

Figura 61. Torno Paralelo.

Fresado

Para la construcción de las platinas de medición se utilizó la fresadora industrial la cual se encarga de realizar trabajos mecanizados por arranque de viruta, mediante el movimiento de la herramienta rotativa permite dar la forma a la platina de aluminio.

Figura 62. Fresadora Tipo Torreta.

Soldadura

En este paso se realiza por los diferentes componentes del dispositivo de comprobación en primera instancia en la figura 62 se realiza soldando la estructura, plancha base, bases de las torres, torres y sus componentes, utilizando alambre para MIG AW A5.18, ER70S-6 de 0.35 pulgadas de diámetro, con un amperaje de 90 -280 amperios, de electrodo positivo.

Figura 63. Soldando los Diferentes Componentes.

Pintura

Una vez acabado de soldar todos los componentes se procede a pasar una primera mano de fondo, para posterior pintar la base principal de color celeste eléctrico, para diferenciar las torres que corresponden a cada puerta se las pintara de diferentes colores. Solo a las platinas de aluminio se dejará con el mismo color como son de medición no es necesario pintarlas.

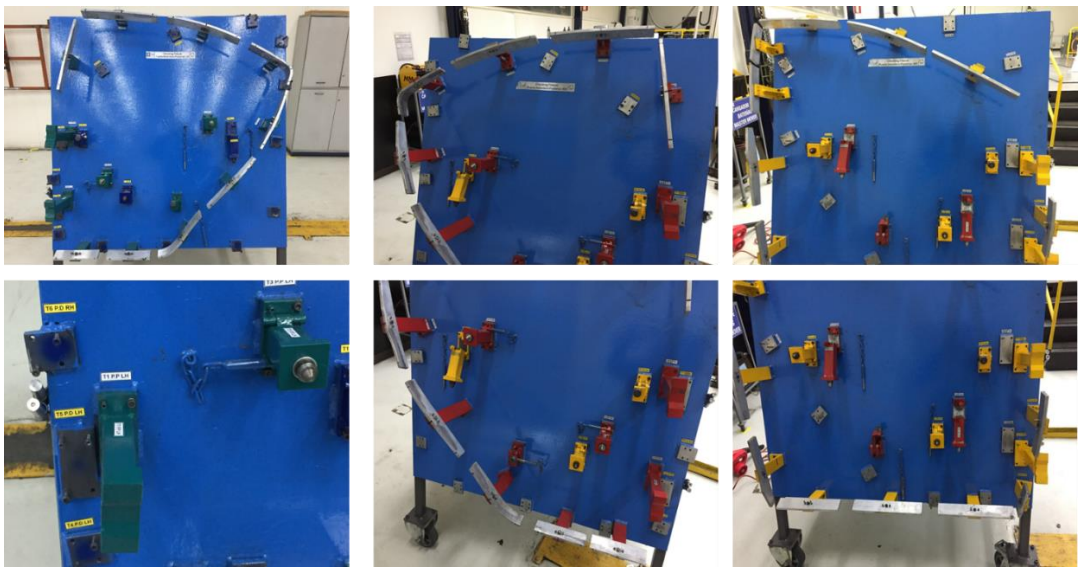


Figura 64. Dispositivo de Comprobación Pintado.

Implementación

Para el uso del dispositivo se realiza una hoja de instrucciones de tarea Anexo H, para realizar las mediciones la cual consta las actividades antes, durante y después del uso del dispositivo de comprobación.

En la toma de datos se obtuvo problemas en algunas puertas las cuales no ingresaba los pines de las torres de las bisagras, es otra ventaja al utilizar este dispositivo ya se puede identificar los paneles defectuosos provenientes de China y así realizar un reporte de gerencia para comunicar las diferentes anomalías a la fuente. Como se realizó bajo un panel estándar, se calibro y certifico por el auditor del CMM.

Figura 65. Proceso de calibración y verificación de los orificios de las bisagras.

Una vez calibrado el dispositivo de control, se identifica cada uno de los componentes y la certificación del dispositivo de control esto lo realiza el auditor de la sala de medición.

Comparación de método anterior de medición con el actual

A partir de esta etapa se evalúa el proceso anterior y la solución actual, en el proceso anterior se utilizaba la CMM para realizar la medición de las puertas como se observa en la figura aquí se colocaba unas torres al piso, se colocaba la puerta, Centramiento y se programaba en La CMM y luego se realizaba la auditoria que tenía un tiempo aproximado de 530 min. En la figura se observa los resultados:

- Para cada puerta se genera 8 puntos a evaluar la holgura los cuales se mantiene las tolerancias de 0.25, pero la nominal es variable dependiendo de cada punto esto se hace referencia de nominal que se calibro el equipo que es de 1.57, por tal motivo los limites también van a hacer variables teniendo en el punto 1lh inferior de 1.32 y el superior de 1.82.

- Si el Cp < 1.33 La variabilidad del proceso es amplia (el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones).
- Si el Cp >= 1.33 La variabilidad es mínima el proceso se encuentra bajo control (el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones).
- En consecuencia, en la medición anterior sin utilizar el dispositivo de comprobación tenía un Cp de 0.52 y el Cpk de 0.49 con lo que según la regla el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones.

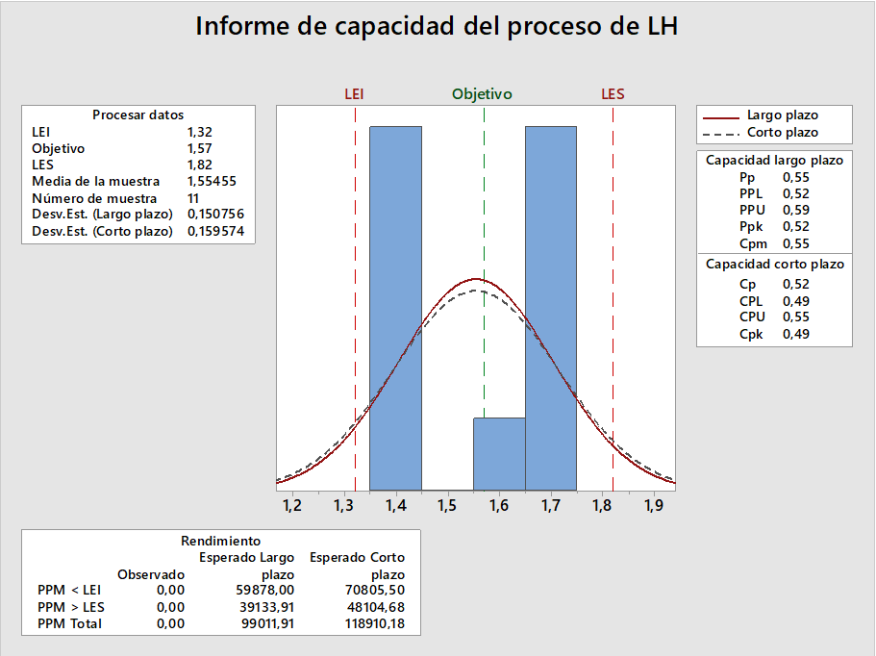


Figura 66. Medición anterior de los paneles del Chevrolet Sail S3.

Para el nivel seis sigma también se realizó el estudio y se tiene que la capacidad a largo plazo del nivel seis sigma es de 1.29 comparando con la Anexo Y se obtiene un 40.3% de rendimiento y a corto plazo el nivel es de 1.18 de igual manera se compara con el Anexo E y se obtiene el mismo rendimiento.

Al tener un nivel de 1.29 quiere decir que está permitiendo 99011.91 partes por millón por lo tanto no se ha llegado al nivel sigma de 3 o 4 es cuando se define que un proceso está en la

capacidad de operar dentro de las necesidades del cliente y es el primer paso para llevar el proceso a un nivel sigma de seis.

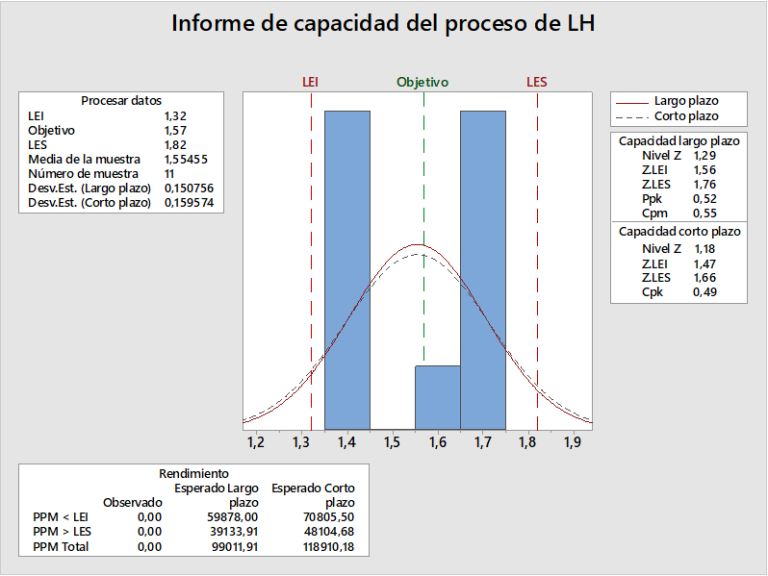


Figura 67. Nivel sigma del proceso anterior.

En el proceso actual ya utilizando el dispositivo de comprobación se realiza la medición en un tiempo de 120 minutos bajando considerablemente el desperdicio de tiempo esto quiere decir que se mejoró uno de los 10 desperdicio que es tiempos cortos de respuesta y brindando una mejor medición, más ergonómica y sin tantas complicaciones.

Para realizar la auditoria actualmente se procede a realizar con una planificación, se preparar el dispositivo de comprobación para el panel requerido, luego se lo coloca en las torres de asentamiento y se procede a medir los 29 puntos establecidos por el auditor estos puntos van a medir las holguras de cada uno, con la ayuda del *láser Gauge* se procede a tomar las mediciones para luego ingresar a la base de Excel la cual se procede a validar los resultados y luego a realizar el reporte de la capacidad de proceso y el seis sigma. En la figura 80 se observa los resultados:

- Para cada puerta se genera 29 puntos a evaluar la holgura los cuales se mantiene las tolerancias de 0.50, pero la nominal es variable dependiendo de cada punto

esto se hace referencia de nominal que se calibro el equipo que es de 0.50, por tal motivo los limites también van a hacer variables teniendo en el punto 1lh inferior de 0 y el superior de 1.

- Si el Cp < 1.33 La variabilidad del proceso es amplia (el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones).
- Si el Cp >= 1.33 La variabilidad es mínima el proceso se encuentra bajo control (el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones).
- En consecuencia, en la medición actual utilizando el dispositivo de comprobación tiene un Cp de 6.19 y el Cpk de 5.71 con lo que según la regla la capacidad del proceso es mayor a 1.33 por lo que es capaz de cumplir con las especificaciones.

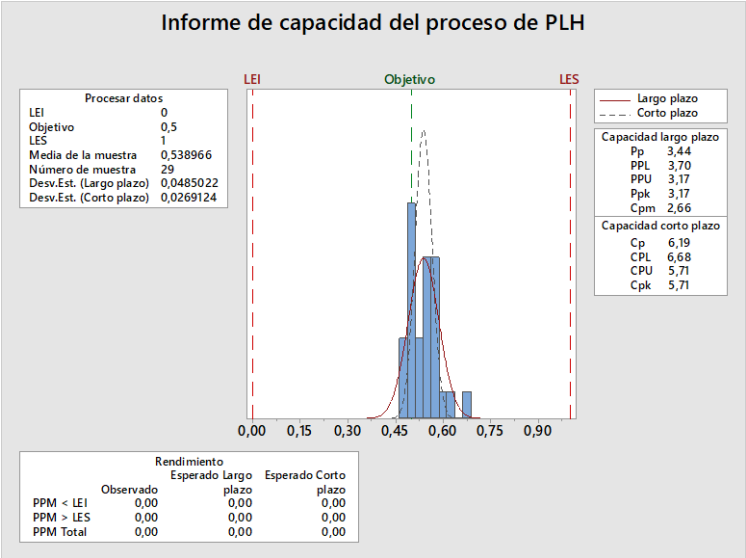


Figura 68. Resultados de la Capacidad de Proceso actual con el dispositivo de comprobación.

Para el nivel seis sigma también se realizó el estudio y se tiene que la capacidad a largo plazo del nivel seis sigma es de 9.51 comparando con la Anexo E se obtiene un 99.99966%

Al tener un nivel de 9.51 quiere decir que está permitiendo 0 partes por millón por lo tanto se ha llegado al nivel seis sigma es cuando se define que un proceso está en la capacidad de operar dentro de las necesidades del cliente y llevar el proceso a un nivel sigma de seis.

En consecuencia, con el nuevo dispositivo de comprobación se aumentó el nivel de 40.3% al 99.99966% que es un nivel que se requería para la auditoria de los paneles.

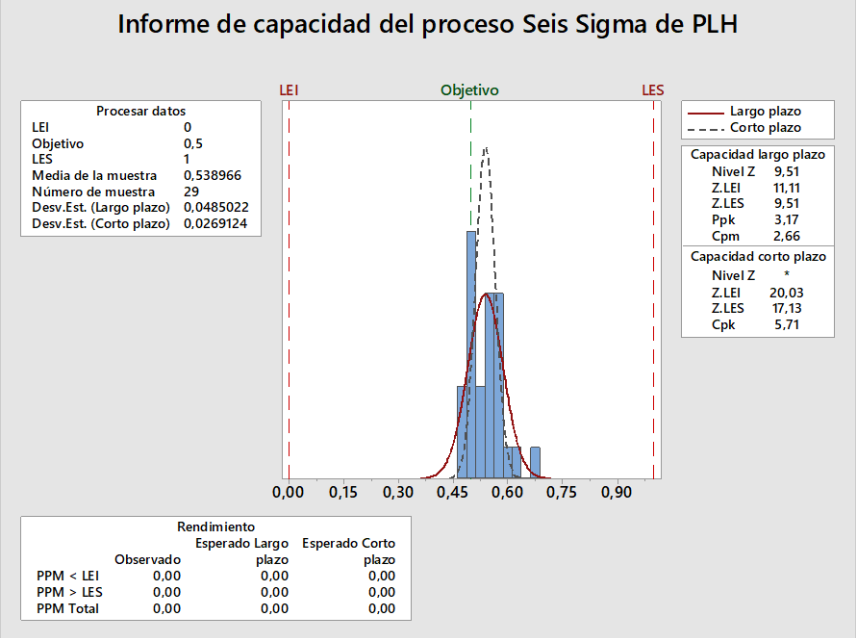


Figura 69. Informe de la capacidad de proceso seis sigma de puerta izquierda.

Etapa 5

Control

Pruebas y determinación de muestra base

Una vez construido el dispositivo de comprobación se debe realizar una calibración de los componentes esto es indispensable para poder sacar las holguras bases para su control, se lo realiza por medio de lainas se coloca en las bases de aluminio como son atornilladas estas se pueden desplazar hacia a dentro o afuera, dependiendo el requerimiento de la empresa se coloca la tolerancia de holgura para el dispositivo.

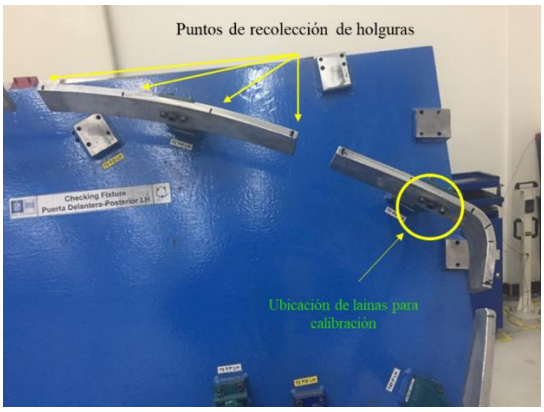


Figura 70. Colocación de Lainas en las bases de aluminio para la calibración del dispoitivo.

En la figura 70 se puede observar los puntos donde se medirá las holguras necesarias y donde están ubicados las bases de aluminio, ahí se ubican las lainas de calibración para dejar una tolerancia para todo el contorno del dispositivo.

Ya realizado la calibración se procede a determinar cuántos puntos se va a evaluar, esto se lo realiza con la ayuda de la necesidad de la compañía, el auditor dio por determinado realizar 29 mediciones de holguras en el contorno de las puertas.

Tabla 12
Distribución de puntos en los cuatro paneles.

PUERTA POSTERIOR IZQUIERDA		**PUERTA DELANTERA IZQUIERDA**		**PUERTA POSTERIOR DERECHA**		**PUERTA DELANTERA DERECHA**	
TORRES	**PUNTOS**	**TORRES**	**PUNTOS**	**TORRES**	**PUNTOS**	**TORRES**	**PUNTOS**
T1PPLH	3	T1PDLH	2	T1PPRH	3	T1PDRH	2
T2PPLH	2	T2PDLH	2	T2PPRH	2	T2PDRH	2
T3PPLH	3	T3PDLH	2	T3PPRH	3	T3PDRH	2
T4PPLH	3	T4PDLH	3	T4PPRH	3	T4PDRH	3
T5PPLH	3	T5PDLH	3	T5PPRH	3	T5PDRH	3
T6PPLH	4	T6PDLH	2	T6PPRH	4	T6PDRH	2
T7PPLH	4	T7PDLH	2	T7PPRH	4	T7PDRH	2
T8PPLH	3	T8PDLH	3	T8PPRH	3	T8PDRH	3
T9PPLH	4	T9PDLH	3	T9PPRH	4	T9PDRH	3
		T10PDLH	3			T10PDRH	3
		T11PDLH	2			T11PDRH	2
		T12PDLH	2			T12PDRH	2
TOTAL	**29**	**TOTAL**	**29**	**TOTAL**	**29**	**TOTAL**	**29**

Nota: para cada panel se realizará 29 muestras de holguras, con el sentido de cada una de ellas.

El sentido de medición se establece de la siguiente forma:

1. Para la puerta delantera izquierda el sentido de toma de mediciones es antihorario, parte de la torre **T1PPLH.**
2. Para la puerta posterior izquierda el sentido de toma de mediciones de holgura es antihorario, parte desde la torre **T1PDLH.**
3. Para la puerta delantera derecha el sentido de toma de mediciones es horaria, parte de la torre **T1PPRH.**
4. Para la puerta posterior derecha el sentido de toma de mediciones de holgura es antihorario, parte desde la torre **T1PDRH.**

Se debe dar el sentido para que las muestras no salgan negativas y tener solo positivas para no equivocarse al momento de realizar el análisis de la capacidad.

Una vez que se obtiene las medidas se procede a descargar en el ordenador e ingresar a unas bases de Excel que se implementó la cual es encargadas de ingresar los datos analizar y arrojar resultados de cómo está la variación del proceso de las holguras en los paneles.

El modo es ingresando los datos del *láser gauge,* se le conecta al computador y se descarga la información a la base de descargas

Una vez ingresado automáticamente se carga a la base general de toma de muestra ahí se valida el rango de la muestra, la media, la sigma, el seis sigma, el rango medio, Cp, Cpk, Cpk2. Se obtiene la capacidad de proceso por cada punto auditado mediante el cual se da un reporte de su comportamiento.

Como es una base muy extensa que arroja datos estadísticos hay que tener cuidado en no cambiar todas las fórmulas ya que esto puede implicar que se dé resultados erróneos, solo personal calificado o con conocimientos de estadística puede utilizar estas bases de control.

Tabla 13

Muestras de holguras de la puerta posterior Izquierda

DISPOSITIVO DE COMPROBACIÓN PUERTA POSTERIOR LH

LIMITE SUPERIOR: 1

LIMITE INFERIOR: 0

TOLERANCIA: 0.5

MUESTRAS: 25

N	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	0,5	0,51	0,48	0,49	0,52	0,55	0,52	0,45	0,58	0,5	0,5	0,53	0,54	0,49	0,44	0,51	0,52	0,48	0,5	0,74	0,49	0,45	0,53	0,68	0,51
2	0,58	0,59	0,56	0,57	0,6	0,63	0,6	0,53	0,66	0,58	0,58	0,61	0,62	0,57	0,52	0,59	0,6	0,56	0,58	0,74	0,57	0,53	0,61	0,68	0,59
3	0,62	0,63	0,6	0,61	0,64	0,67	0,64	0,57	0,7	0,62	0,62	0,65	0,66	0,61	0,56	0,62	0,64	0,6	0,62	0,69	0,61	0,57	0,65	0,63	0,63
4	0,68	0,69	0,66	0,67	0,7	0,73	0,7	0,63	0,76	0,68	0,68	0,71	0,72	0,67	0,62	0,69	0,7	0,66	0,68	0,62	0,67	0,63	0,71	0,56	0,69
5	0,58	0,59	0,56	0,57	0,6	0,63	0,6	0,53	0,66	0,58	0,58	0,61	0,62	0,57	0,52	0,59	0,6	0,56	0,58	0,85	0,57	0,53	0,61	0,79	0,59
6	0,57	0,58	0,55	0,56	0,59	0,62	0,59	0,52	0,65	0,57	0,57	0,6	0,61	0,56	0,51	0,58	0,59	0,55	0,57	0,75	0,56	0,52	0,6	0,69	0,58
7	0,56	0,57	0,54	0,55	0,58	0,61	0,58	0,51	0,64	0,56	0,56	0,59	0,6	0,55	0,5	0,57	0,58	0,54	0,56	0,82	0,55	0,51	0,59	0,76	0,57
8	0,58	0,59	0,56	0,57	0,6	0,63	0,6	0,53	0,66	0,58	0,58	0,61	0,62	0,57	0,52	0,59	0,6	0,56	0,58	0,79	0,57	0,53	0,61	0,73	0,59
9	0,54	0,55	0,52	0,53	0,56	0,59	0,56	0,49	0,62	0,54	0,54	0,57	0,58	0,53	0,48	0,55	0,56	0,52	0,54	0,9	0,53	0,49	0,57	0,53	0,55
10	0,59	0,6	0,57	0,58	0,61	0,64	0,61	0,54	0,67	0,59	0,59	0,62	0,63	0,58	0,53	0,6	0,61	0,57	0,59	0,58	0,58	0,54	0,62	0,52	0,6
11	0,55	0,56	0,53	0,54	0,57	0,6	0,57	0,5	0,63	0,55	0,55	0,58	0,59	0,54	0,49	0,56	0,57	0,53	0,55	0,85	0,54	0,5	0,58	0,79	0,56
12	0,53	0,54	0,51	0,52	0,55	0,58	0,55	0,48	0,61	0,53	0,53	0,56	0,57	0,52	0,47	0,54	0,55	0,51	0,53	0,74	0,52	0,48	0,56	0,68	0,54
13	0,56	0,57	0,54	0,55	0,58	0,61	0,58	0,51	0,64	0,56	0,56	0,59	0,6	0,55	0,5	0,57	0,58	0,54	0,56	0,8	0,55	0,51	0,59	0,74	0,57
14	0,55	0,56	0,53	0,54	0,57	0,6	0,57	0,5	0,63	0,55	0,55	0,58	0,59	0,54	0,49	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,54	0,5	0,58	0,57	0,56
15	0,57	0,58	0,55	0,56	0,59	0,62	0,59	0,52	0,65	0,57	0,57	0,6	0,61	0,56	0,51	0,58	0,59	0,55	0,57	0,52	0,56	0,52	0,6	0,46	0,58
16	0,48	0,49	0,46	0,47	0,5	0,53	0,5	0,43	0,56	0,48	0,48	0,51	0,52	0,47	0,42	0,49	0,5	0,46	0,48	0,69	0,47	0,43	0,51	0,63	0,49
17	0,49	0,5	0,47	0,48	0,51	0,54	0,51	0,44	0,57	0,49	0,49	0,52	0,53	0,48	0,43	0,5	0,51	0,47	0,49	0,69	0,48	0,44	0,52	0,63	0,5
18	0,5	0,51	0,48	0,49	0,52	0,55	0,52	0,45	0,58	0,5	0,5	0,53	0,54	0,49	0,44	0,51	0,52	0,48	0,5	0,5	0,49	0,45	0,53	0,44	0,51
19	0,48	0,49	0,46	0,47	0,5	0,53	0,5	0,43	0,56	0,48	0,48	0,51	0,52	0,47	0,42	0,49	0,5	0,46	0,48	0,57	0,47	0,43	0,51	0,51	0,49
20	0,47	0,48	0,45	0,46	0,49	0,52	0,49	0,42	0,55	0,47	0,47	0,5	0,51	0,46	0,41	0,48	0,49	0,45	0,47	0,85	0,46	0,42	0,5	0,79	0,48
21	0,49	0,5	0,47	0,48	0,51	0,54	0,51	0,44	0,57	0,49	0,49	0,52	0,53	0,48	0,43	0,5	0,51	0,47	0,49	0,89	0,48	0,44	0,52	0,83	0,5
22	0,5	0,51	0,48	0,49	0,52	0,55	0,52	0,45	0,58	0,5	0,5	0,53	0,54	0,49	0,44	0,51	0,52	0,48	0,5	0,86	0,49	0,45	0,53	0,8	0,51
23	0,5	0,51	0,48	0,49	0,52	0,55	0,52	0,45	0,58	0,5	0,5	0,53	0,54	0,49	0,44	0,51	0,52	0,48	0,5	0,62	0,49	0,45	0,53	0,56	0,51
24	0,5	0,51	0,48	0,49	0,52	0,55	0,52	0,45	0,58	0,5	0,5	0,53	0,54	0,49	0,44	0,51	0,52	0,48	0,5	0,88	0,49	0,45	0,53	0,82	0,51
25	0,52	0,53	0,5	0,51	0,54	0,57	0,54	0,47	0,6	0,52	0,52	0,55	0,56	0,51	0,46	0,53	0,54	0,5	0,52	0,84	0,51	0,47	0,55	0,78	0,53
26	0,56	0,57	0,54	0,55	0,58	0,61	0,58	0,51	0,64	0,56	0,56	0,59	0,6	0,55	0,5	0,57	0,58	0,54	0,56	0,51	0,55	0,51	0,59	0,45	0,57
27	0,57	0,58	0,55	0,56	0,59	0,62	0,59	0,52	0,65	0,57	0,57	0,6	0,61	0,56	0,51	0,58	0,59	0,55	0,57	0,48	0,56	0,52	0,6	0,42	0,58
28	0,52	0,53	0,5	0,51	0,54	0,57	0,54	0,47	0,6	0,52	0,52	0,55	0,56	0,51	0,46	0,53	0,54	0,5	0,52	0,58	0,51	0,47	0,55	0,52	0,53
29	0,49	0,5	0,47	0,48	0,51	0,54	0,51	0,44	0,57	0,49	0,49	0,52	0,53	0,48	0,43	0,5	0,51	0,47	0,49	0,58	0,48	0,44	0,52	0,52	0,5

Nota: Esta es la tabla de las muestras realizadas de 25 paneles diferentes y se audito al contorno de la puerta 29 holguras.

Para obtener el resultado del seis sigma se coloca los datos auditados den el programa Minitab, la cual genera por puntos de medición en la figura 84 se obtiene los resultados finales del comportamiento del seis sigmas.

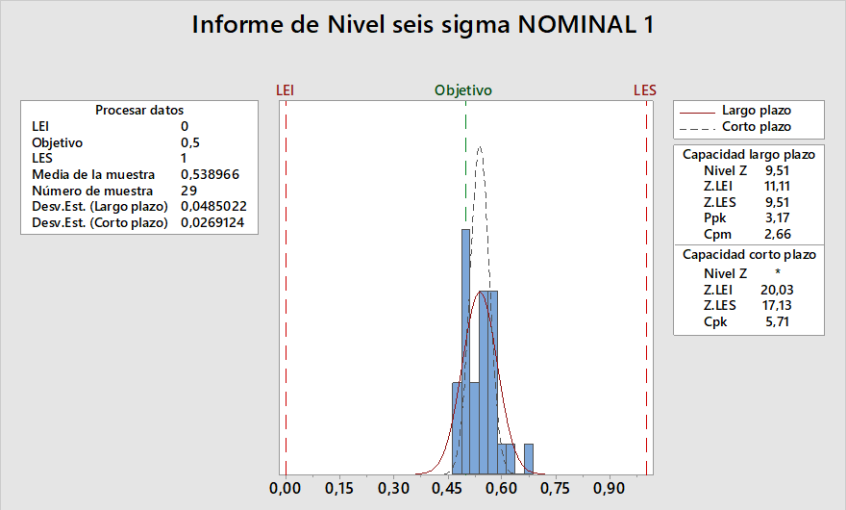


Figura 71. Calculo del nivel seis sigma del dispositivo de control.

En la capacidad a largo plazo se obtuvo un nivel z o seis sigma de 9.51 dando un rendimiento de 99.99966% el cual llega a un nivel aceptable por el cliente. No se tiene el objetivo de la media en el centro, pero es aceptable ya que está dentro de los limites inferior y límite superior.

La participación de las diferentes áreas es fundamental ya que en la etapa de control es que se mejore el tiempo en solución de problemas encontrados en las distintas áreas.

Se establece un sistema de control que sirve para:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a generar.
- Mantener las mejoras y conocimientos obtenidos de forma que no se olvide.
- Mantener el desempeño de los procesos.
- Cada vez lograr avanzar con nuevos procesos de la mejora continua.

En la tabla 14 Se generará un plan en el cual se especifique los parámetros a medir, los responsables, las herramientas que se van a utilizar, los indicadores y el tiempo de control a mejorar, para realizar este plan se lo realizara de una forma ordenada y sistemática.

Tabla 14.

Descripción del plan de Control.

PLAN DE CONTROL	
Responsable:	Supervisor de Calidad
Proceso por controlar:	La capacidad del panel
Seguir la secuencia del proceso: 1. Colocar las torres de la puerta a medir. 2. Colocar en la base de sujeción la puerta auditada. 3. Colocar los pasadores de las torres de comprobación de las bisagras 4. Observar las líneas de referencia para proceder a medir. 5. Utilizar el Laser Gauge o las galgas	
Producto: Puertas: delantera derecha, posterior derecha, delantera izquierda y posterior izquierda.	
Características de control: Número de puntos fuera de especificación	
Herramientas por utilizar: Laser gauge o galgas, graficas de control en Excel.	
Periodo de Control: Semanal	

Nota: Este plan de control se lo puede modificar dependiendo que necesidades que tiene el cliente interno o externo.

Análisis de la Capacidad de procesos y seis sigma con Minitab

Se entiende como controlar la ejecución de cuadros de control que servirán para realizar un seguimiento de los resultados sobre las mejoras que se hicieron a través de la implementación del dispositivo de comprobación del proyecto.

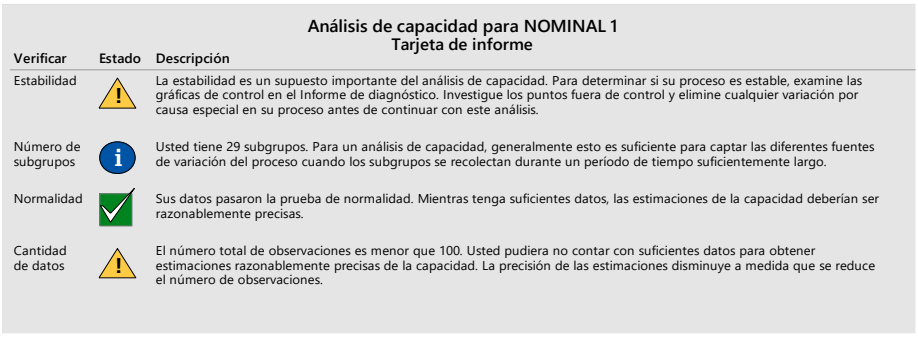
Los cuadros de control se clasifican en dos:

1. Discretos. - se basa en los atributos entendiendo como la proporción o cantidad defectos sobre el total que siempre estará representado en porcentaje o números enteros.
2. Continuos. - se basa sobre especificaciones específicas como volumen, temperaturas, longitudes, toma de muestras, etc. Se considera a los datos dentro de la distribución normal por lo cual se va a permitir unos rangos que abarcan números decimales o fraccionarios.

Para realizar el control se utilizará el programa Minitab el cual ayudara a realizar de mejor manera el control del proceso del proyecto, como se basa en descripciones especificas es decir toma de muestras la variable es continua.

Para realizar el control se necesitará el análisis de capacidad para determinar si el proceso es capaz de producir resultados que cumplan los requerimientos del cliente.

La capacidad del proceso determina la capacidad del proceso actual y predecir la capacidad continua a futuro del proceso. Cuando se utiliza datos del proceso actual para predecir el futuro se debe tomar en cuenta el proceso actual sea estable y estar bajo control, si no está bajo estas dos características no se podrá predecir con exactitud la capacidad futura. Con el programa Minitab se ingresa al análisis de capacidad, ingresando los datos estadísticos de la muestra 1 y se genera cuatro resultados.



Análisis de capacidad para NOMINAL 1
Tarjeta de informe

Verificar	Estado	Descripción
Estabilidad	⚠	La estabilidad es un supuesto importante del análisis de capacidad. Para determinar si su proceso es estable, examine las gráficas de control en el Informe de diagnóstico. Investigue los puntos fuera de control y elimine cualquier variación por causa especial en su proceso antes de continuar con este análisis.
Número de subgrupos	ℹ	Usted tiene 29 subgrupos. Para un análisis de capacidad, generalmente esto es suficiente para captar las diferentes fuentes de variación del proceso cuando los subgrupos se recolectan durante un período de tiempo suficientemente largo.
Normalidad	✓	Sus datos pasaron la prueba de normalidad. Mientras tenga suficientes datos, las estimaciones de la capacidad deberían ser razonablemente precisas.
Cantidad de datos	⚠	El número total de observaciones es menor que 100. Usted pudiera no contar con suficientes datos para obtener estimaciones razonablemente precisas de la capacidad. La precisión de las estimaciones disminuye a medida que se reduce el número de observaciones.

Figura 72. Tarjeta de informe del análisis de capacidad.

En la figura 72 se observa el análisis que se realizó en la primera medición la cual pide que toca verificar si existe puntos fuera de control los cuales toca eliminar para proceder a seguir con el análisis.

Los subgrupos son los puntos donde se realizó las medidas de holguras según para realizar un análisis de capacidad es suficiente con 29 mediciones.

Para la normalidad se observa que ha pasado la prueba de normalidad esto se debe a la cantidad de muestra que se recogió por lo tanto la capacidad va hacer más precisa.

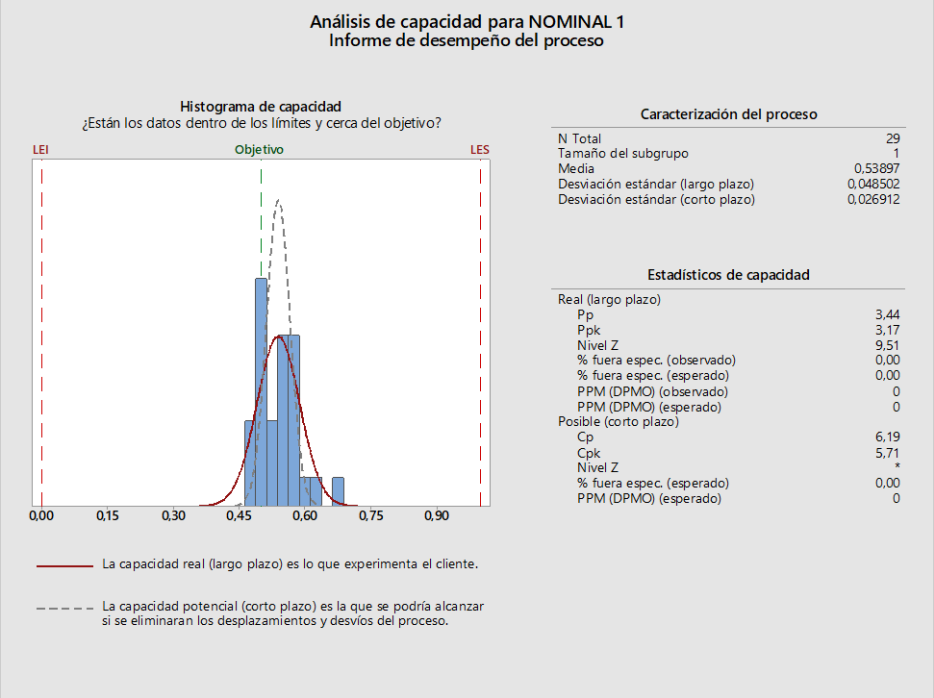


Figura 73. Informe de desempeño del proceso.

En la figura 73 muestra los datos que están dentro de los límites y cerca al objetivo, teniendo como resultado esperado la capacidad que no está fuera de especificación a largo plazo, con un Cp de 6.19 y un Cpk con 5.71 y un nivel seis sigma o Z de 9.51 el cual es muy alto.

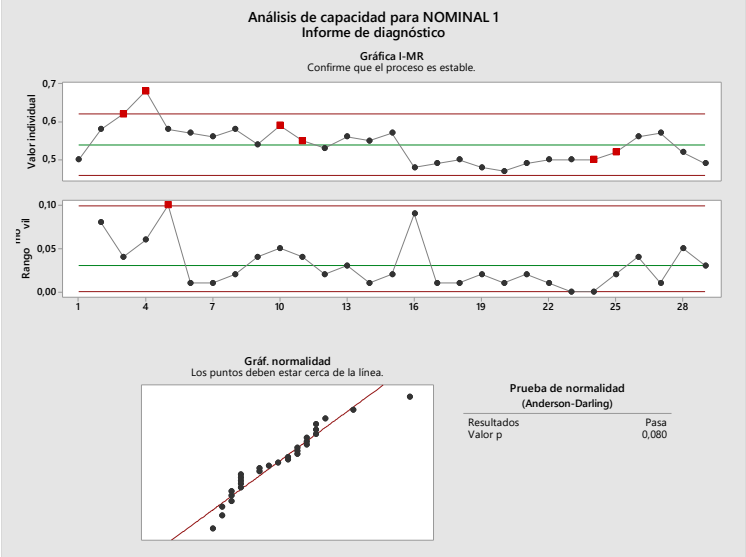


Figura 74. Informe de diagnostico del análisis.

En la figura 74 se puede observar el grafico de control donde los puntos rojos son los que están fuera de control, toca investigar en que consiste este desvío, en la gráfica de la normalidad los puntos deben estar cerca de la línea, pero realizando la prueba de normalidad de Anderson Darling da por resultado que el valor P es de 0.080 por lo que pasa la prueba.

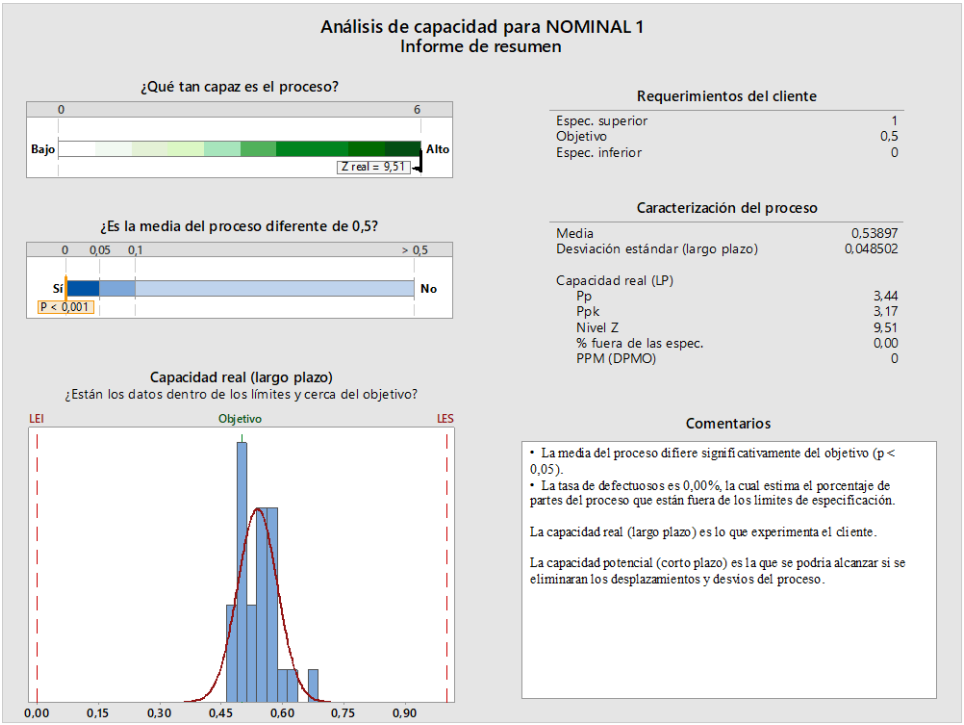


Figura 75. Informe de resumen general.

En este grafico 74 se resume todos los gráficos anteriores de manera general:

- En el cuadro de líneas verdes es la capacidad del proceso dando como resultado que la capacidad esta alta de 9.51
- La media del proceso diferente significativamente del objetivo ($p \leq 0.05$)
- La capacidad real (largo plazo) es lo que experimenta el cliente sea interno como externo.

Con estos datos se considera que es normal la capacidad del proceso lo que mejoro del método anterior.

Ya con los resultados que da Minitab a validar los resultados de todas las mediciones obtenidas en el dispositivo de comprobación.

Resultados

Con anterioridad al utilizar el CMM como dispositivo de comprobación se tenía como objetivo de 5.59 y un rendimiento de 99,99966%, pero las mediciones se realizaba por muestreo 12 puertas a la semana debido a que su tiempo de medición se demoraba 530 minutos, como este vehículo es nuevo en el mercado nacional se viene realizando las mediciones desde enero del 2018, paulatinamente se estaba incrementando el nivel del seis sigma, empezando un nivel de 1.31 hasta un nivel de 5.43 en el mes de mayo. Al implementar el dispositivo de comprobación en el mes de junio se comienza a auditar las 12 puertas al día con un tiempo de 130 minutos, dando como resultado un incremento del seis sigma de 6,785 que da un rendimiento de 99,99966% obteniendo un nivel más alto que se ha logrado en mediciones de subconjuntos ya que es más preciso.

Haciendo una comparativa de capacidad de proceso anterior se tiene el siguiente resultado:

1. La evaluación se la realizaba una sola muestra del lado izquierdo con 36 puntos auditables, esto incluye las puertas, compuerta, lateral, capot, guardafango, obteniendo resultados muy extensos y con mayor tiempo de auditoria.

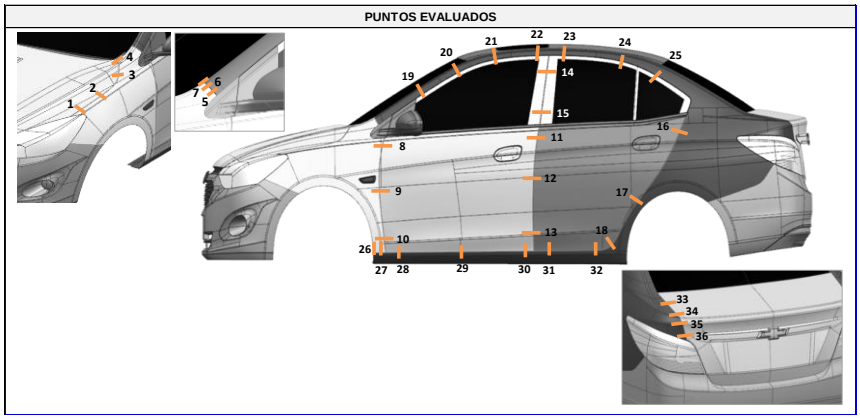


Figura 76. Puntos evaluados con la metodología anterior.

2. Con la metodología actual una vez implementado el Checking Fixture (Dispositivo de Comprobación), se lo realiza independientemente cada una de las puertas, pero

aumenta los puntos de medición debido al requerimiento del auditor a 29 puntos de un solo panel. En total quedaría por lado izquierdo solo las dos puertas unos 98 puntos para la evaluación.

Figura 77. Puntos evaluados con la nueva metodología.

Mediante este comparativo se va a tener una capacidad de proceso más exacta y se podrá determinar que se incrementó el nivel seis sigma con la implementación de este dispositivo de comprobación.

3. Otra comparación es el desperdicio de tiempo que se realizaba anteriormente en la auditoria de 3 juegos de paneles.

Tabla 15
Desperdicio Tiempo anterior.

Desperdicio del Tiempo 530min	
○ Medición puertas CMM 3juegos	**360 min**
○ Analizar datos dimensionales	**30 min**
○ Realizar proceso de acompañamiento	**60 min**
○ Perdida de unidades en producción (**2U. Rezagadas)**	**20 min**
○ Causa raíz, minuta final	**60 min**

Nota: Estos son los tiempos antes utilizados para realizar la medición de 3 juegos de paneles.

En esta tabla se observa que para la medición de 3 juegos de puertas se demoraba 360 min, los demás tiempos también conlleva a generar desperdicio debido a que cada uno de ellos van secuencialmente hasta llegar a finalizar el proceso.

4. Después de la implementación del dispositivo de comprobación se tiene los siguientes resultados

Tabla 16

Comparación del proceso anterior y del actual

Indicadores	Actual	Mejora
PRODUCTIVIDAD (HPU)	530 min	60 min
COSTO	$9520 C/U Total 19040	Real. $5.000
CALIDAD	GCA 45WDPV	GCA 15WDPV
SOLUCION DE PROBLEMAS	Sin Causa Raíz (2 días)	10min
Desperdicio	Correcciones	Ergonomía
	Esperas innecesarias	Costos
	Procesos innecesarios	Calidad
	Máquinas y equipos	

Nota: Una comparación del proceso anterior y del actual se ve la diferencia que si existe la mejora.

Se observa con claridad la mejora que se efectuó al implementar el dispositivo de control ya que se bajó el tiempo de productividad a 60 minutos, otro de las mejoras es el ahorro que se generó, ya que el proveedor se le cotizo el dispositivo de control el cual llegaba a cotar 19040 dólares americanos mientras que la realización del dispositivo con la mano de obra y materiales de la empresa tuvo un costo de 5000 dólares americanos, obteniendo un ahorro a la empresa de 14040 dólares americanos.

La calidad de producto entregado también tuvo resultados favorables ya que los indicadores bajaron un 15 %. La solución de problemas se las venía realizando durante 2

días debido a que no se encontraba con la causa raíz del problema en los paneles, una vez validado los paneles se logra mejorar la solución de problemas a 10 minutos en encontrar el responsable de los defectos.

Se disminuyo los desperdicios que se venía generando en la metodología anterior atacando a correcciones, esperas innecesarias, procesos innecesarios, máquinas y equipos. Obteniendo una mejora en la ergonomía, costos y calidad.

5. Haciendo una comparación de la metodología anterior con la metodología actual se procede a realizar la comparación de la capacidad de proceso y el nivel seis sigma.

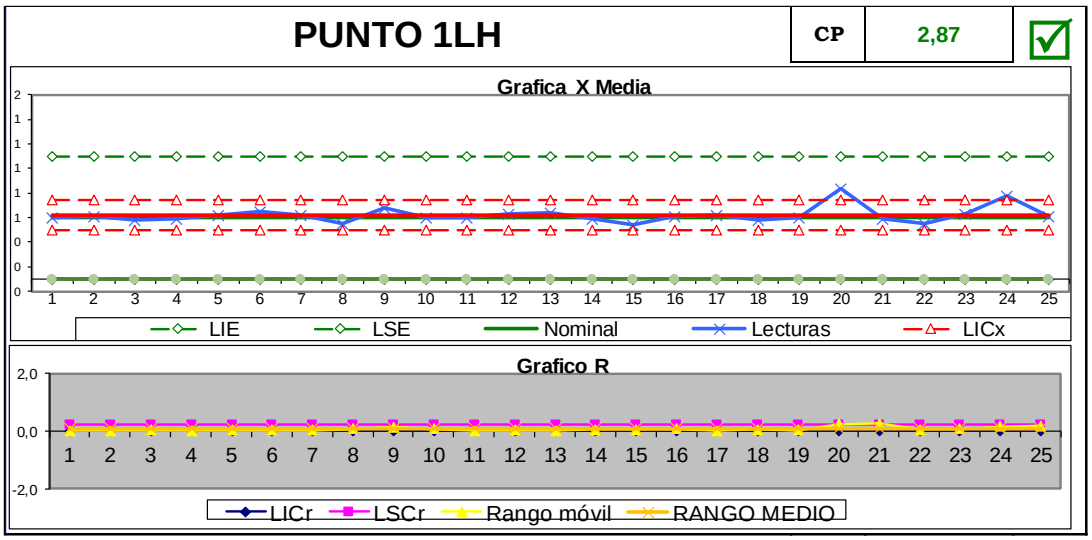


Figura 78. Capacidad de proceso del primer punto auditado.

En la figura 78 la capacidad de proceso es de 2.87, con esto se tiene que la variabilidad va a ser mínima el proceso se encuentra bajo control. Los resultados en general de todos los puntos está en el anexo F.

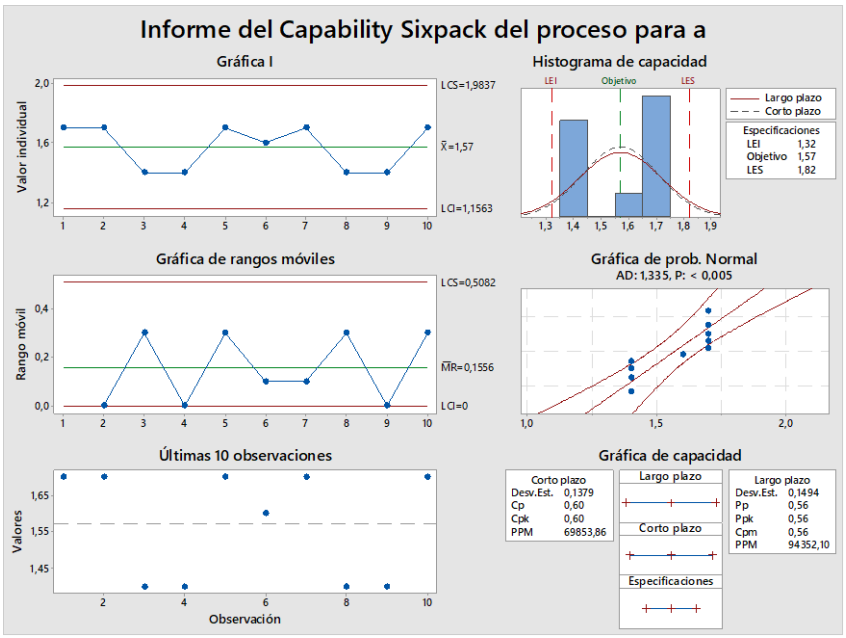


Figura 79 . Capacidad de proceso método anterior.

Para este caso que es el anterior se obtiene que la capacidad es de 0.60 la cual según la regla Si el Cp < 1,33: La variabilidad del proceso es amplia (el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones).

6. Para el nivel seis sigma de igual forma se toma 8 puntos de cada puerta obteniendo un nivel.

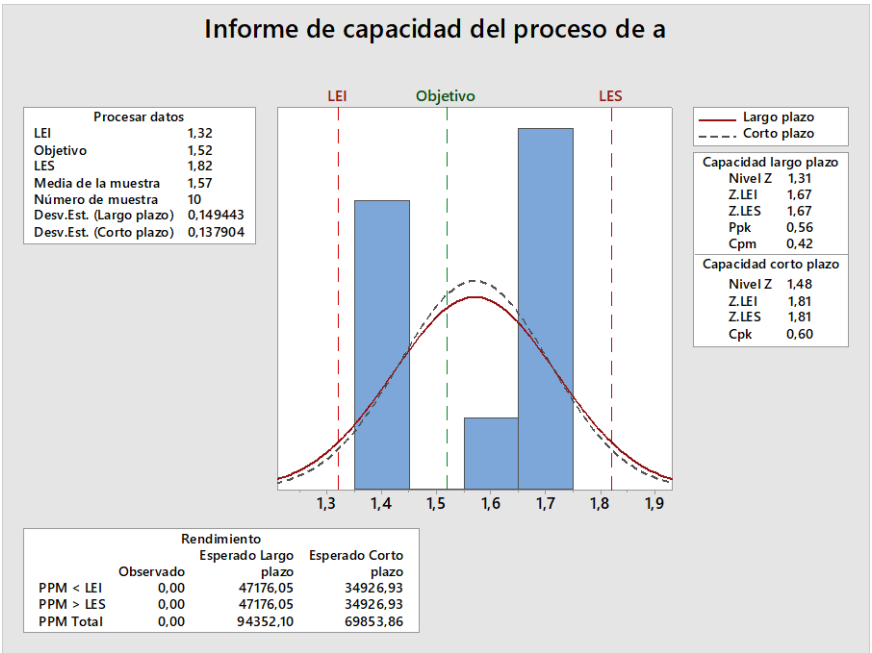


Figura 80. *Análisis del seis sigma del proceso anterior.*

En la figura 93 se observa que el nivel z o seis sigma es de 1.31 lo cual tiene 40.13% de rendimiento en el proceso. El rendimiento está muy elevado con 94352.10 lo cual se debe trabajar para que baje.

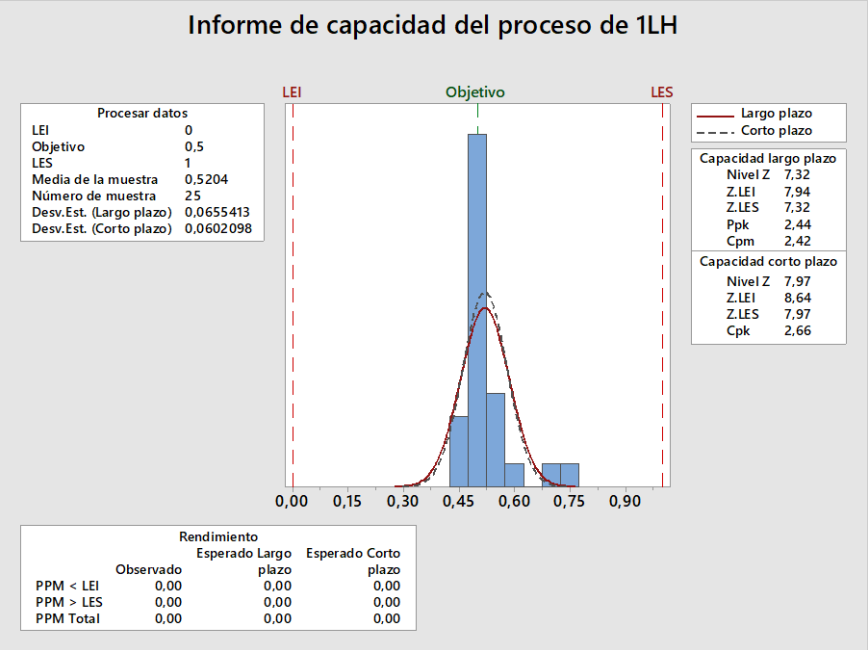


Figura 81. Informe del proceso actual del seis sigma.

Los resultados que se obtuvo al recoger las 25 muestras del punto 1lh es satisfactoria debido a que tiene un nivel seis sigma de 7.32 lo cual tiene un rendimiento de 99,99966%.

Con este resultado se procede a decir que el trabajo está listo, debido a que mejoro los niveles Cp, Cpk y seis sigma.

Análisis y discusión de resultados

Los resultados se enfocan en un análisis comparativo con las medidas anteriores que se realizaba con la CMM que para poder hacer la auditoria se la realizaba durante 240 min en los cuales solo se auditaba una sola puerta. Mientras que con el Dispositivo de comprobación se lo realiza en 130 min las dos puertas, obteniendo mediciones más centradas y validando si el diseño de la puerta viene estándar en todo el lote que envía la fuente.

En la etapa inicial, se realizó un estudio de la capacidad del proceso de 25 muestras por puerta en el periodo de una semana con acompañamiento del auditor, los datos que se obtuvieron por cada puerta son los siguientes:

Análisis Capacidad Puerta Posterior Izquierda

Para su detalle completo en el anexo G se puede observar todo el análisis que se efectuó al momento de colocar los datos en el programa Minitab.

- En el gráfico de x barra está mostrando la estabilidad del proceso revisando en datos subgrupos de 4, se tiene en la línea central un promedio de todos los datos +3 y -3 desviaciones estándar, si los datos se mantienen dentro de estos límites de control, se tiene un proceso controlable o sea estable.
- En el grafico R ayuda a ver dentro del subgrupo no haya un valor más alto que no se salga de la línea del límite superior o inferior, observando la gráfica todos los subgrupos están dentro de los limites superior e inferior.
- En el gráfico de puntos se obtiene 25 observaciones identificadas individualmente, lo que se busca en el grafico es ayuda a entender cuál es la dispersión entre los subgrupos, se puede observar en 6 subgrupos se encuentran dispersos los demás están en una dispersión normal.

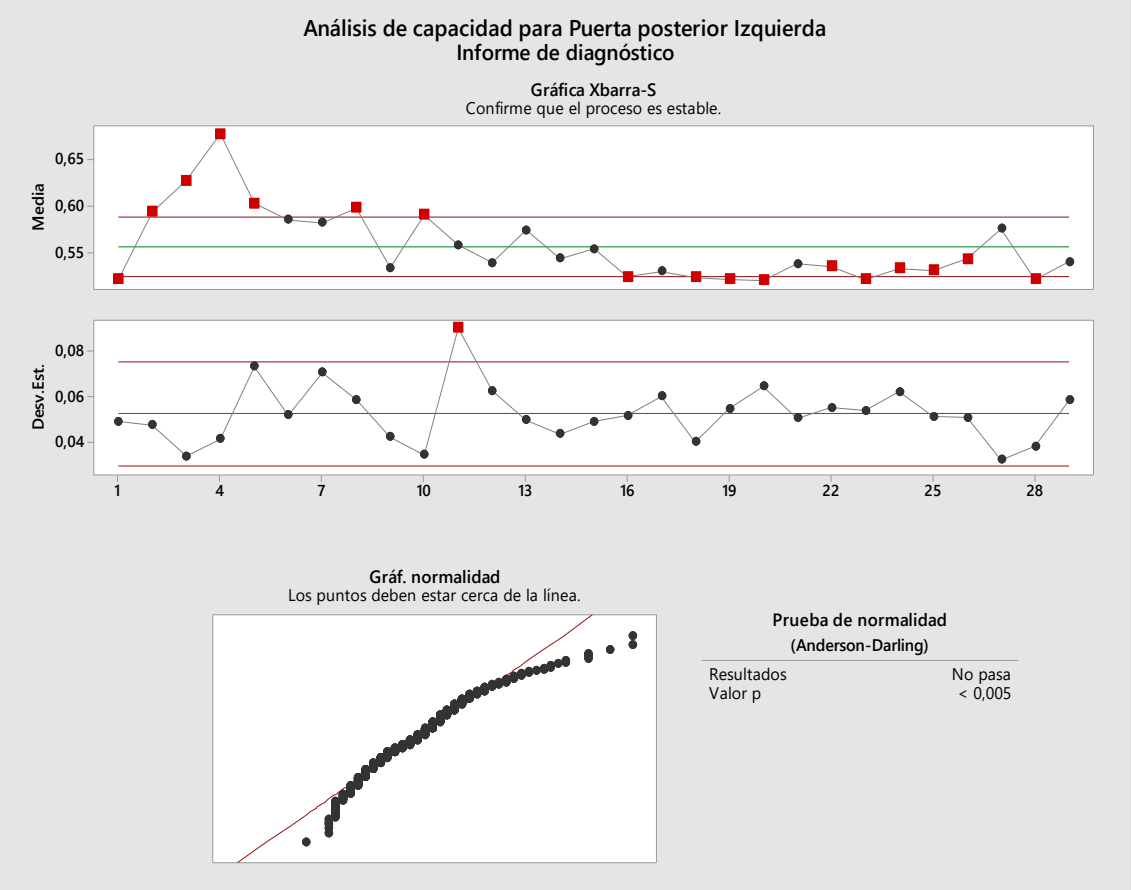


Figura 82. Informe de diagnostico.

- Para ver la normalidad de los datos, se tiene el histograma en el cual se observa cómo se distribuye los datos a lo ancho del proceso dentro de los limites superior e inferior del proceso.
- En la gráfica de probabilidad se observa los datos están alineados dentro de la línea de probabilidad, algunos puntos se están alejando, pero están dentro de los intervalos de confianza del 95%.
- En la gráfica de capacidad se puede observar la capacidad del proceso que mide que tanta variación tiene los datos, se encontró que está en 2.59 lo cual se puede decir que el proceso es estable ya que si la capacidad de proceso es ≥ a 1.33 está en perfectas condiciones y el Cpk mide que tan centrado está el proceso dando un resultado de 2.29 de igual manera está en un proceso estable.

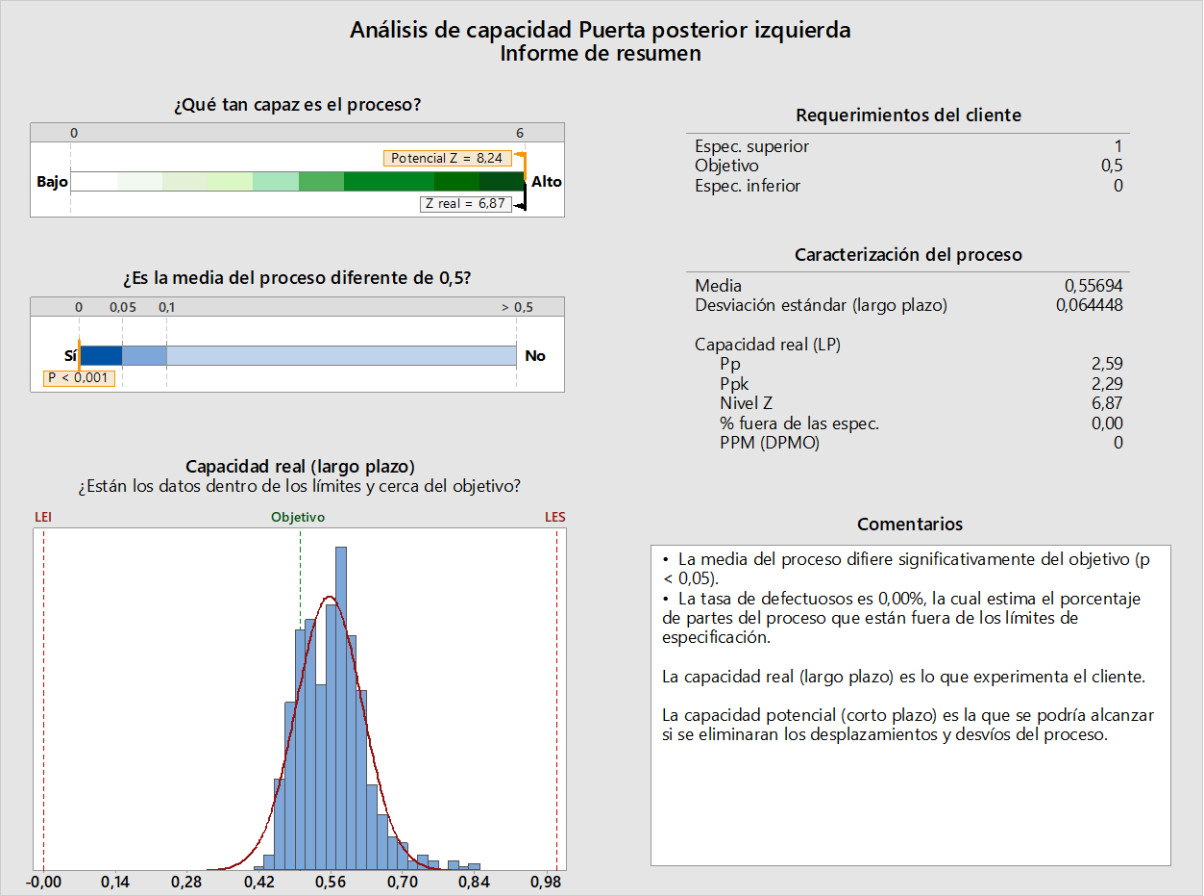


Figura 83. Análisis de 25 muestras de la puerta delantera Izquierda.

- El nivel seis sigmas se obtuvo un nivel de 6.87, observando la tabla en el anexo E de los valores seis sigma se tiene un rendimiento 99.9996%, con este nivel de rendimiento se puede decir que el nivel mejoro en su totalidad.

Análisis Capacidad Puerta Delantera Izquierda

- En el gráfico de x barra está mostrando la estabilidad del proceso revisando en datos subgrupos de 4, se tiene en la línea central un promedio de todos los datos +3 y -3 desviaciones estándar, si los datos se mantienen dentro de estos límites de control, se tiene un proceso controlable o estable.
- En el grafico R ayuda a ver dentro del subgrupo no haya un valor más alto que no se salga de la línea del límite superior o inferior, observando la gráfica todos los subgrupos están dentro de los limites superior e inferior.

- En el gráfico de puntos se obtiene 25 observaciones identificadas individualmente, lo que se busca en el grafico es ayuda a entender cuál es la dispersión entre los subgrupos, se puede observar que se encuentran dispersos los demás están en una dispersión normal.

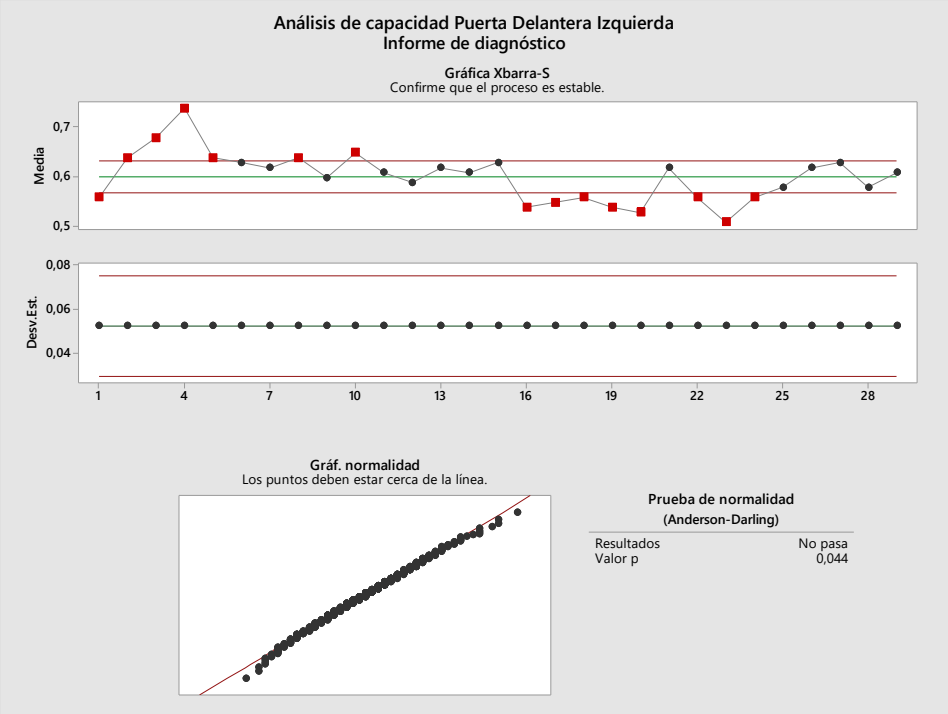


Figura 84. Informe de diagnóstico puerta delantera derecha.

- Para ver la normalidad de los datos, se tiene el histograma en el cual se observa cómo se distribuye los datos a lo ancho del proceso dentro de los limites superior e inferior del proceso.
- En la gráfica de probabilidad se observa los datos están alineados dentro de la línea de probabilidad, algunos puntos se están alejando, pero están dentro de los intervalos de confianza del 95%.
- En la gráfica de capacidad se puede observar la capacidad del proceso que mide que tanta variación tiene los datos, se encontró que está en 2.36 lo cual se puede decir que el proceso es estable ya que si la capacidad de proceso es ≥ a 1.33 está en perfectas

condiciones y el Cpk mide que tan centrado está el proceso dando un resultado de 1.90 de igual manera está en un proceso estable.

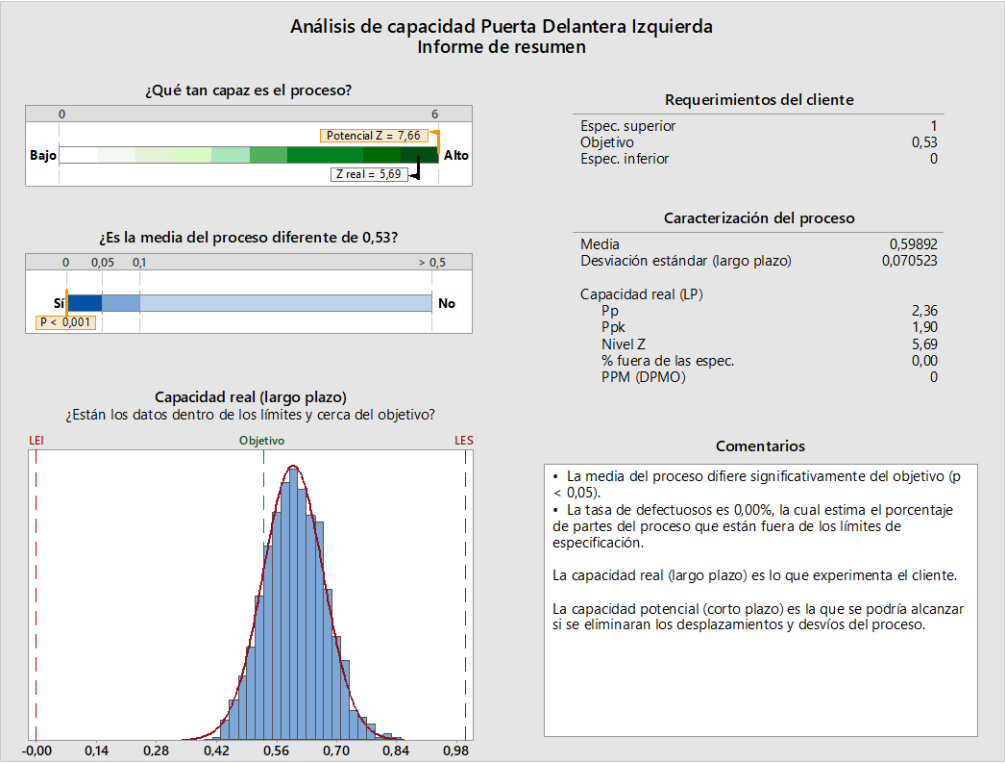


Figura 85. Informe de resumen puerta delantera izquierda.

- El nivel seis sigmas se obtuvo un nivel de 5.69, observando la tabla en el anexo E de los valores seis sigma se tiene un rendimiento 99.99833%, con este nivel de rendimiento se puede decir que el nivel mejoro en su totalidad.

Análisis Capacidad Puerta Delantera Derecha

- En el gráfico de x barra está mostrando la estabilidad del proceso revisando en datos subgrupos de 4, se tiene en la línea central un promedio de todos los datos +3 y -3 desviaciones estándar, los datos se mantienen dentro de estos límites de control, a excepción de 3 están fuera de los límites de +3 y -3 desviaciones, pero se tiene un proceso controlable o estable.

- En el grafico R ayuda a ver dentro del subgrupo no haya un valor más alto que no se salga de la línea del límite superior o inferior, observando la gráfica todos los subgrupos están dentro de los limites superior e inferior.
- En el gráfico de puntos se obtiene 25 observaciones identificadas individualmente, lo que se busca en el grafico es ayuda a entender cuál es la dispersión entre los subgrupos, se puede observar que se encuentran dispersión normal.

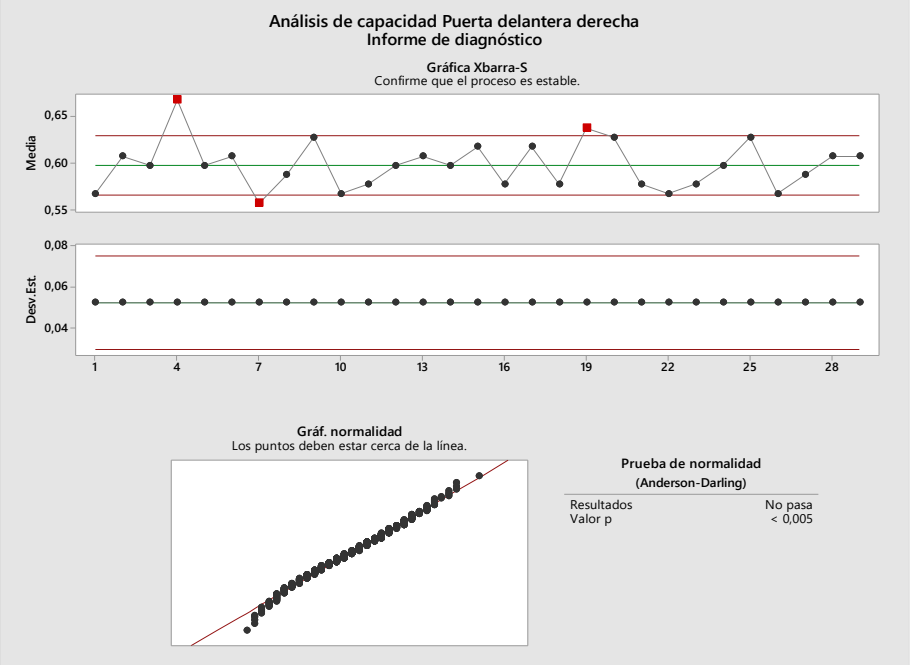


Figura 86. Informe de diagnóstico puerta delantera derecha.

- Para ver la normalidad de los datos, se tiene el histograma en el cual se observa cómo se distribuye los datos a lo ancho del proceso dentro de los limites superior e inferior del proceso.
- En la gráfica de probabilidad se observa los datos están alineados dentro de la línea de probabilidad, algunos puntos se están alejando, pero están dentro de los intervalos de confianza del 95%.
- En la gráfica de capacidad se puede observar la capacidad del proceso que mide que tanta variación tiene los datos, se encontró que está en 2.36 lo cual se puede decir que

el proceso es estable ya que si la capacidad de proceso es ≥ a 1.33 está en perfectas condiciones y el Cpk mide que tan centrado está el proceso dando un resultado de 1.90 de igual manera está en un proceso estable.

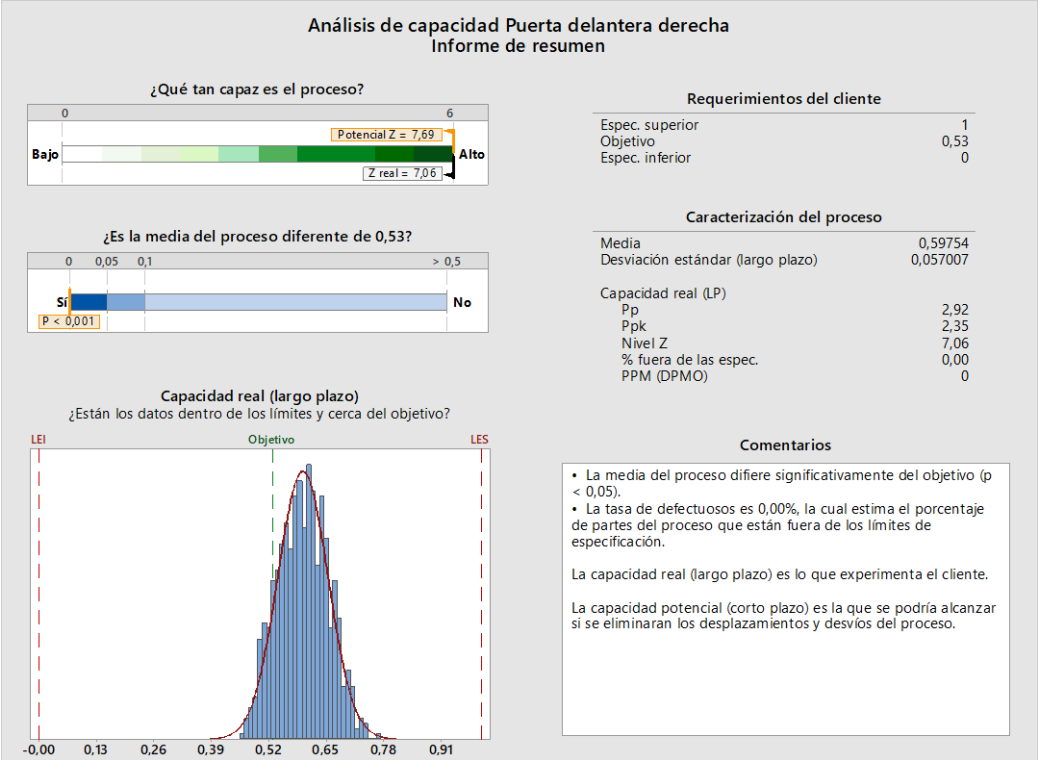


Figura 87. Informe de resumen puerta delantera derecha.

- El nivel seis sigmas se obtuvo un nivel de 7.06, observando la tabla en el anexo E de los valores seis sigma se tiene un rendimiento 99.9996%, con este nivel de rendimiento se puede decir que el nivel mejoro en su totalidad.

Análisis Capacidad Puerta Posterior Derecha

- En el gráfico de x barra está mostrando la estabilidad del proceso revisando en datos subgrupos de 4, se tiene en la línea central un promedio de todos los datos +3 y -3 desviaciones estándar, los datos se mantienen dentro de estos límites de control, a excepción de 7 están fuera de los límites de +3 y -3 desviaciones, pero se tiene un proceso controlable o estable.

- En el grafico R ayuda a ver dentro del subgrupo no haya un valor más alto que no se salga de la línea del límite superior o inferior, observando la gráfica todos los subgrupos están dentro de los limites superior e inferior, a excepción de uno que esta fuera, pero es controlable.
- En el gráfico de puntos se obtiene 25 observaciones identificadas individualmente, lo que se busca en el grafico es ayuda a entender cuál es la dispersión entre los subgrupos, se puede observar que se encuentran dispersión normal.

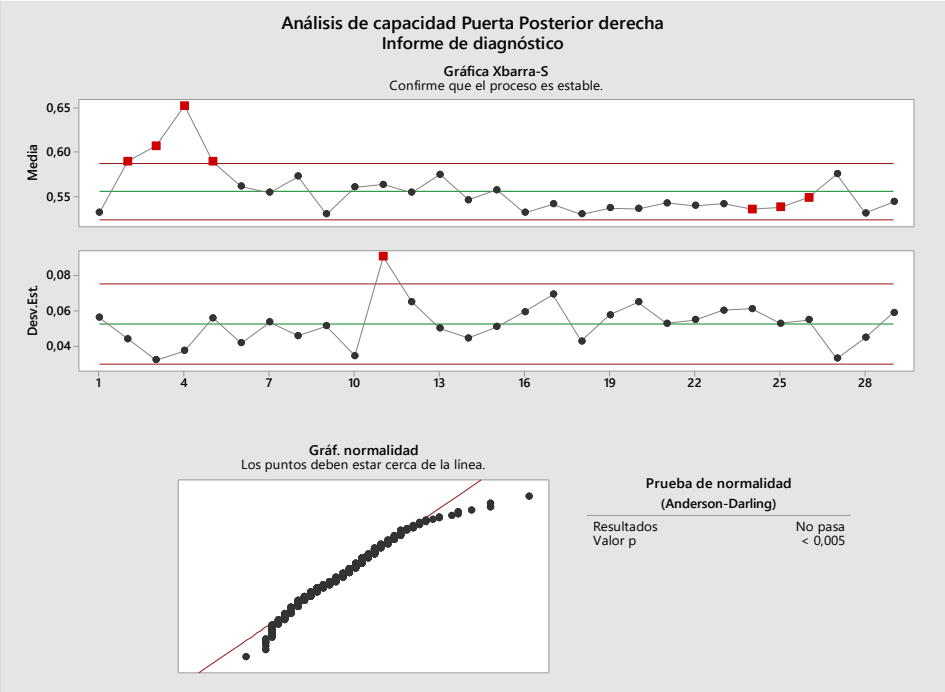


Figura 88. Informe de diagnóstico Puerta Posterior Derecha.

- Para ver la desviación estándar, se tiene el histograma en el cual se observa cómo se distribuye los datos a lo ancho del proceso dentro de los limites superior e inferior del proceso a excepción de uno, pero está dentro de los límites de control.
- En la gráfica de normalidad se observa los datos están alineados dentro de la línea de probabilidad, algunos puntos se están alejando, pero están dentro de los intervalos de confianza del 95%.

- En la gráfica de capacidad se puede observar la capacidad del proceso que mide que tanta variación tiene los datos, se encontró que está en 2.82 lo cual se puede decir que el proceso es estable ya que si la capacidad de proceso es ≥ a 1.33 está en perfectas condiciones y el Cpk mide que tan centrado está el proceso dando un resultado de 2.51 de igual manera está en un proceso estable.

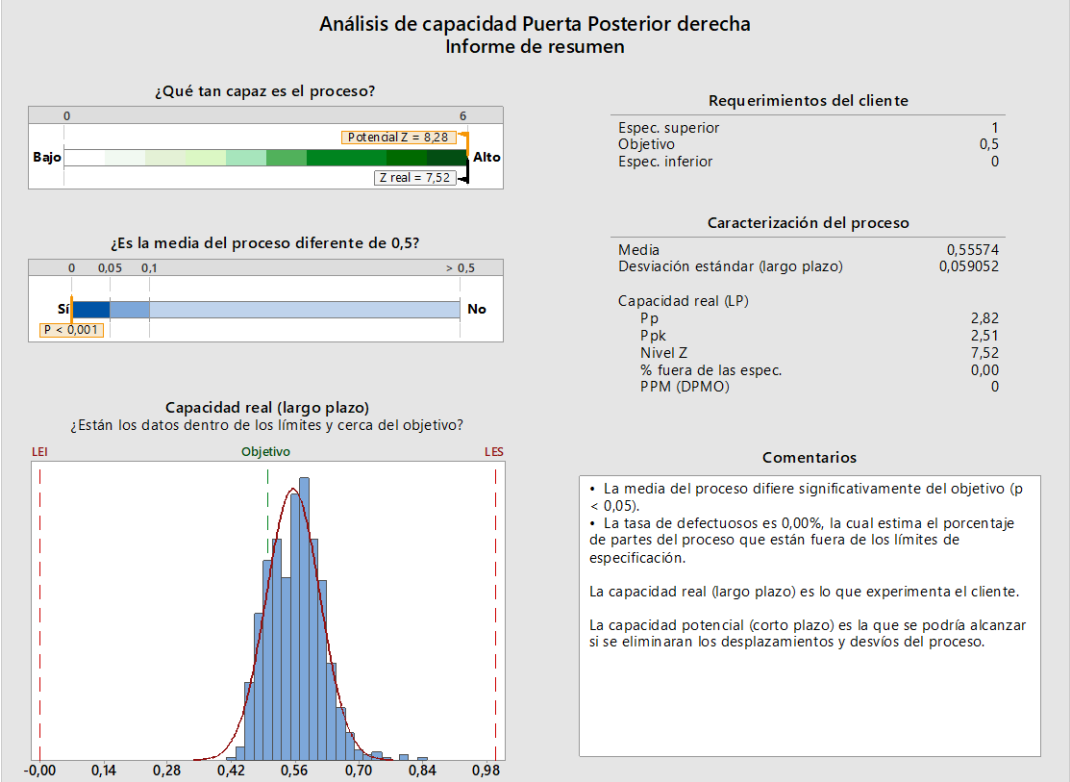


Figura 89. Informe de Resumen Puerta Posterior Derecha.

- El nivel seis sigmas se obtuvo un nivel de7.52, observando la tabla en el anexo E de los valores seis sigma se tiene un rendimiento 99.9996%, con este nivel de rendimiento se puede decir que el nivel mejoro en su totalidad.

El objetivo de un proyecto seis sigma no es que los datos sigan una distribución normal, ya se va a encontrar muchos procesos donde los datos no siguen una distribución normal pero para términos de poder entender y hacer una inferencia sobre la capacidad del proceso es importante que tipo de distribución sigue los datos, pero en términos de la capacidad del

proceso se busca que este cumpla los requerimientos del cliente, como se pudo observar el proceso está controlado y cumple los requerimientos establecidos.

Se ha demostrado que no solo las mediciones de los paneles han mejorado, también los problemas que llegaban a cuadratura en inspección final de los vehículos mejoro ya que existió de 48 paneles que contiene un lote, 5 de ellos presentaban deformaciones o fuera de nominal los marcos de las puertas.

Uno de los puntos que generaba problema en cuadratura era la holgura entre marcos de las puertas la cual tenía una nominal de 3 y una máxima de 6,5 mm, lo que ocasionaba una holgura fuera de nominal y para la percepción del cliente interno y externo era más notable ya cuadrada las puertas.

Una vez identificado la causa raíz de los problemas de descuadre de marcos se genera un reporte a la fuente explicando que no todos los paneles están viniendo con las mismas características de soldadura de los marcos.

Se realizaba talleres para la solución de problemas en los cuales a veces se tomaba horas, días o meses en encontrar la causa raíz y venta del defecto, con lo que se mejoró notablemente esos talleres ya que se validó los paneles que ingresan a la planta en algunos casos como se mencionó anteriormente es defecto de la fuente pero también existía problemas al momento de montar las los paneles a las carrocerías ya que como se ingresa manualmente con un dispositivo de Centramiento se estaba generando golpes no controlables, los cuales no se lograba dar con la causa pero ya identificado que los paneles llegan en buenas condiciones se genera nuevas reuniones con las aéreas que están expuestas en la mutilación, golpes o rayones que se pueda generar en el transcurso del envió de carrocería hasta el área de ensamble.

Con la mejora de las mediciones en la sala de medición se logra aumentar los indicadores de la planta, aumentar el desempeño de control de los paneles y generando nuevas oportunidades de mejora en los procesos de control.

CONCLUSIONES

Con esta investigación se ha logrado mejorar los niveles de seis sigma al implementar el dispositivo de comprobación, en general el resultado es de 6.785 con un rendimiento de 99.999283%, siendo un nivel muy alto alcanzado hasta el momento. Los resultados de medición de cada dispositivo es el siguiente:

Tabla 17
Optimización de resultados del Dispositivo de Comprobación.

OPTIMIZACION DE RESULTADOS		
PANELES AUDITADOS	DATOS OBTENIDOS	
	NIVEL EN SIGMA	RENDIMIENTO
PUERTA DELANTERA DERECHA	7,06	99,9996 %
PUERTA POSTERIOR DERECHA	7,52	99,9996 %
PUERTA DELANTERA IZQUIERDA	5,69	99,99833 %
PUERTA POSTERIOR IZQUIERDA	6,87	99,9996 %
PROMEDIO GENERAL DEL DISPOSITIVO	6,785	99,999283.%

Nota: En esta tabla se aprecia los niveles alcanzados de seis sigma.

Otro punto importante fue que se realizó un ahorro a la compañía un porcentaje elevado en el diseño y construcción del dispositivo de comprobación ya que la empresa Inmega cotizo la realización del dispositivo solo de un lado en 8960 dólares americanos, como son 4 paneles el costo total de 35840 dólares americanos. Haciendo el estudio diseño y construcción de este dispositivo de comprobación la empresa invirtió 5000 dólares en la realización un solo dispositivo que abarcaría los cuatro paneles lo cual se optimizo espacio y funcionabilidad, el

ahorro generado es de 30.840 dólares americanos los cuales la compañía se ahorra, mejoro la productividad y bajo los defectos encontrados en inspección final.

Los impactos principales que se realizó fueron optimización de resultados de los niveles seis sigma, bajar el costo de fabricación, a mejorar la calidad del producto y la ergonomía en realizar la toma de medición de los paneles.

Se ataco algunos de los 7 desperdicios, los cuales son correcciones, esperas innecesarias, procesos innecesarios, máquinas y equipos.

RECOMENDACIONES

la utilización de la metodología DMAIC del seis sigma tiene cinco faces las cuales se debe cumplir a cabalidad ya que si no se cumple puede que no se logre los resultados deseados.

Al realizar nuevos dispositivos de comprobación se debe tener en cuenta los puntos de fijación ya que estos son la clave para poder realizar un buen trabajo. Desde este punto se parte para que la construcción sea eficiente y no se tenga que hacer muchas calibraciones al finalizar la construcción de este dispositivo.

Utilizar el equipo con los pasos estandarizados que están en el Anexo H, con estos pasos se logra mantener un orden cronológico y los tiempos en la ejecución de las mediciones van hacer más efectivos.

Si se va a realizar algún dispositivo semejante, se puede tomar en cuenta los planos que se adjunta en el Anexo I donde se detalla toda la construcción.

El equipo de trabajo que se va a encargar de ejecutar la metodología DMAIC debe tener liderazgo y multidisciplinario para que pueda resolver de una manera coherente cualquier problema que se presente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

Jaramillo V, C. (2006). *Proyecto e implementación de una Estación de Verificación de Calidad bajo los parámetros del SistemaGlobal de Manufactura de General Motors para el proveedor local de Chasis (tesis de pregrado).* ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Latacunga.

Rajadell Carreras , M., & Sánchez García, J. (2010). *LEAN MANUFACTURING La evidencia de una necesidad.* España: Díaz de Santos .

Aguirre Mayorga, S. (2007). Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos. *AD-minister Universidas EAFIT,* 31.

Benito, D. (2000). *La mejora continua en la gestion de la calidad seis sigma, el camino para la excelencia.* España: Economia Industrial.

Blaak , E., & Juttner, H. (2003). *Jotbe System GmbH*. Obtenido de GmbH, jotbe Systemhandel: https://www.jotbe.com/assets/Uploads/HS703-Sensor-english.pdf?

Breyfogle III, F. W. (1999). *Managing Six Sigma.* New York: John Wiley & Sons. Inc.

Cardiel-Ortega, J. J.-S.-M. (2017). Development of a system dynamics model based on Six Sigma methodology. *Scielo Colombia,* 81. doi: https://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v37n1.62270

Cariño, R. (2002). Seis Sigma y la capacidad del proceso en proyectos. *Boletín IIE, 26(4),* 164-173.

Carneiro, D. (2008). *Aplicação da Metodologia DMAIC (tesis pregrado).* Sau Paulo.

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). *Administración de la Calidad Total.* Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Mar de Plata.

Chevrolet. (s.f. de s.f. de 2015). *Acerca de GM Ecuador*. Obtenido de Chevrolet: http://www.chevrolet.com.ec/mundo-chevrolet/general-motors/general-motors.html

Chumbi Pineda, J. A. (2017). Desarrollo de un modelo de diseño y ejecución de Lean Six Sigma para el sector manufacturero. *Master's thesis, Universidad del Azuay*, 35.

DIPAC. (2016). *DIPAC PRODUCTOS DE ACERO*. Obtenido de http://www.dipacmanta.com/tubo-estructural-cuadrado-negro

GALLEGO ALZATE, J. (2005). FUNDAMENTOS DE LA GESTION TECNOLOGICA E INNOVACION. *Tecno Lógicas*, 113 - 131.

Garcia , L. A., & Prado, J. C. (2003). Employee participation systems in Spain. Past, present and future. *Total Quality Management and Business Excellence*, 15-24. doi:10.1080/14783360309704

García P, M., Quispe, A., & Ráez, G. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial Data*, 89-94.

Gejdoša, P. (2015). *Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control.* Slovakia: Procedia Economics and Finance. doi: 10.1016/S2212-5671(15)01669-X

General Motors Corporation. (7 de Agosto de 2000). 15.13 Body-in-White and Assemblies Dimensional Control. *GM-GMS Operating Tool*. Estados Unidos, Whasington D:C:, Ditroit.

Gonzalez Correa , F. (2007). MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING). PRINCIPALES HERRAMIENTAS. *Panorama Administrativo*, 85.

Gutiérrez, H., & Vara, R. (2009). *Control Estadistico de Calidad y Seis Sigma.* Mexico, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hernàndez Matìaz , J. C., & Vizàn Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación.* Madrid: Creative Commons .

Hernandez Pedrera, c., & Da Silva Portofilipe,, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Scielo*, 104-106. Obtenido de Recuperado en 03 de agosto de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000100010&lng=es&tlng=pt.

Innovmetric. (2013 - 2018). *Innovmetric*. Obtenido de PolyWorks- Inspector: https://www.innovmetric.com/es/productos/polyworks-inspector

Juran, J., & Gryna, F. (1995). *Análisis y planeación de la Calidad* (Tercera Edición ed.). Mc. Graw Hill.

Lean Solutions. (1999 - 2017). *Lean Solutions*. Obtenido de http://www.leansolutions.co/conceptos/que-es-six-sigma/

made-in-china.com. (2017). *made-in-china.com*. Obtenido de ANHUI SHANGZHAN MOLD INDUSTRY CO., LTD.: https://anhuishangzhan.en.made-in-china.com/productimage/vypniZYJbRhS-2f1j00HwUtTfIJYAkY/China-Panel-Body-Side-Outer-Lh-Checking-Fixture.html

McCarty, T. D. (2004). *The six sigma black belt handbook (Six Sigma Operational Methods).* Nueva York, NY. EEUU.: McGraw-Hill.

Mesa Palacio, L. d. (2011). Diseño, Construcción y Fabricación de una Máquina Prototipo de Medición por Coordenadas. *Tecno Lógicas*, 11-25. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992011000100002&lng=en&tlng=pt.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas.* Mexico: (6a. ed., 1a. reimp.). PEARSON EDUCACION.

Noguera, F., Fernández Megía, M. J., Ferrer Riquelme, A. J., Balasch I Parisi, S., Edo Solsona, M. D., & Poveda Andres, J. L. (2013). *Mejora del proceso farmacoterapéutico del paciente hospitalizado.* España: ELSEVIER DOYMA. doi:doi.org/10.1016/j.cali.2013.04.003

Optimización, Estadística, Seis Sigma y Excel. (27 de agosto de 2008). *Optimización y Estadística (SOE SC)*. Obtenido de https://optyestadistica.wordpress.com/2008/08/27/tabla-de-constantes-para-graficos-de-control/

Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2002). *Las claves prácticas del Seis Sigma* (ISBN 0-07-137314-4 ed.). Madrid: McGraw-hill.

Pavletić, D. F. (2004). Six Sigma in Process Design. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 157-167.

Pavletić, D., & Soković, M. (2002). Six Sigma: A Complex Quality Inititative. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 158-168.

Pierdadnt, A., & Rodríguez, I. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas y R. *scielo*, 151-169. Obtenido de Recuperado en 03 de agosto de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422009000200009&lng=es&tlng=es.

Rivadeneira, B. (19 de 01 de 2017). *CHEVROLET MEDIOS*. Obtenido de GM SUDAMÉRICA ANUNCIA REORGANIZACIÓN EN SU ESTRUCTURA: https://media.gm.com/media/ec/es/chevrolet/home.detail.html/content/Pages/news/ec/es/2017/jan/0113-spark-life.html

Rueda, N., Salazar, J., Villalba, D., Chapaca, L., Chicaiza, D., Espinoza, E., & Espejo, L. (2016). General Motors Sistema Global de Manufactura (GM-GMS). *Cultura para Ganar*, 16.

Sakakibara, S. F. (1993). A framework and measurement. *Production and Operation Management, 2*, 117-94.

Serna, M. D., Montoya, R. A., & Uribe, K. C. (2011). Identificación de oportunidades de mejora en la gestión del transporte del carbón en Colombia con Six Sigma. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 35.

Shanghai Tesuo Industrial Co., Ltd. (Febrero de 2001). Car black door Assembly Checking Fixture TS100015. Shanghai, China.

Shingo, S. (1990). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint.* United States of America: Sheridan Books.

Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* , 481.

SOLUTIONS, L. (12 de 01 de 2014). *LEAN SOLUTIONS* . Obtenido de http://www.leansolutions.co/

Spector, R. (2006). How constraints management enhances lean and six sigma. *supply Chain Management review, 10*, 42.

Vivan, A. L. (14 de MAYO de 2016). Model for kaizen project development for the construction industry. *SCIELO*, 334. doi:dx.doi.org/10.1590/0104-530x2102-15

Yenque D., J. G. (2014). KAIZEN 0 LA MEJORA CONTINUA. Industrial Data,. *INDUSTRIAL DATA* , 62 - 65. doi:doi:http://dx.doi.org/10.15381/idata.v5i1.6694

Yepes, V., & Eugenio, P. (2005). Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción. *Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil Universidad Politécnica de Valencia*, 1838.

Yepes, V., & Pellicer, E. (2005). Aplicación de la metodologia Seis Sigma en la mejora de resultados. *Universidad Politécnica de Valencia*, 1843.

GALLEGO ALZATE, J. B. (2005). FUNDAMENTOS DE LA GESTION TECNOLOGICA E INNOVACION. *Tecno Lógicas*, 113 - 131.

García-Lorenzo, A., & Prado, J. C. (2003). Employee participation systems in Spain. Past, present and future. *Total Quality Management & Business Excellence*, *14*(1), 15-24. doi: 10.1080/14783360309704

Gonzalez Correa , F. (2007). MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING). PRINCIPALES HERRAMIENTAS. *Panorama Administrativo*, 85.

Hernàndez Matìaz , J. C., & Vizàn Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Creative Commons

Rajadell Carreras , M., & Sánchez García, J. L. (2010). *LEAN MANUFACTURING La evidencia de una necesidad*. España: Díaz de Santos

Rivadeneira, B. (Producer). (2017, 01 19). CHEVROLET MEDIOS. *GM SUDAMÉRICA ANUNCIA REORGANIZACIÓN EN SU ESTRUCTURA*. Retrieved from https://media.gm.com/media/ec/es/chevrolet/home.detail.html/content/Pages/news/ec/es/2017/jan/0113-spark-life.html

SHINGO, S. (1990). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. United States of America: Sheridan Books.

Vivan, A. L., Ortiz, Felipe Alfonso Huertas, & Paliari, José Carlos. (2016). Model for kaizen project development for the construction industry. *SCIELO*, 334.

ANEXOS

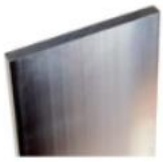
Anexo A

Perfil de la platina de Aluminio

CATÁLOGO DE PERFILES NORMALIZADOS
ALUMINIUM STANDARD PROFILES

extrusax
aluminium extrusion products

Normalizados pletinas
Extruded Flat Bars
Fecha de actualización 13/04/2017
Updated at 13/04/2017



Pletinas
Flat Bars

REF.	DESCRIPCIÓN mm	RADIO mm	PESO Kg/ml	PERIMETRO m2/ml
6258	12 x 8	0.5	0.259	0.039
5670	15 x 3	0.3	0.122	0.035
20125	16 x 12	0.50	0.518	0.055
7089	20 x 8	4	0.394	0.049
5831	20 x 10	0.3	0.540	0.059
7109	25 x 3	0.3	0.203	0.055
5505	25 x 3	1.5	0.197	0.053
9216	25 x 5	1	0.337	0.058
20628	30 x 2	0.3	0.162	0.063
9689	30 x 4	0.3	0.324	0.067
6136	30 x 5	0.3	0.405	0.070
6624	30 x 15	0.5	1.215	0.089
20629	40 x 2	0.3	0.216	0.083
6010	40 x 4	0.5	0.432	0.087
5959	40 x 8	0.3	0.864	0.095
6106	40 x 10	0.5	1.080	0.099
20046	40 x 10	4	1.042	0.093
6773	40 x 15	0.5	1.626	0.109
6774	40 x 25	0.5	2.710	0.129
8020	40 x 26	1	2.816	0.130
6456	50 x 5	0.5	0.675	0.109
6710	50 x 8	0.5	1.080	0.115
8892	50 x 10	0.5	1.350	0.119
6107	50 x 12	0.5	1.620	0.123
6776	50 x 25	0.5	3.388	0.149
6775	50 x 30	0.5	4.065	0.159
5599	60 x 6.5	2	1.045	0.130
6352	60 x 8	0.5	1.296	0.135

aluminium for a better life

Pedido mínimo por referencia 500kg
Minimum quantity per order 500kg
Perímetro mínimo 0.150m2/ml
Minimum perimeter 0.150m2/ml

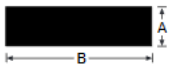
Anexo B

Perfil de la platina de acero

4. Ingots and Slabs (Line 7- Foundry)

Ingots (group 01)

REFERENCE	DIMENSION A	LENGTH	SPECIFICATIONS
	inches	inches	
00001	7	2.0 - 33.0	Short ingots
		Up to 197	Homogenized
		Up to 228	Without homogenization
00002	7	For different alloys to the standard production please consult with production.	



Slabs (group 02)

REFERENCE	DIMENSION A	DIMENSION B	LENGTH	SPECIFICATIONS
	inches	inches	inches	
00001	2 3/4	26 - 47	110 - 185	w/o scalp
	3			
	3 1/4			
00002	2 3/8 - 3 1/16	26 - 47	110 - 185	Scalped
00003	2 3/8 - 3 1/4	Up to 33	Up to 47	Short blocks

Note: Standard alloys for ingots: AA 1060, AA 1100, AA 6063, AA 6261
for slabs: AA 1060, AA 1100, AA 3003, AA 6351, AA 8112

ALUMINA

DISTRIBUIDOR MAYORISTA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN
Este documento lo encuentra en Internet: www.coval.com.co - E-mail: info@coval.com.co
coval comercial s.a.

4-2

Anexo C

Perfil de tubo cuadrado

9. Tubulares
Hollow Tubes

Tubulares cuadrados
Square hollow tubes

REFERENCIA REFERENCE	DIMENSION A		PESO / WEIGHT		PERIMETRO / PERIMETER	
	pulg.	mm.	lb/pie.	k/m	pulg.	mm.
T-006	1	25.40	0.34	0.507	4	101.60
T-021	2	50.80	0.64	0.955	7.97	202.51
T-022	0.63	15.90	0.17	0.248	2.50	63.60
T-050	1.25	31.70	0.35	0.521	4.99	126.80
T-069*	0.75	19.00	0.19	0.282	2.80	71.00
T-070	1.50	38.10	0.43	0.634	6.02	153.00
T-074*	0.87	22.20	0.15	0.230	3.44	87.42
T-076	1	25.40	0.23	0.340	4	101.60
T-085	1.75	44.50	0.56	0.835	7.01	178.00
T-087	1.50	38.10	0.34	0.501	6	152.40
T-089	3.61	91.60	1.18	1.752	14.43	366.40
T-090	0.51	13.00	0.09	0.130	2.05	52.00
T-115	0.75	19.00	0.13	0.195	2.99	76.00
T-116	0.98	25.00	0.18	0.274	3.94	100.00
T-132	1.75	44.40	0.62	0.918	6.99	177.60
T-141	1.57	40.00	0.42	0.626	6.30	160.00
T-143	2.37	60.30	1.01	1.506	9.50	241.20
T-147	1.75	44.40	0.73	1.092	6.99	177.60
T-169*	0.75	19.00	0.13	0.193	2.92	74.28
T-171	1.57	40.00	0.81	1.203	6.30	160.00
T-172	0.87	22.20	0.24	0.357	3.50	88.80
T-183	1.50	38.10	0.32	0.480	6	152.40
T-184	1.25	31.75	0.27	0.397	5	127.00
T-190	1	25.40	0.27	0.408	4	101.60
T-191	1	25.40	0.51	0.766	4	101.60
T-194*	1.18	30.00	0.31	0.463	4.69	119.14
T-196*	0.98	25.00	0.22	0.325	3.80	96.57
T-197	1.75	44.40	0.44	0.653	6.99	177.60
T-198	2	50.80	0.50	0.750	8	203.20
T-209	0.35	19.00	0.28	0.429	2.89	70.85
T-211	2	50.80	2.05	3.059	7.97	202.51
T-213	1-1/2	38.10	0.80	1.203	5.97	151.71
T-A-050	1.25	31.70	0.29	0.428	4.99	126.80
T-A-070**	1.50	38.10	0.41	0.611	6	152.40
T-A-074**	1.50	38.10	0.37	0.546	6	152.40

(*) Extremos redondeados / Rouded ends
(**) Refuerzos internos / Internally reforced

ALUMINA
DISTRIBUIDOR MAYORISTA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN
Este documento lo encuentra en Internet: www.coval.com.co - E-mail: info@coval.com.co
coval comercial s.a.

Anexo D

Tabla de constante para gráficos de control

Tabla 18.

Tabla de constantes para gráficos de control

Constante para Gráficos de Control																
n	**A**	**A2**	**A3**	**C4**	**1/C4**	**B3**	**B4**	**B5**	**B6**	**d2**	**d3**	**1/d2**	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.874
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541

Nota: Tabla de constantes para realizar gráficos de control.
Fuente: (Optimización, Estadística, Seis Sigma y Excel, 2008).

Anexo E

Valores de nivel sigma (Tabla extendida).

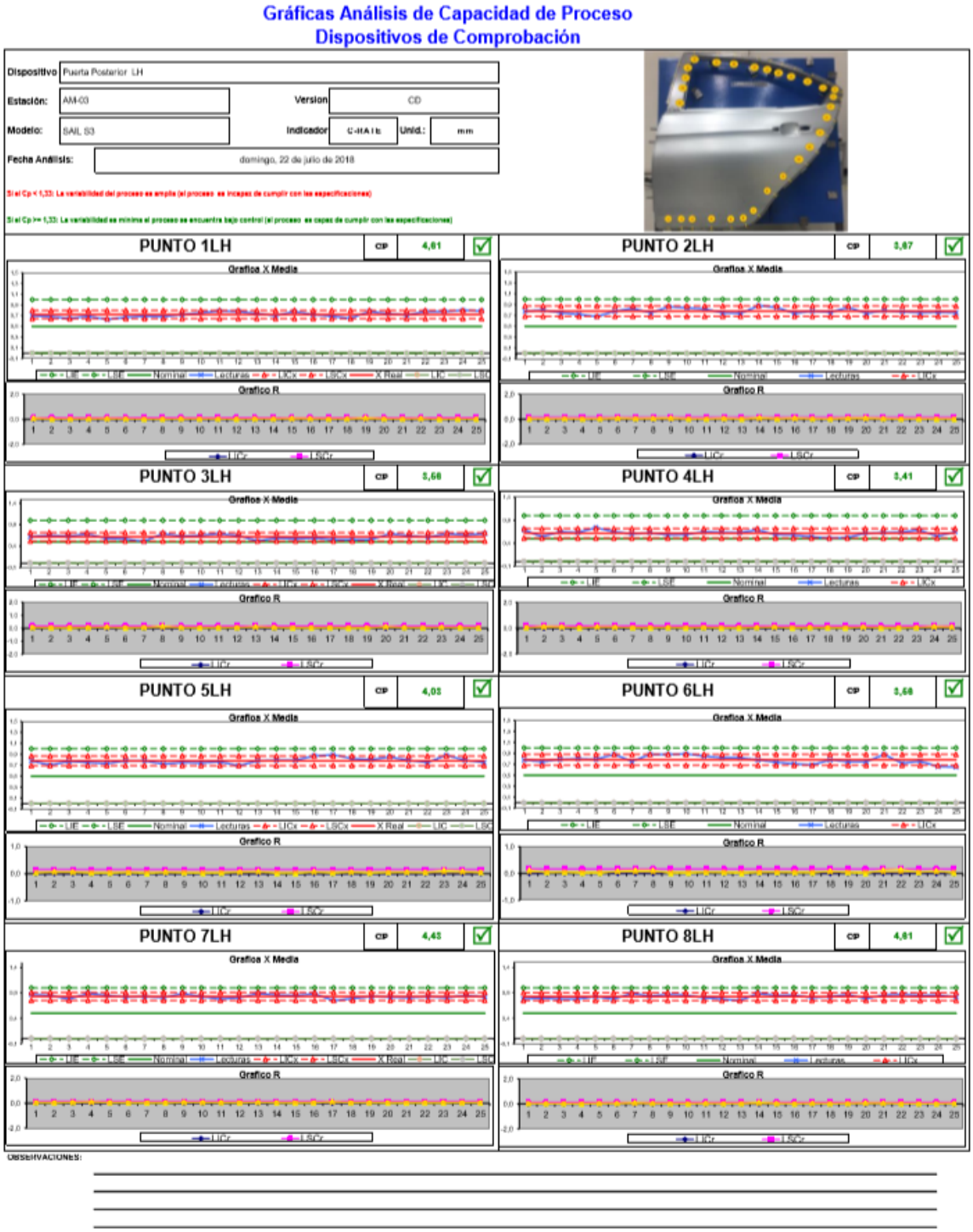
Rendimiento (%)	NIVEL EN SIGMA
6,68	0,00
8,455	0,13
10,56	0,25
13,03	0,38
15,87	0,50
19,08	0,63
22,66	0,75
26,595	0,88
30,85	1,00
35,435	1,13
40,13	1,25
45,025	1,38
50	1,50
54,975	1,63
59,87	1,75
64,565	1,88
69,15	2,00
73,405	2,13
77,34	2,25
80,92	2,38
84,13	2,50
86,97	2,63
89,44	2,75
91,545	2,88
93,32	3,00
94,79	3,13
95,99	3,25
96,96	3,38
97,73	3,50
98,32	3,63
98,78	3,75
99,12	3,88
99,38	4,00
99,565	4,13
99,7	4,25
99,795	4,38
99,87	4,50
99,91	4,63
99,94	4,75
99,96	4,88
99,977	5,00
99,982	5,13
99,987	5,25
99,992	5,38
99,997	5,50
99,99767	5,63
99,99833	5,75
99,999	5,88
99,99966	6,00

Nota: No confundir el **nivel sigma** del proceso con la desviación tipica (S).

Hay en muchos sitios donde designan a la desviación tipica (o estándar) con la letra sigma, por eso hay que recalcar que no son lo mismo.

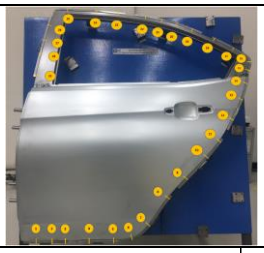
Anexo F

Análisis de Capacidad de Proceso / Puerta Posterior Izquierdo



Gráficas Análisis de Capacidad de Proceso
Dispositivos de Comprobación

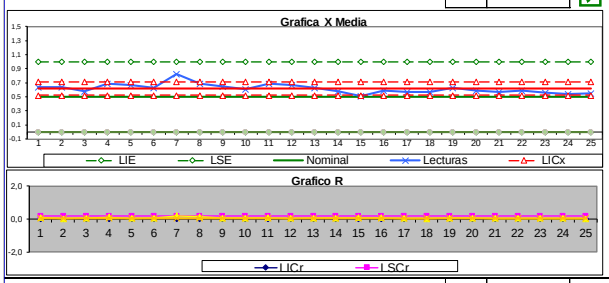
Dispositivo	Puerta Posterior LH				
Estación:	AM-03	**Version**	CD		
Modelo:	SAIL S3	**Indicador**	C-RATE	**Unid.:**	mm
Fecha Análisis:	domingo, 22 de julio de 2018				



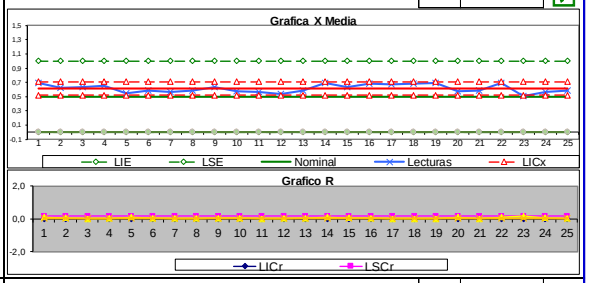
Si el Cp < 1,33: La variabilidad del proceso es amplia (el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones)

Si el Cp >= 1,33: La variabilidad es mínima el proceso se encuentra bajo control (el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones)

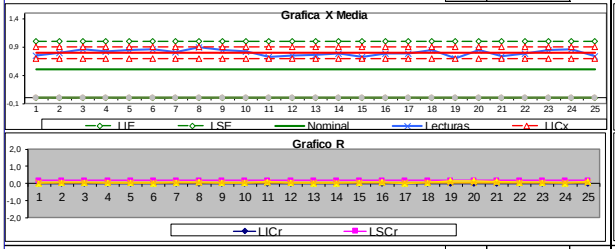
PUNTO 9LH — CP 3,67



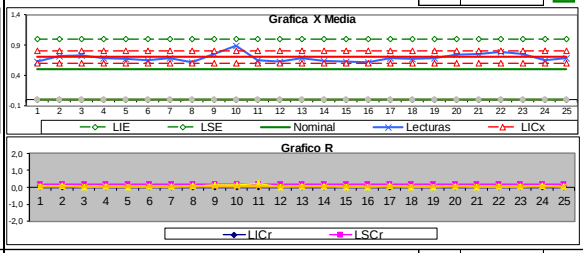
PUNTO 10LH — CP 3,67



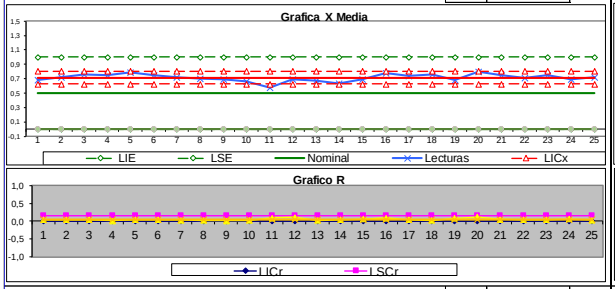
PUNTO 11LH — CP 3,36



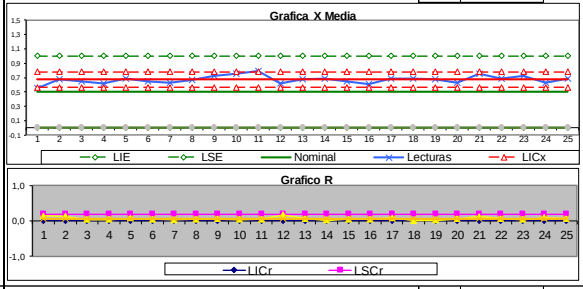
PUNTO 12LH — CP 3,41



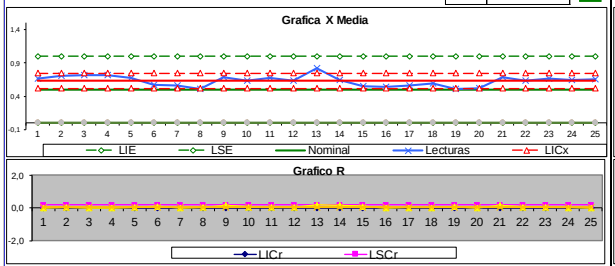
PUNTO 13LH — CP 3,98



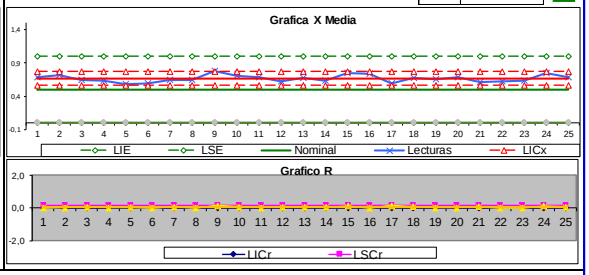
PUNTO 14LH — CP 3,26



PUNTO 15LH — CP 3,09



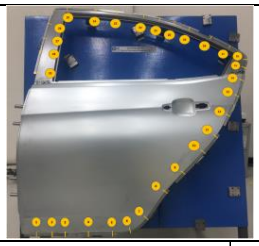
PUNTO 16LH — CP 3,46



OBSERVACIONES:

Gráficas Análisis de Capacidad de Proceso
Dispositivos de Comprobación

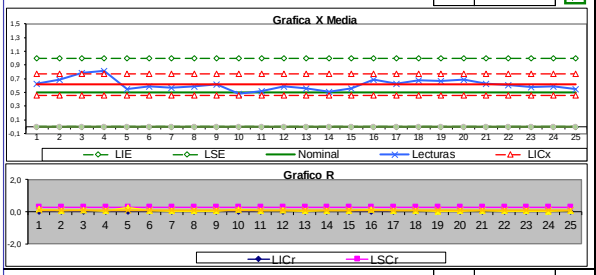
Dispositivo	Puerta Posterior LH				
Estación:	AM-03	**Version**	CD		
Modelo:	SAIL S3	**Indicador**	C-RATE	**Unid.:**	mm
Fecha Análisis:	domingo, 22 de julio de 2018				



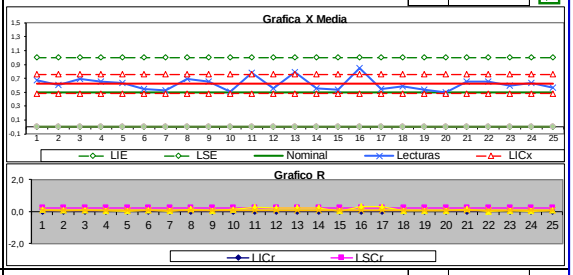
Si el Cp < 1,33: La variabilidad del proceso es amplia (el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones)

Si el Cp >= 1,33: La variabilidad es mínima el proceso se encuentra bajo control (el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones)

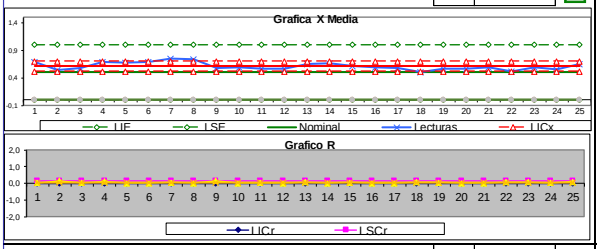
PUNTO 17LH — CP 2,24



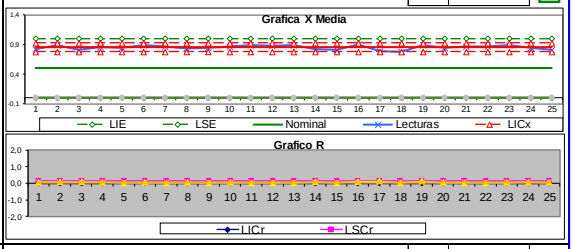
PUNTO 18LH — CP 2,54



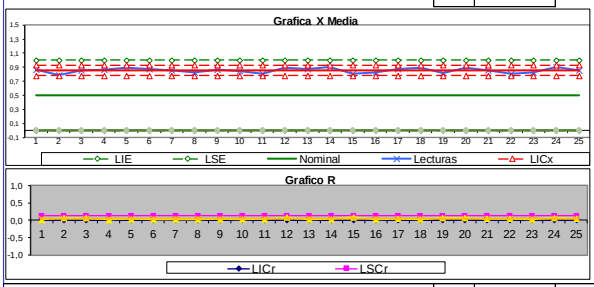
PUNTO 19LH — CP 3,79



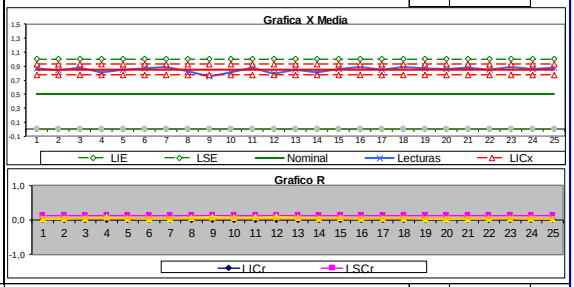
PUNTO 20LH — CP 4,70



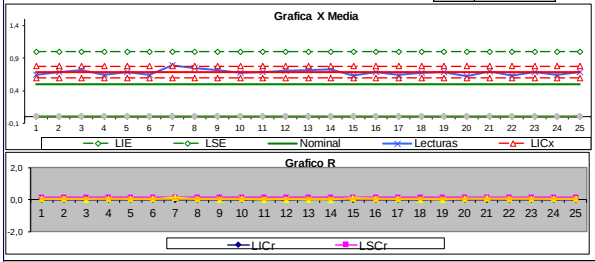
PUNTO 21LH — CP 4,80



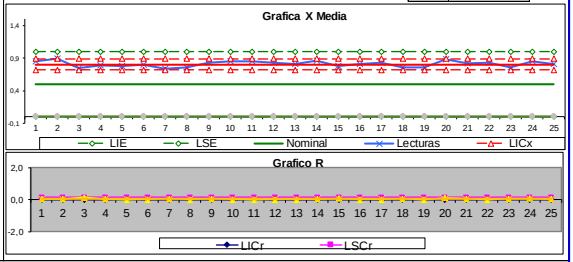
PUNTO 22LH — CP 4,61



PUNTO 23LH — CP 3,98



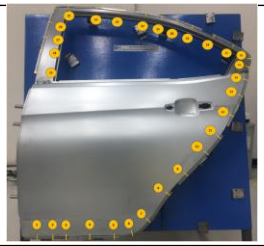
PUNTO 24LH — CP 4,12



OBSERVACIONES:

Gráficas Análisis de Capacidad de Proceso
Dispositivos de Comprobación

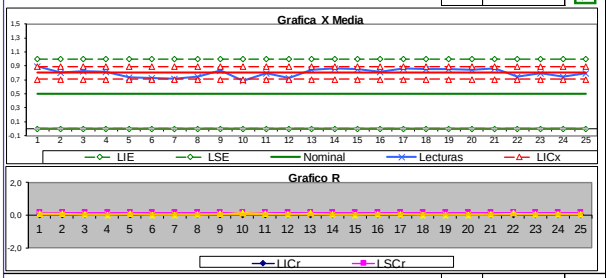
Dispositivo	Puerta Posterior LH				
Estación:	AM-03	**Version**	CD		
Modelo:	SAIL S3	**Indicador**	C-RATE	**Unid.:**	mm
Fecha Análisis:	domingo, 22 de julio de 2018				



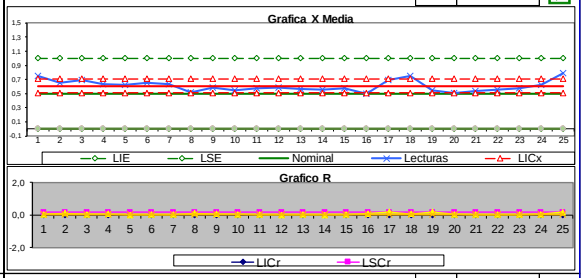
Si el Cp < 1,33: La variabilidad del proceso es amplia (el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones)

Si el Cp >= 1,33: La variabilidad es mínima el proceso se encuentra bajo control (el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones)

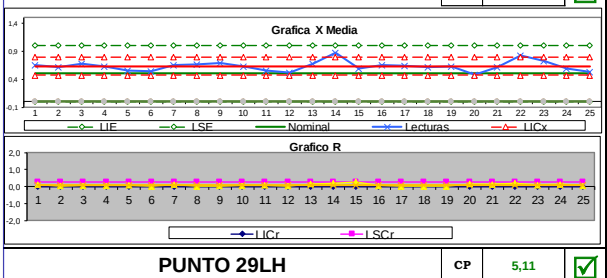
PUNTO 25LH — CP 3,85



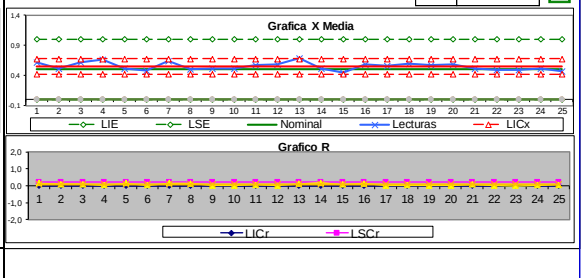
PUNTO 26LH — CP 3,62



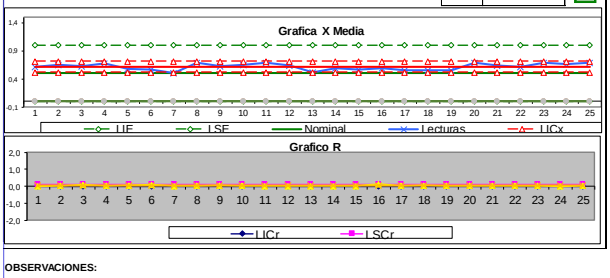
PUNTO 27LH — CP 2,16



PUNTO 28LH — CP 2,80



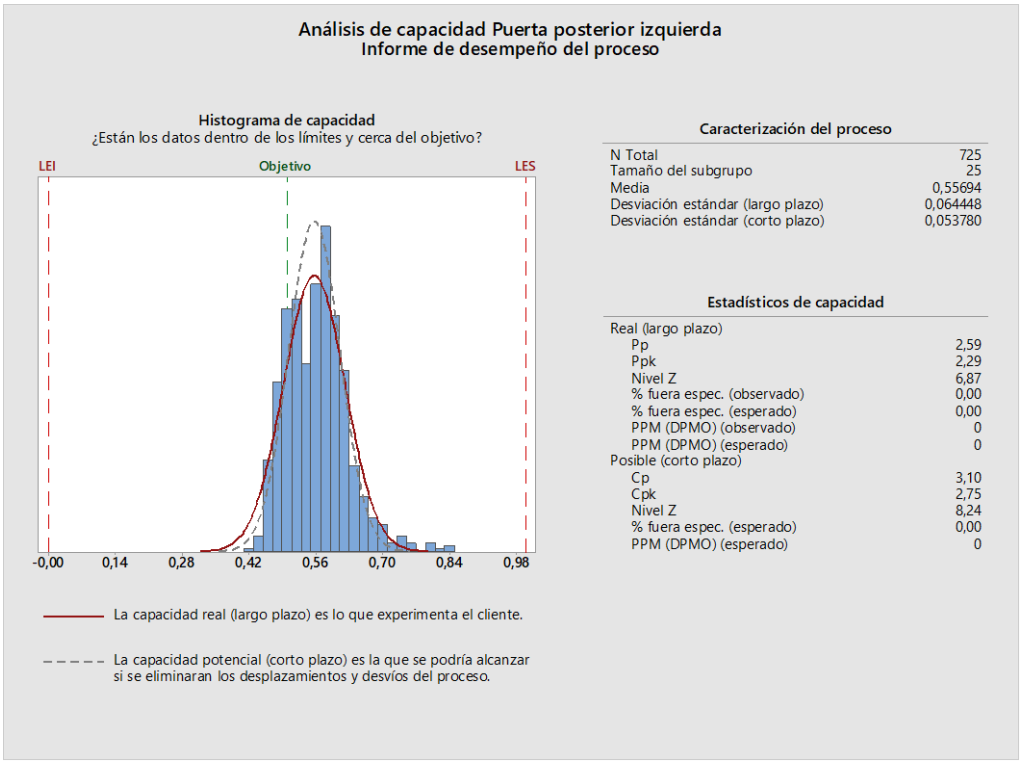
PUNTO 29LH — CP 5,11

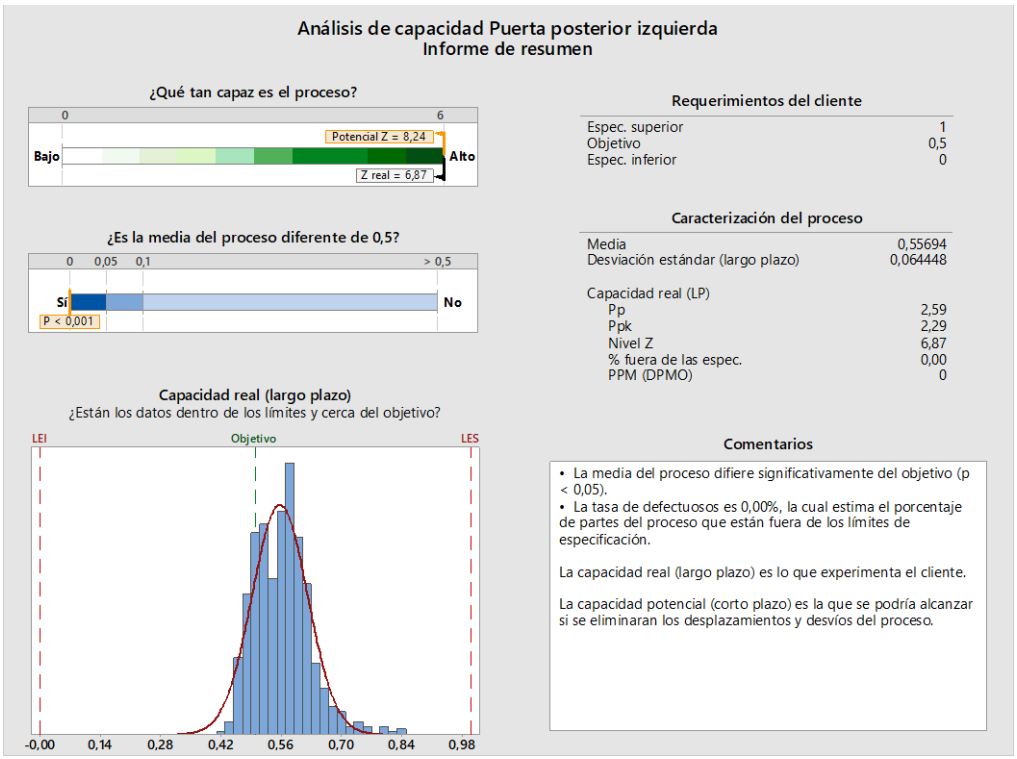


OBSERVACIONES:

Anexo G

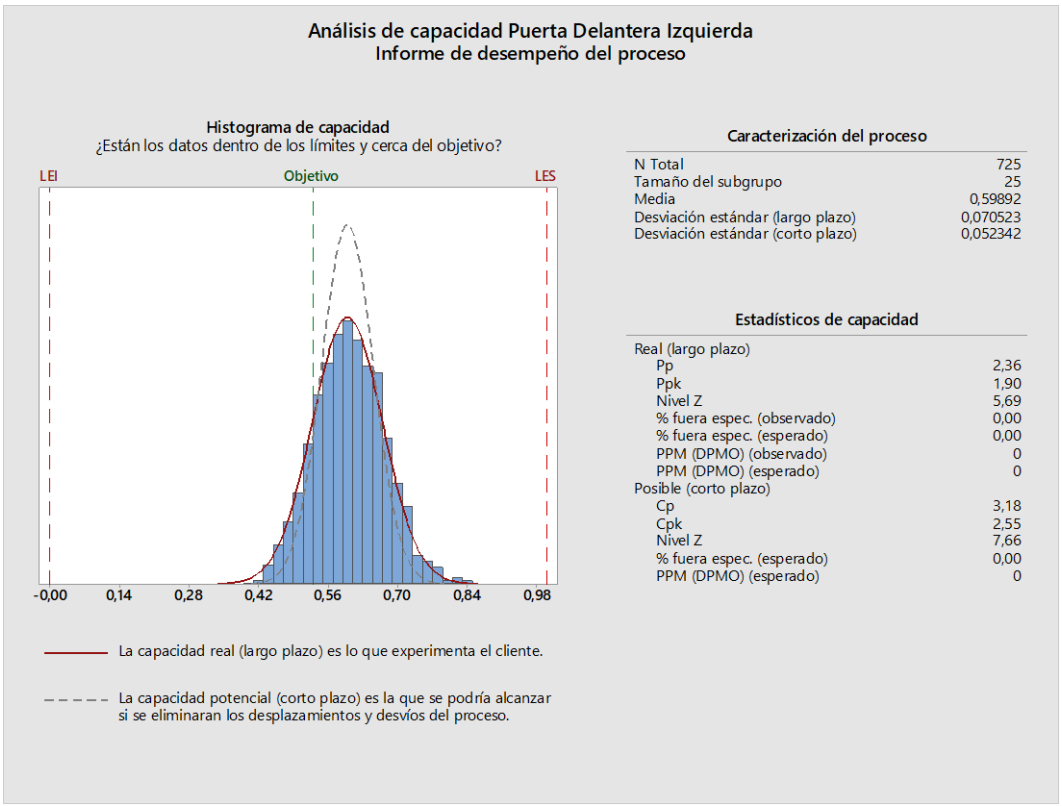
Resultado de cálculo de medición Seis Sigma Puerta Posterior Lh

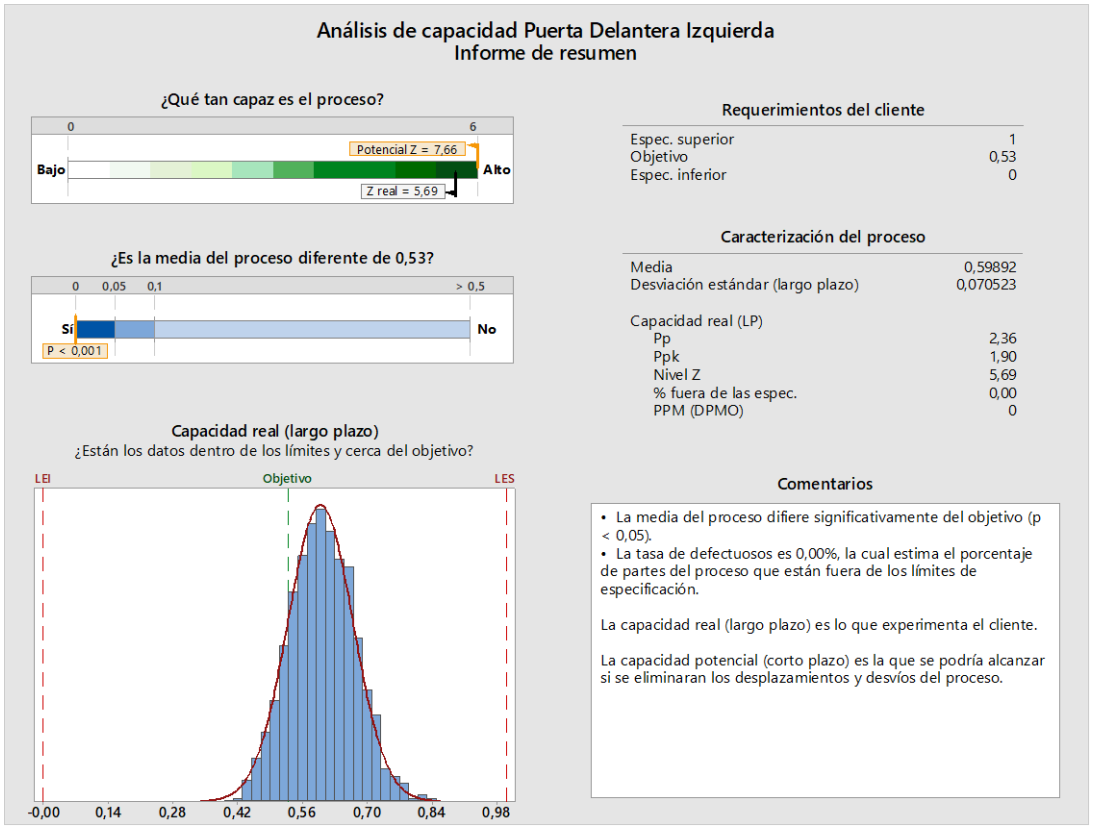




OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS
APLICANDO EL SEIS SIGMA.

Resultado de cálculo de medición Seis Sigma Puerta Delantera Lh



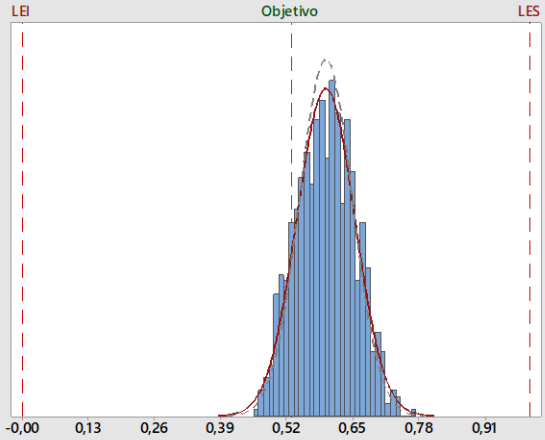


OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS
APLICANDO EL SEIS SIGMA.

Resultado de cálculo de medición Seis Sigma Puerta Delantera RH

Análisis de capacidad Puerta delantera derecha
Informe de desempeño del proceso

Histograma de capacidad
¿Están los datos dentro de los límites y cerca del objetivo?



La capacidad real (largo plazo) es lo que experimenta el cliente.

La capacidad potencial (corto plazo) es la que se podría alcanzar si se eliminaran los desplazamientos y desvíos del proceso.

Caracterización del proceso

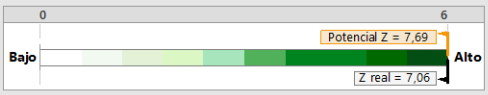
N Total	725
Tamaño del subgrupo	25
Media	0,59754
Desviación estándar (largo plazo)	0,057007
Desviación estándar (corto plazo)	0,052342

Estadísticos de capacidad

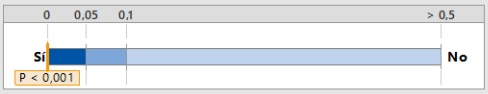
Real (largo plazo)	
Pp	2,92
Ppk	2,35
Nivel Z	7,06
% fuera espec. (observado)	0,00
% fuera espec. (esperado)	0,00
PPM (DPMO) (observado)	0
PPM (DPMO) (esperado)	0
Posible (corto plazo)	
Cp	3,18
Cpk	2,56
Nivel Z	7,69
% fuera espec. (esperado)	0,00
PPM (DPMO) (esperado)	0

Análisis de capacidad Puerta delantera derecha
Informe de resumen

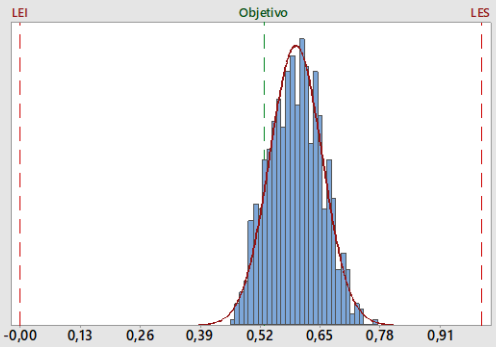
¿Qué tan capaz es el proceso?



¿Es la media del proceso diferente de 0,53?



Capacidad real (largo plazo)
¿Están los datos dentro de los límites y cerca del objetivo?



Requerimientos del cliente

Espec. superior	1
Objetivo	0,53
Espec. inferior	0

Caracterización del proceso

Media	0,59754
Desviación estándar (largo plazo)	0,057007
Capacidad real (LP)	
Pp	2,92
Ppk	2,35
Nivel Z	7,06
% fuera de las espec.	0,00
PPM (DPMO)	0

Comentarios

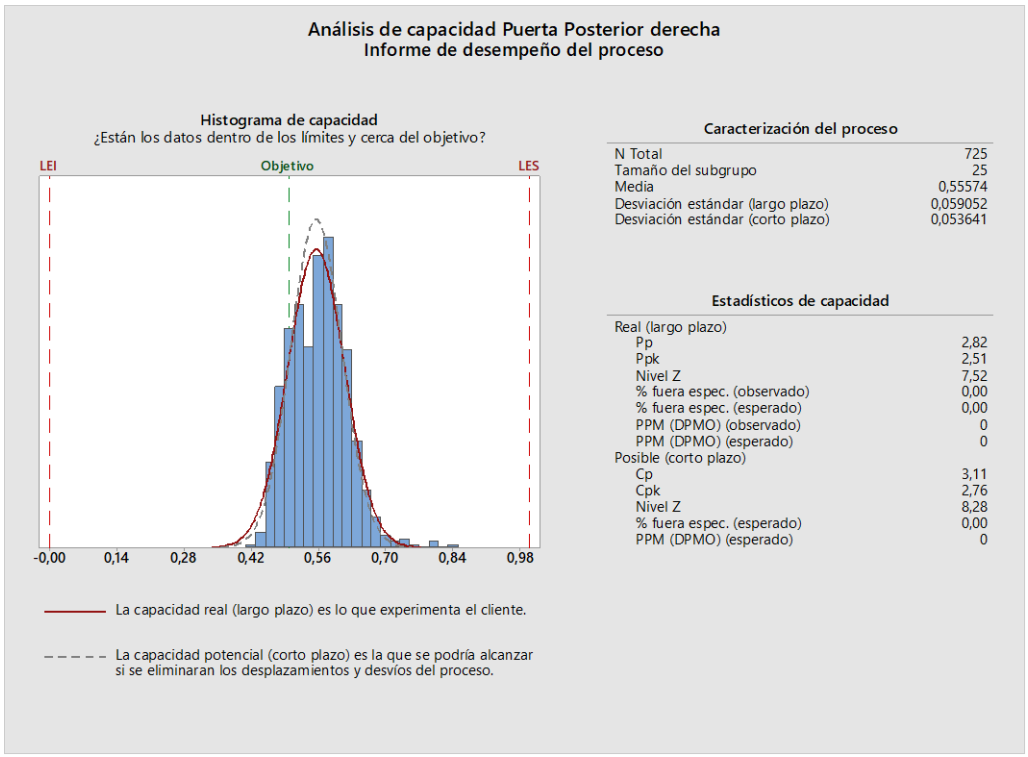
- La media del proceso difiere significativamente del objetivo ($p < 0,05$).
- La tasa de defectuosos es 0,00%, la cual estima el porcentaje de partes del proceso que están fuera de los límites de especificación.

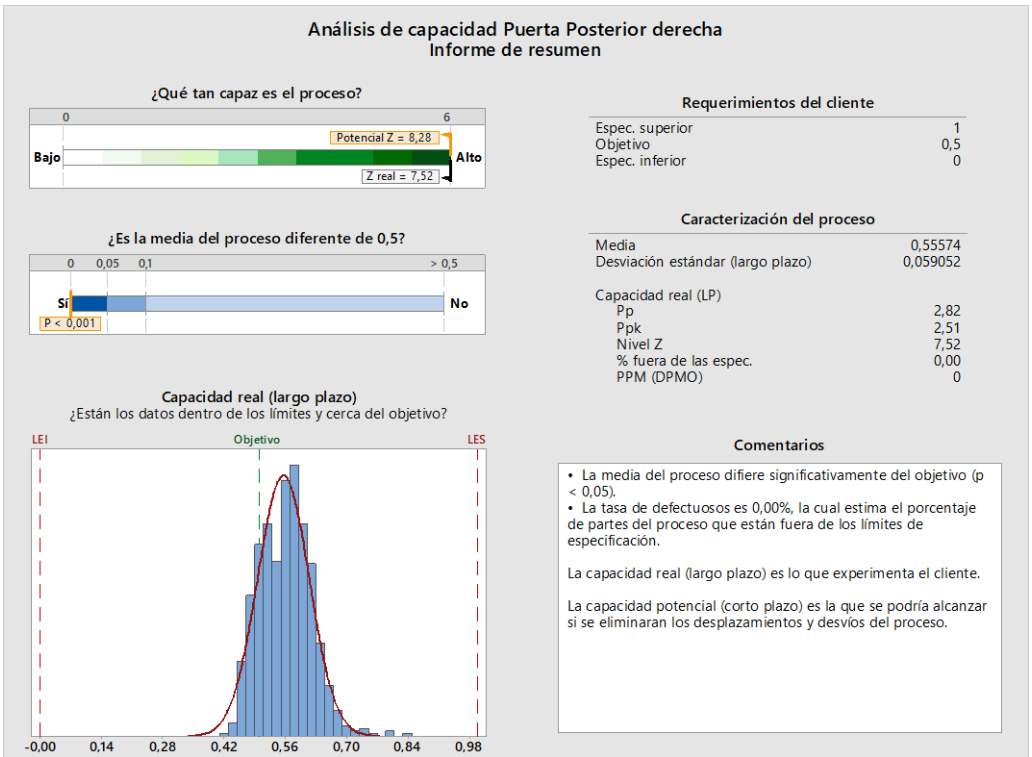
La capacidad real (largo plazo) es lo que experimenta el cliente.

La capacidad potencial (corto plazo) es la que se podría alcanzar si se eliminaran los desplazamientos y desvíos del proceso.

OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS
APLICANDO EL SEIS SIGMA.

Resultado de cálculo de medición Seis Sigma Puerta Posterior RH





Anexo H

Hoja de instrucciones de tarea

Pagina 1 de 6

TIS AUDITOR	Hoja de Instrucciones de Tarea	Departamento / Area	CALIDAD/ CMM

Tarea: 1	Descripción de la Tarea: UTILIZACION DEL DISPOSITIVO DE COMPROBACIÓN	Fecha de Realización	20/7/2018	Realizada por:	WILSON POGO DIAZ

Descripcion del equipo/No.	Ubicación	Simbolo	Seguridad	Critico	Secuancia mandatoria en los pasos	Calidad	Secuencia mandatoria de pasos	Medio Ambiente	Tiempo estandar
CFP001	CMM								120 min.

Sim.	No	Descripcion de Pasos	Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)
☐	1	UBICACIÓN DEL DISPOSITIVO DE COMPROBACIÓN	Antes de realizar cualquier medición colocar el dispositivo en un lugar seguro y totalmente plano.
☐	2	ENSAMBLE TORRES DE POSICIONAMIENTO	Para AUDITAR CUALQUIER PUERTA SE DEBE PREPARAR CON LAS TORRES DE POSICIONAMIENTO QUE SON 14 EN EL PANEL POSTERIOR Y 17 EN LA DELANTERA
☐	3	UBICACIÓN DE PANEL	Se debe tenr en cuenta que la puesta descanse en las torres de fijación son dos en la mitad y una torre con iman el cual ayuda a sujetar el panel.
☐	4	UTILIZAR EL LASER GAUGE O GALGAS	Tener cuidado al momento de manipular el laser gauge debido a que puede caerse, imgresar al menu y colocar en analizar holguras, tener en cuenta que para cada panel se tiene sentido al tomar las medidas.
☐	5	DESCARGA DE MEDIDAS AL COMPUTADOR	Se conecta el cable USB desde el computador al laser gauge permitiendo que se realice la transferencia de datos de holguras.
☐	6	INGRESO DATOS BASE EXCEL	Solo se ingresara a la base los datos obtenidos en la medición
☐	7	PROCESO DE REALIZAR REPORTE	una vez validado las mediciones se procede a general los reportes diarios y actualizar el reporte mensual.

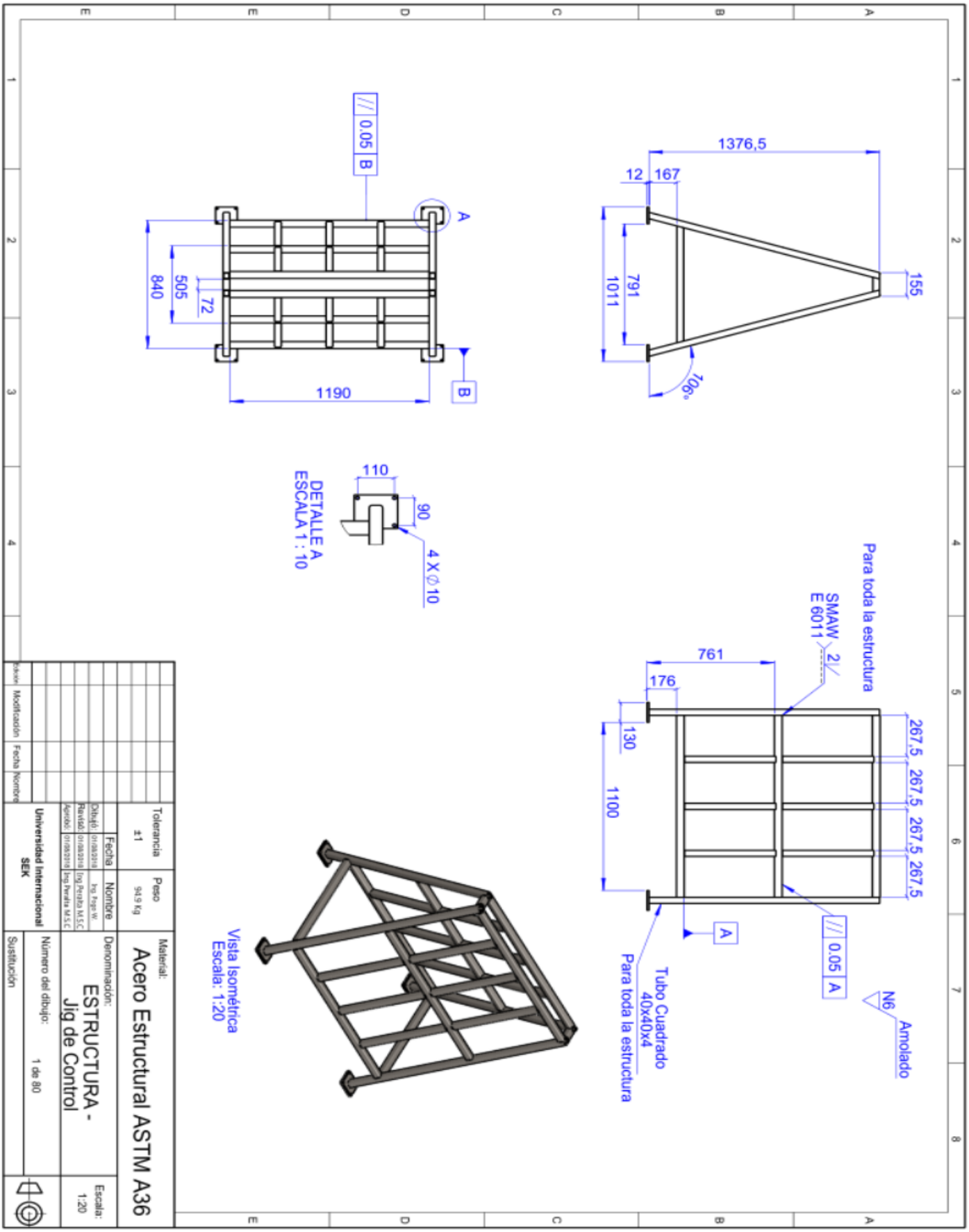
Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales,Layouts, etc.)

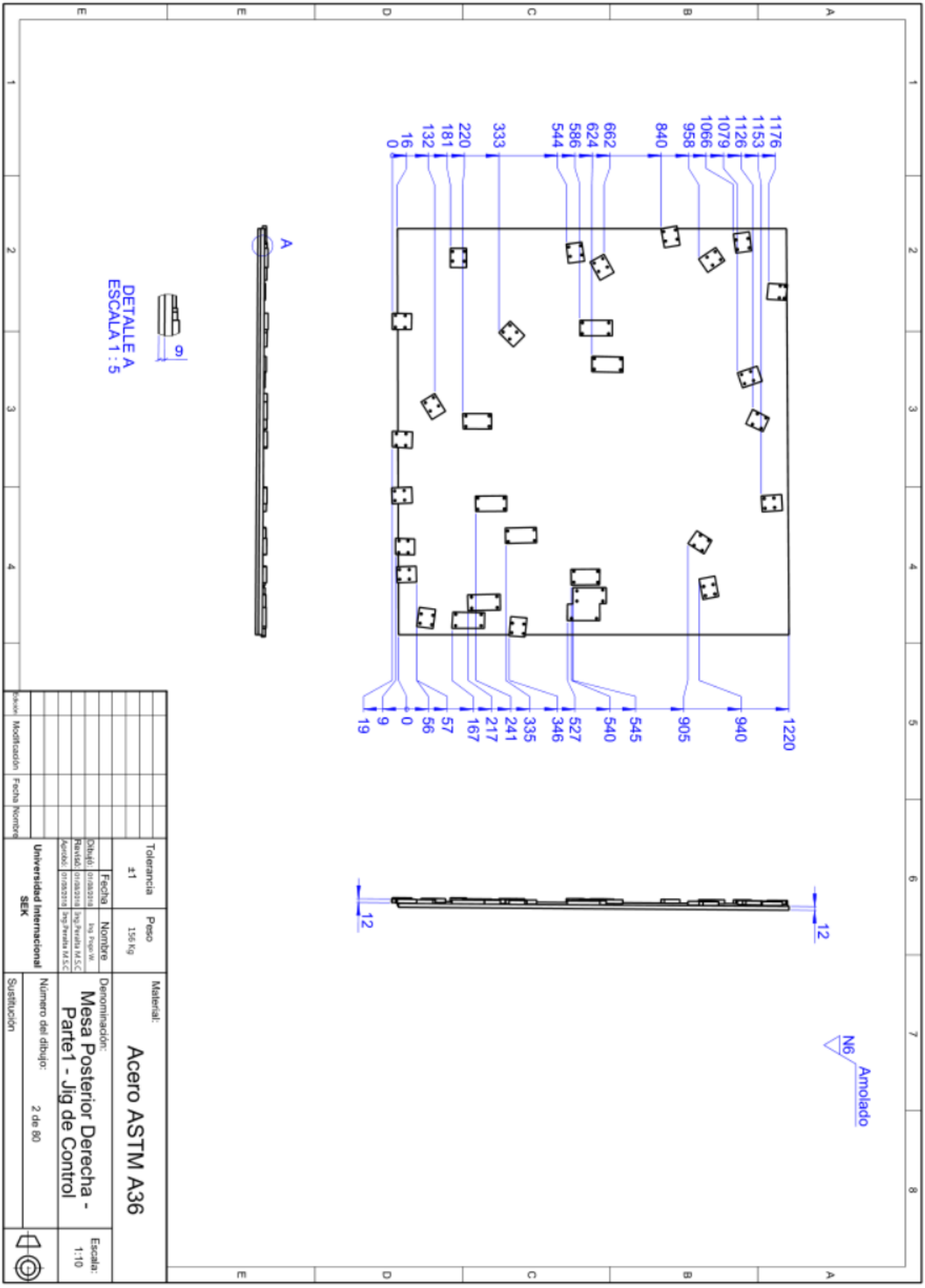
Bloque de Firmas

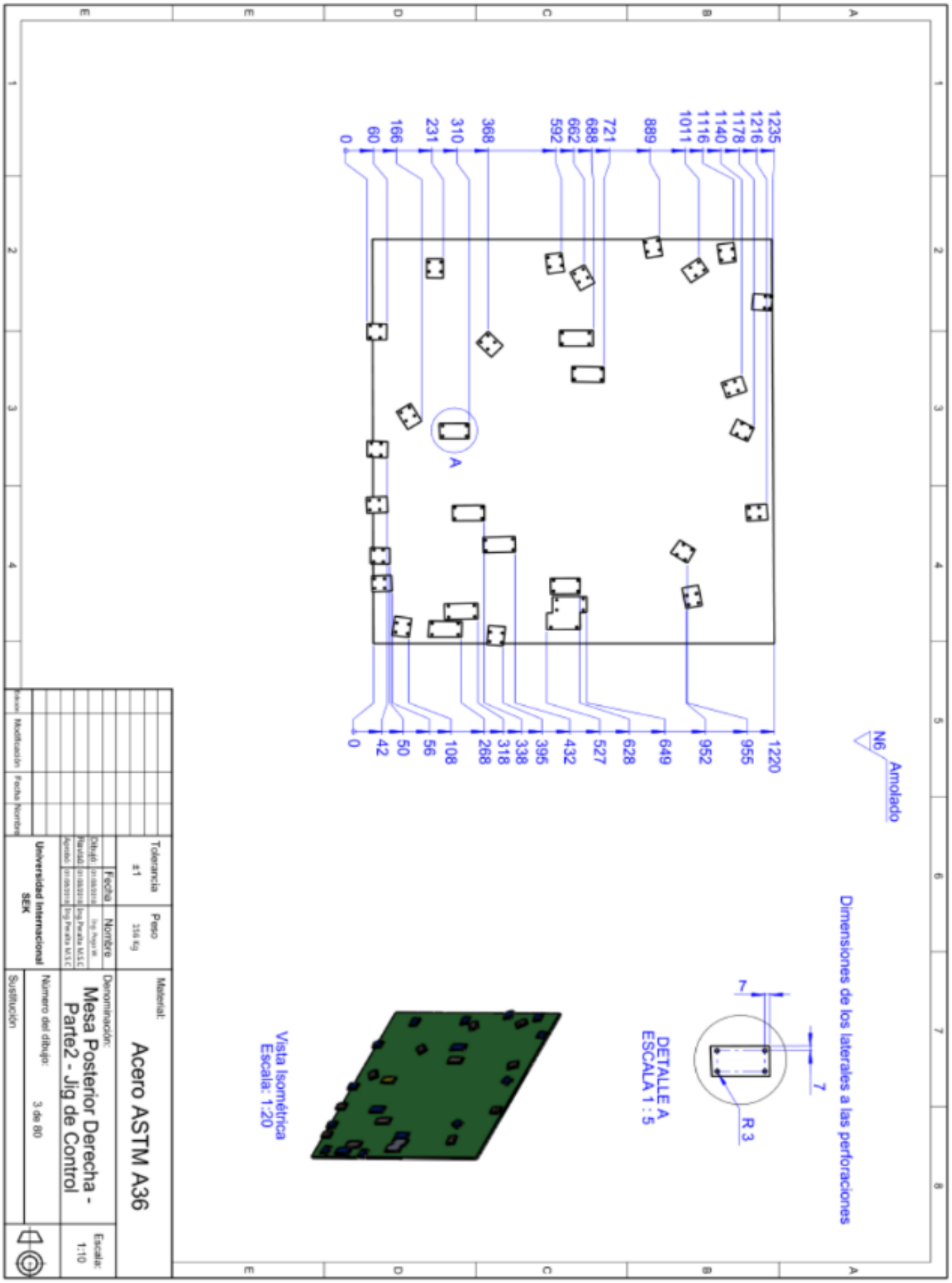
Turno		Lider de Equipo	Lider de Grupo	
1	Firma			
	Fecha			
2	Firma			
	Fecha			
3	Firma			
	Fecha			

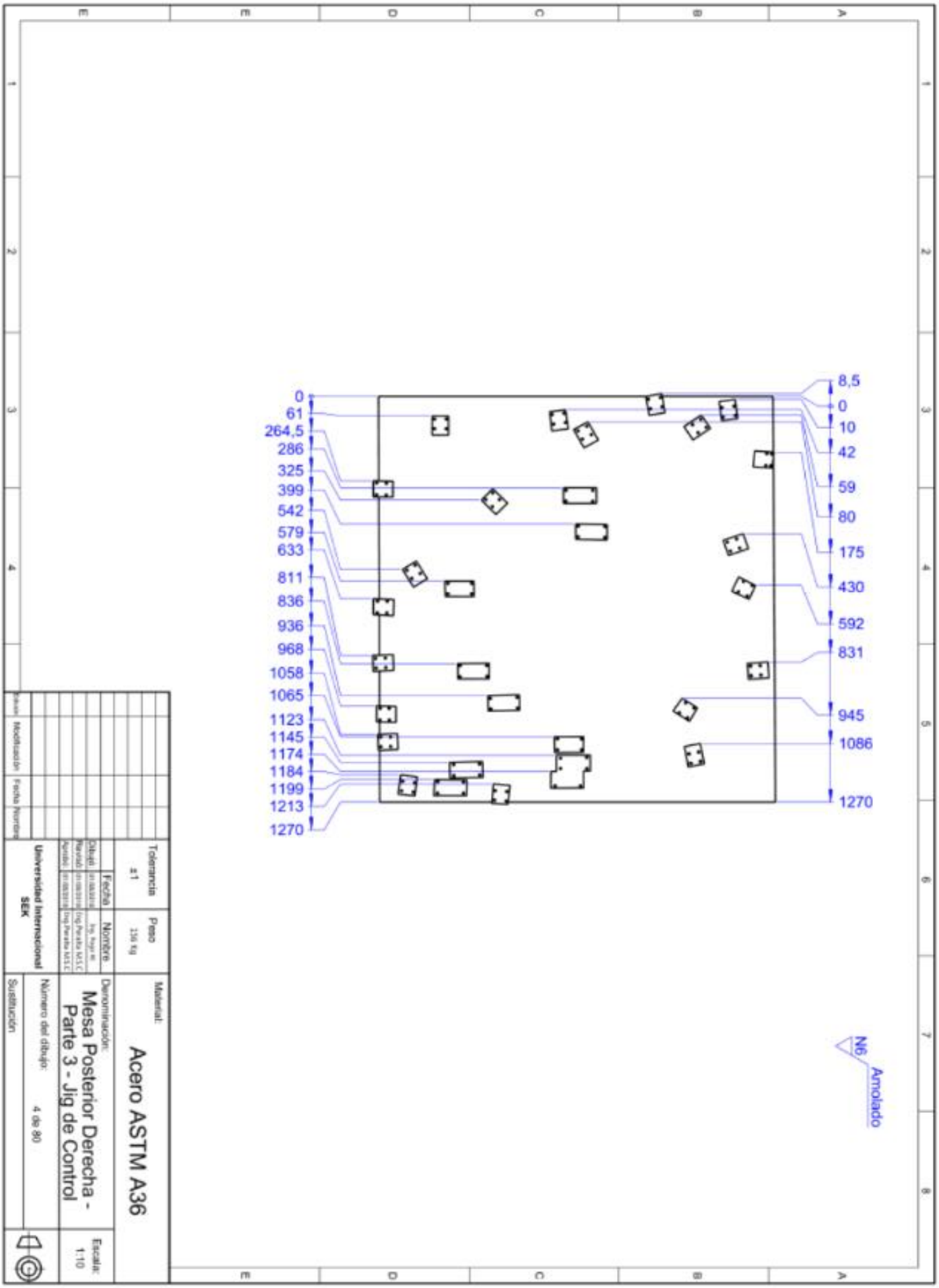
Fecha	Nombre	Descripcion del cambio
20-Jul-18	Jose Rivas	Actualizacion de TIS, mejoramiento de metodo

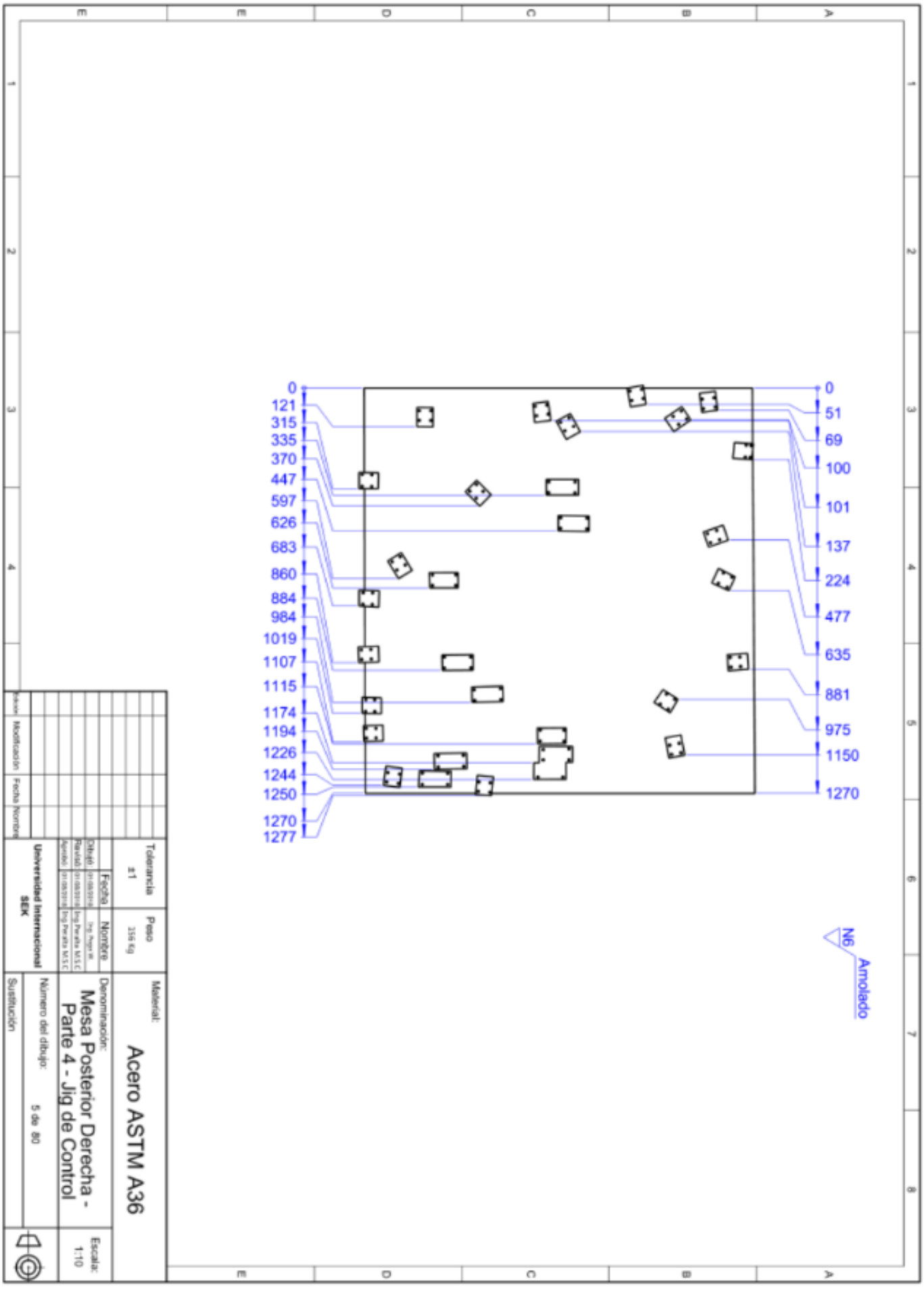
Anexo I (Planos)

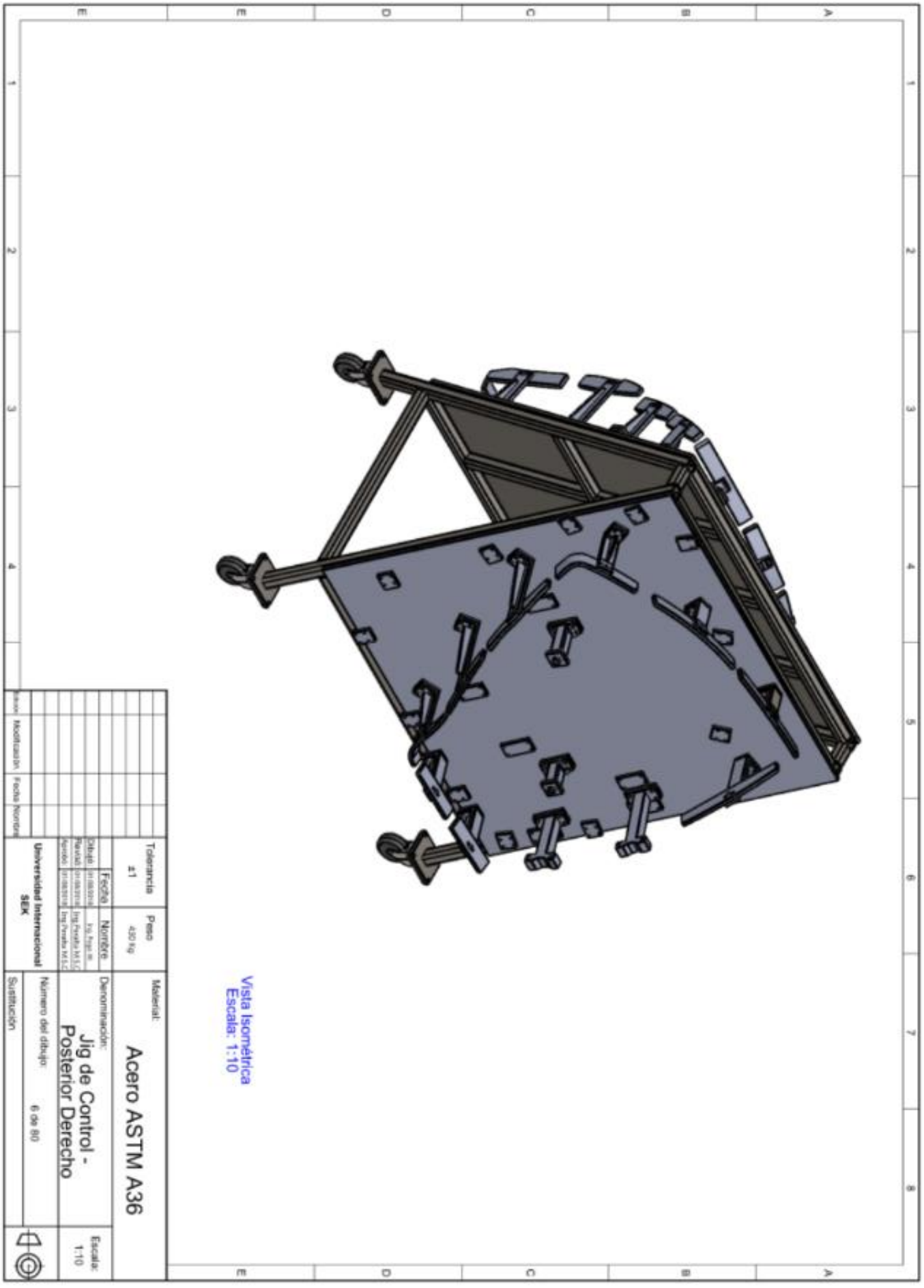


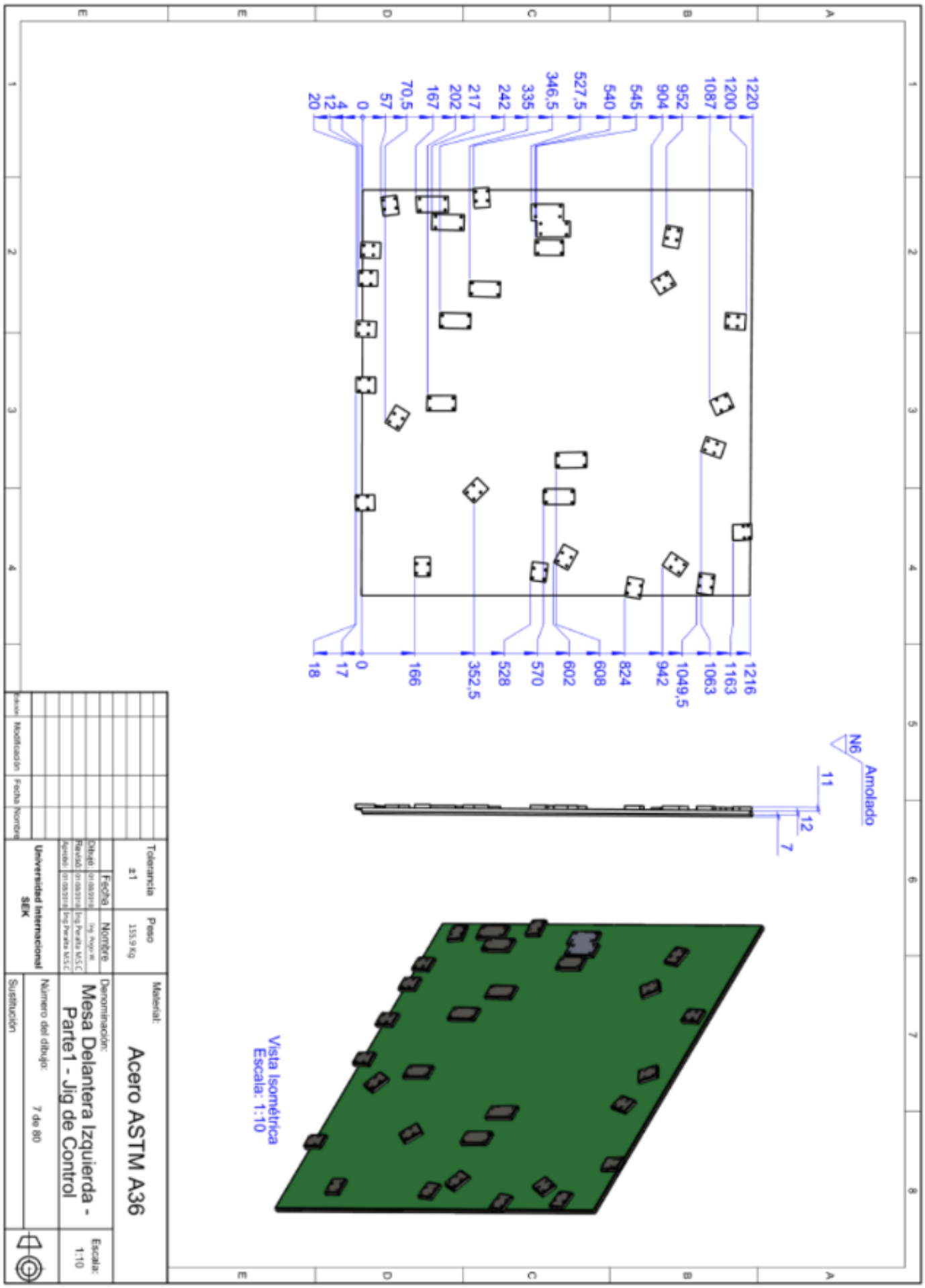

1176
1153
1126
1079
1066
958
840
662
624
586
544
333
220
181
132
16
0
1220
940
905
545
540
527
346
335
241
217
167
57
56
0
9
19
12
12
N6
Amolado
A
DETALLE A
ESCALA 1 : 5
9
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Posterior Derecha - Parte1 - Jig de Control
Escala: 1:10
Número del dibujo:
2 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
156 Kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Ing.Peralta M.S.C
Modificación
Fecha
Nombre

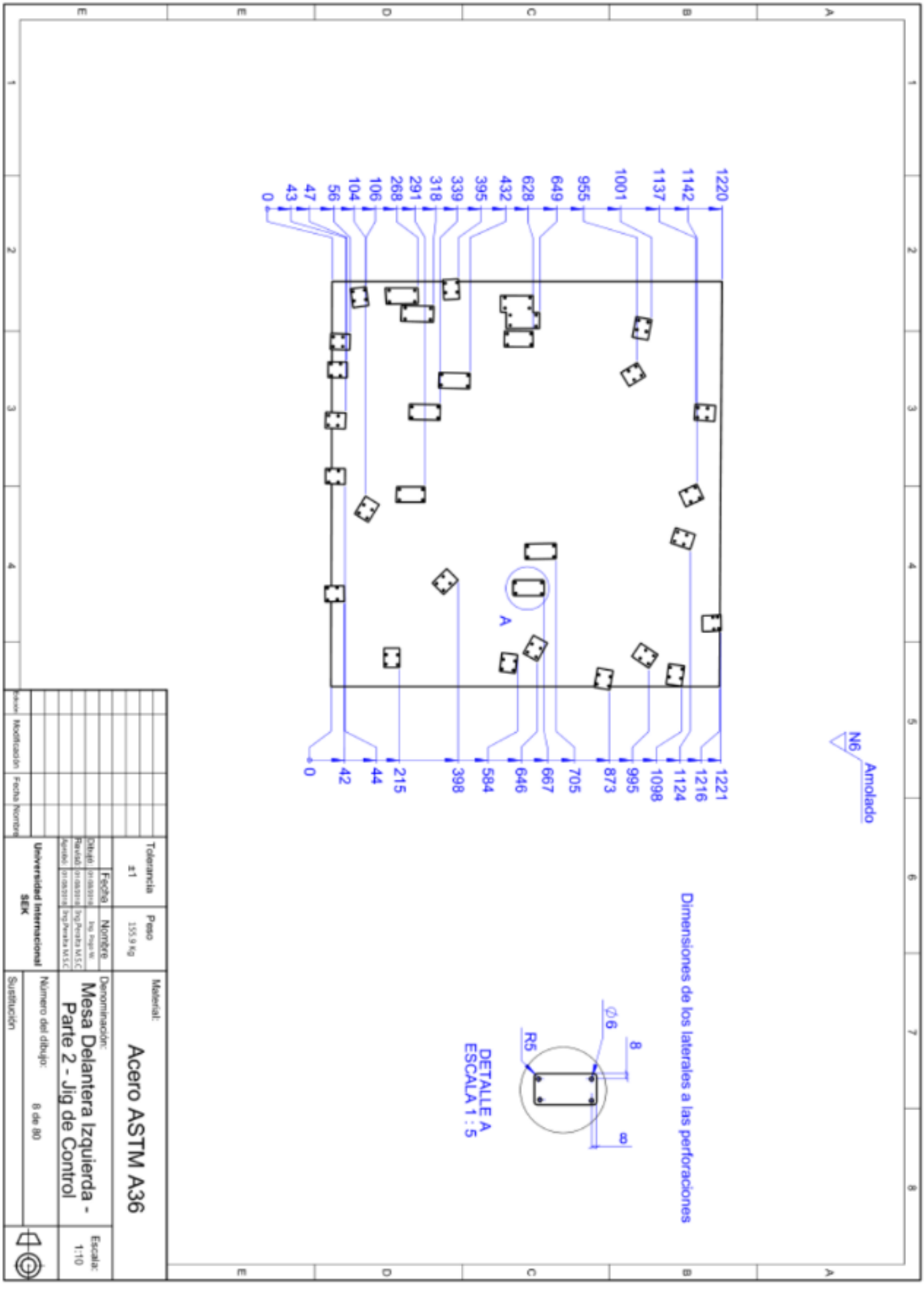

N6 Amolado
Dimensiones de los laterales a las perforaciones
0 60 166 231 310 368 592 662 688 721 889 1011 1116 1140 1178 1216 1235
0 42 50 56 108 268 318 338 395 432 527 628 649 952 955 1220
A
DETALLE A
ESCALA 1 : 5
7
7
R 3
Vista Isométrica
Escala: 1:20
Material: Acero ASTM A36
Denominación: Mesa Posterior Derecha - Parte2 - Jig de Control
Escala: 1:10
Número del dibujo: 3 de 80
Universidad Internacional SEK
Tolerancia ±1
Peso 316 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre
Sustitución

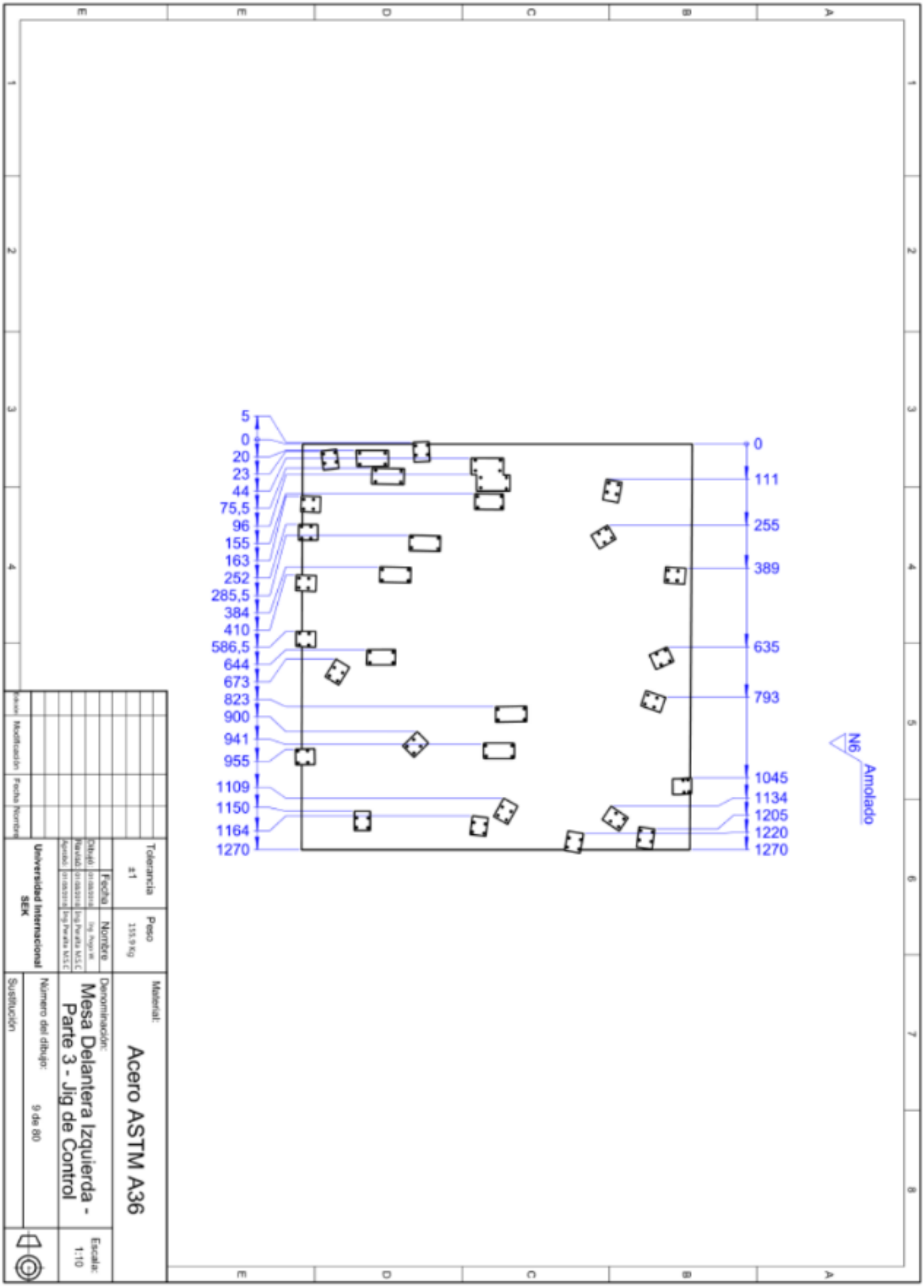

0
61
264,5
286
325
399
542
579
633
811
836
936
968
1058
1065
1123
1145
1174
1184
1199
1213
1270
8,5
0
10
42
59
80
175
430
592
831
945
1086
1270
N6
Amolado
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Posterior Derecha - Parte 3 - Jig de Control
Número del dibujo:
4 de 80
Sustitución
Escala:
1:10
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
136 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha Revisión

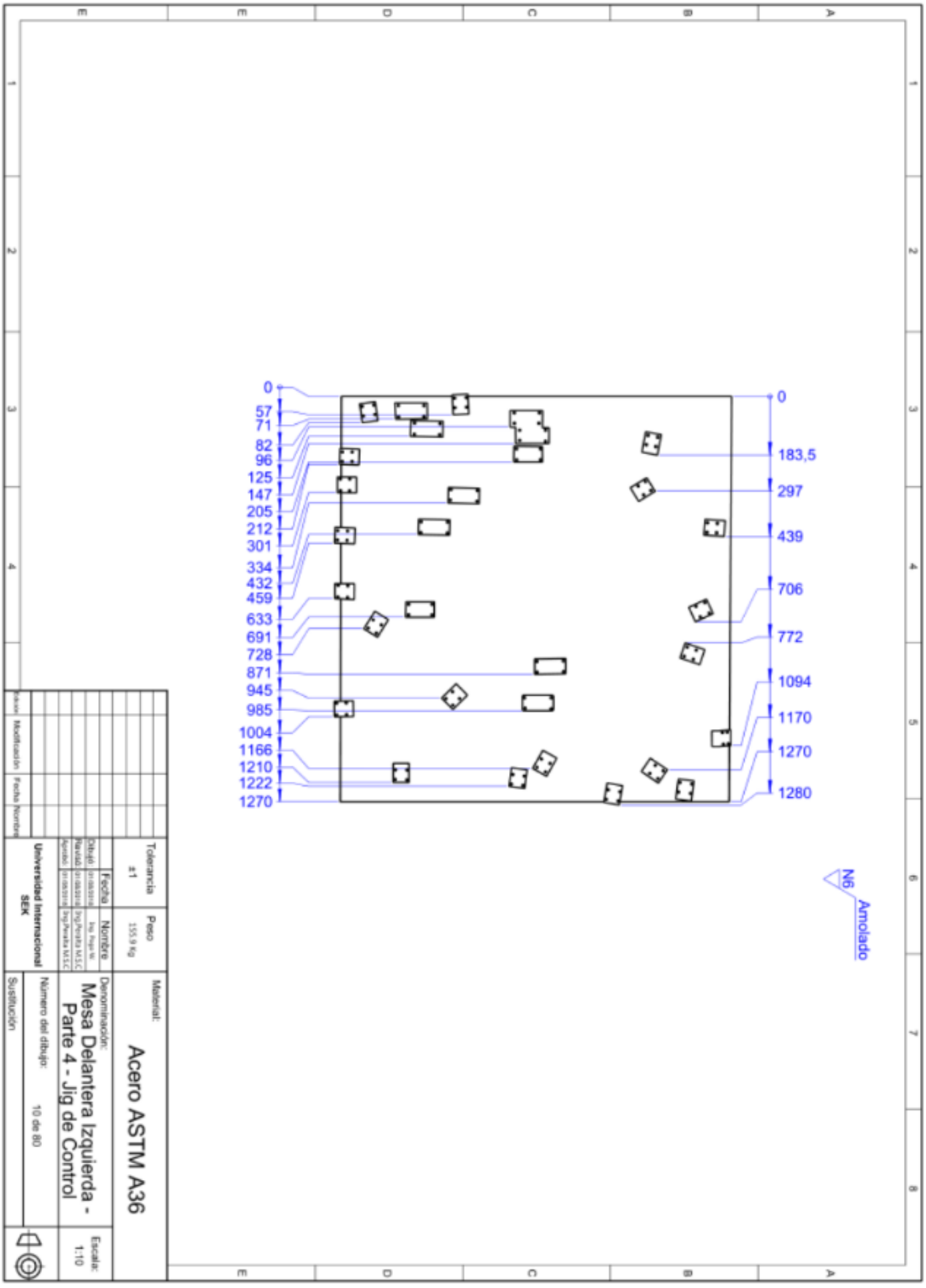

0
121
315
335
370
447
597
626
683
860
884
984
1019
1107
1115
1174
1194
1226
1244
1250
1270
1277
0
51
69
100
101
137
224
477
635
881
975
1150
1270
N6
Amolado
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Posterior Derecha - Parte 4 - Jig de Control
Escala:
1:10
Número del dibujo:
5 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
156 kg
Nombre
Fecha
Modificación
Fecha
Nombre

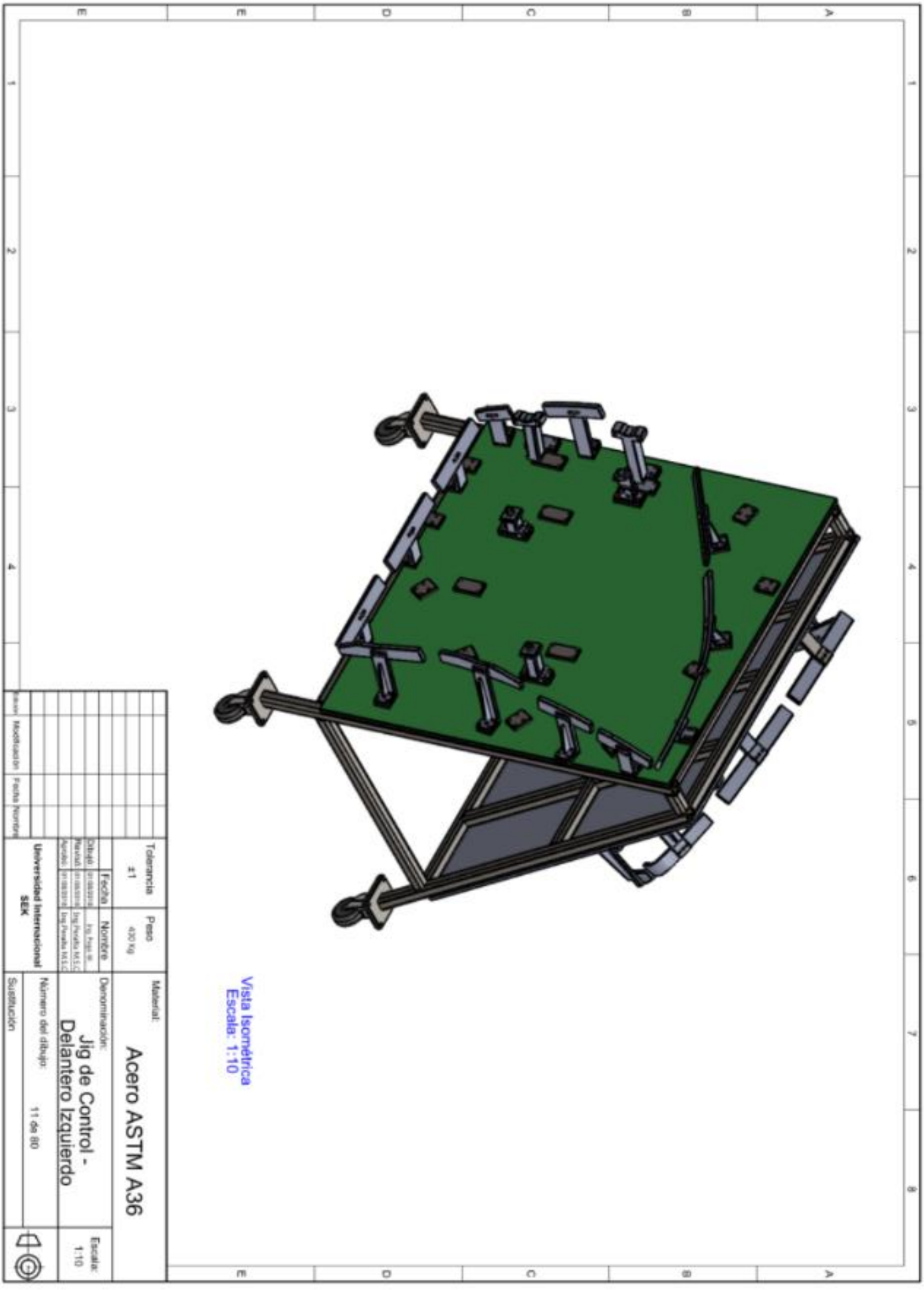

Vista Isométrica
Escala: 1:10
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Jig de Control -
Posterior Derecho
Número del dibujo:
6 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Modificación
Nombre
Fecha

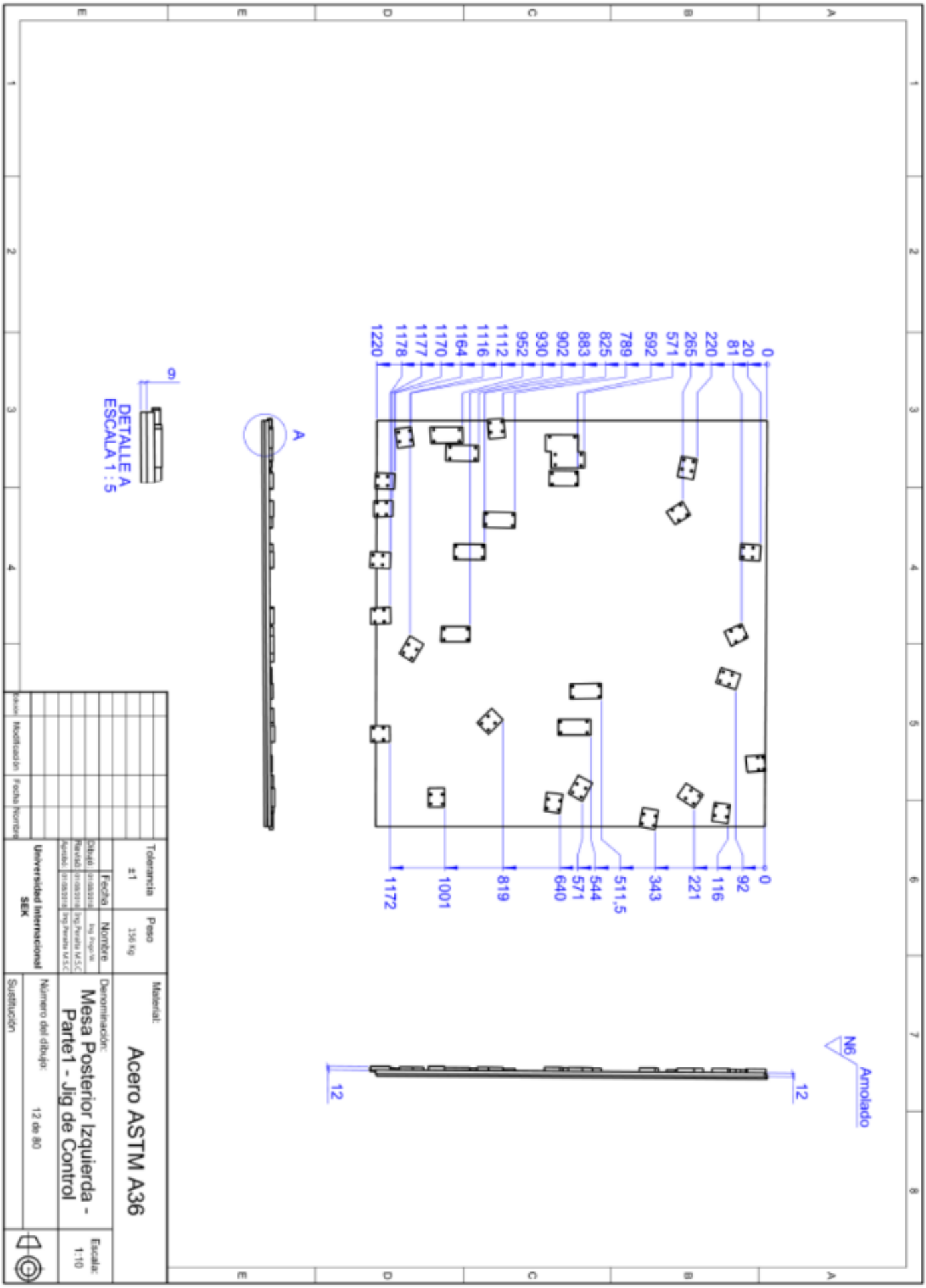

1220
1200
1087
952
904
545
540
527,5
346,5
335
242
217
202
167
70,5
57
0
4
12
20
1216
1163
1063
1049,5
942
824
608
602
570
528
352,5
166
0
17
18
N6 Amolado
11
12
7
Vista Isométrica
Escala: 1:10
Material: Acero ASTM A36
Denominación: Mesa Delantera Izquierda - Parte1 - Jig de Control
Número del dibujo: 7 de 80
Escala: 1:10
Peso 155.9 Kg
Tolerancia ±1
Universidad Internacional SEK
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó

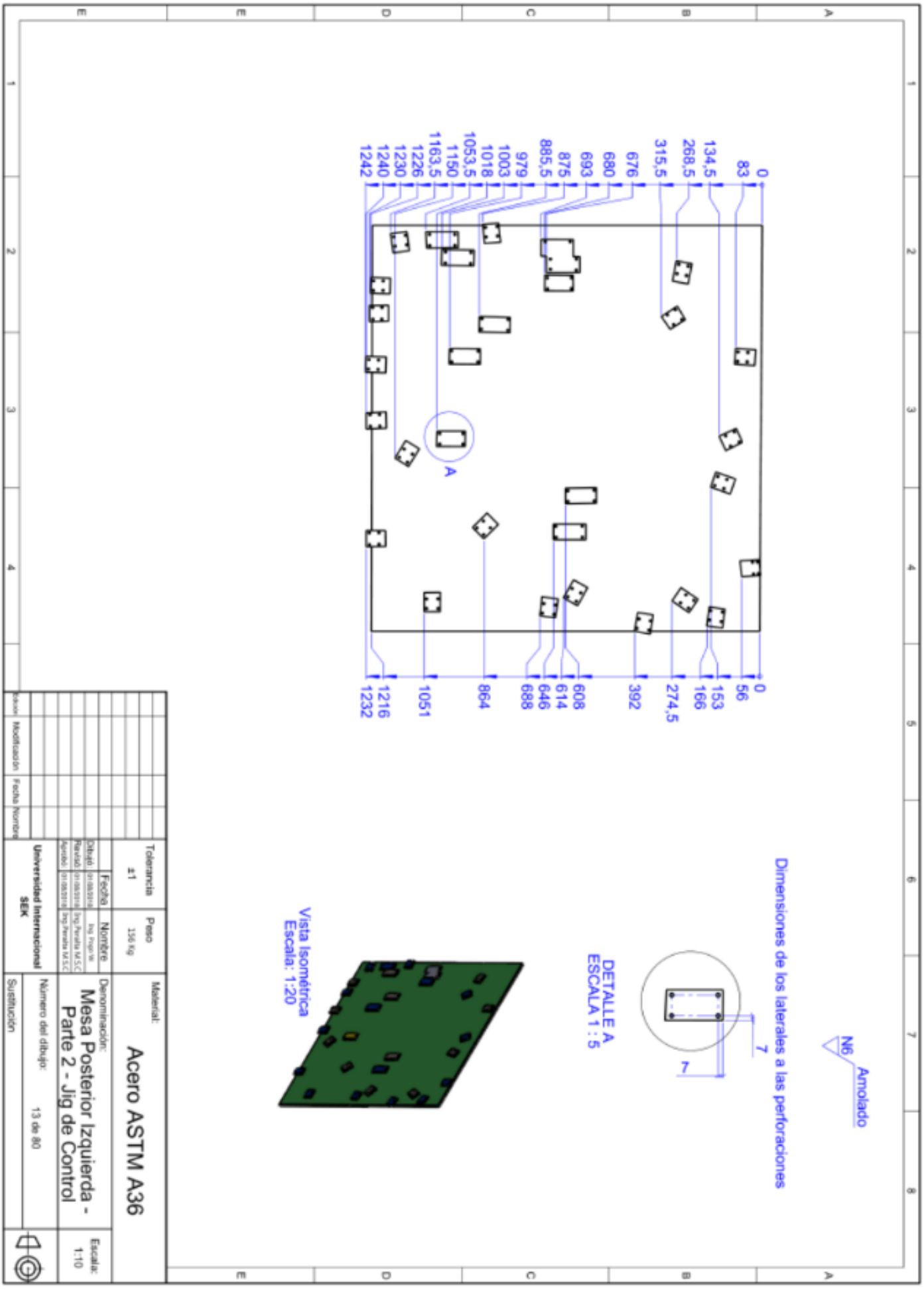

N6 Amolado
1220
1142
1137
1001
955
649
628
432
395
339
318
291
268
106
104
56
47
43
0
1221
1216
1124
1098
995
873
705
667
646
584
398
215
44
42
0
A
Dimensiones de los laterales a las perforaciones
DETALLE A
ESCALA 1 : 5
Ø6
8
R5
8
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Delantera Izquierda - Parte 2 - Jig de Control
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
155.9 Kg
Escala:
1:10
Número del dibujo:
8 de 80
Sustitución
Nombre
Fecha
Modificación
Fecha
Nombre

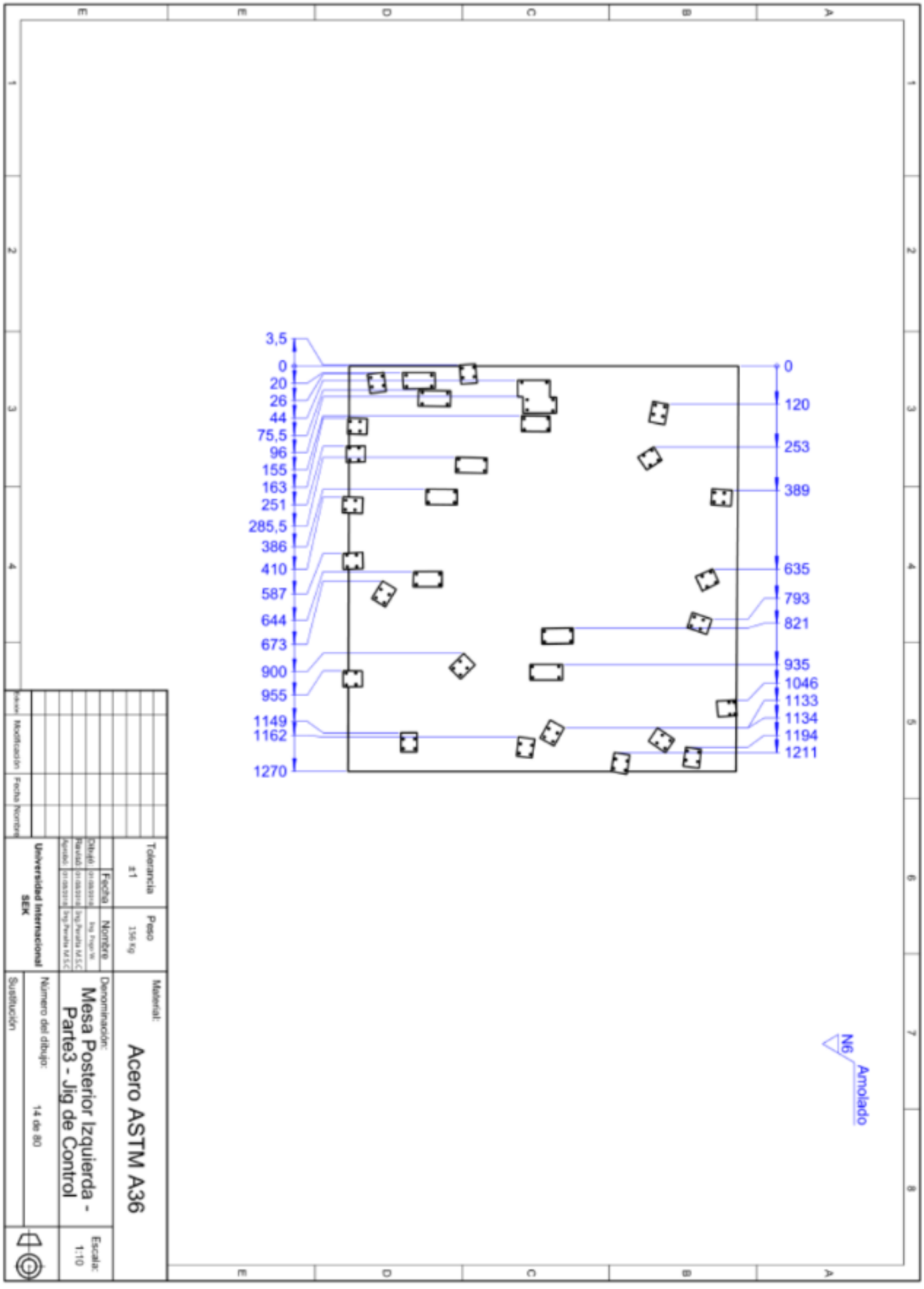

5
0
20
23
44
75,5
96
155
163
252
285,5
384
410
586,5
644
673
823
900
941
955
1109
1150
1164
1270
0
111
255
389
635
793
1045
1134
1205
1220
1270
N6
Amolado
Universidad Internacional SEK
Mesa Delantera Izquierda - Parte 3 - Jig de Control
Acero ASTM A36
Tolerancia
±1
Peso
155.9 Kg
Escala:
1:10
9 de 80

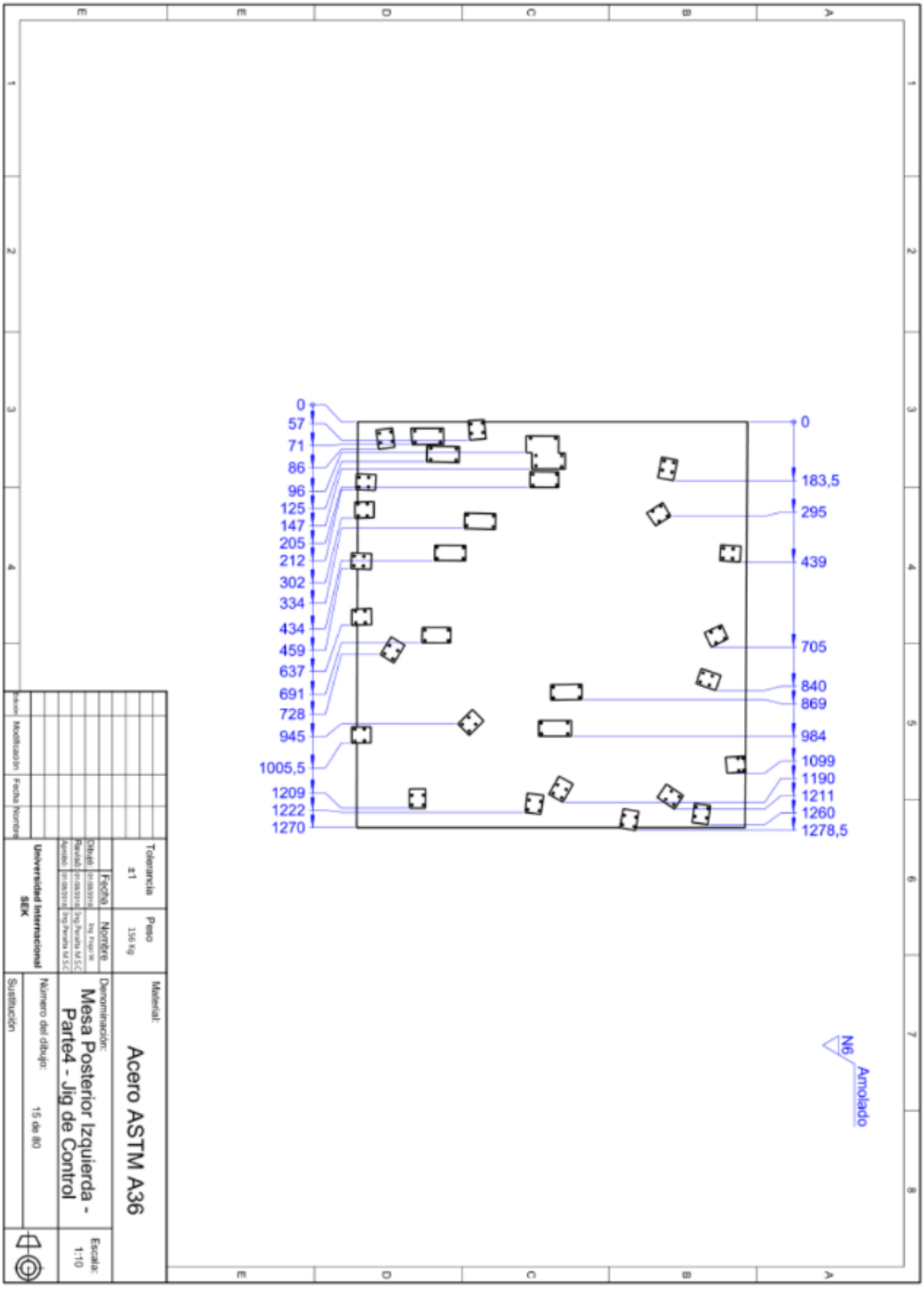

0
57
71
82
96
125
147
205
212
301
334
432
459
633
691
728
871
945
985
1004
1166
1210
1222
1270
0
183,5
297
439
706
772
1094
1170
1270
1280
N6
Amolado
Universidad Internacional SEK
Tolerancia ±1
Peso 155.9 Kg
Material: Acero ASTM A36
Denominación: Mesa Delantera Izquierda - Parte 4 - Jig de Control
Número del dibujo: 10 de 80
Escala: 1:10
Sustitución

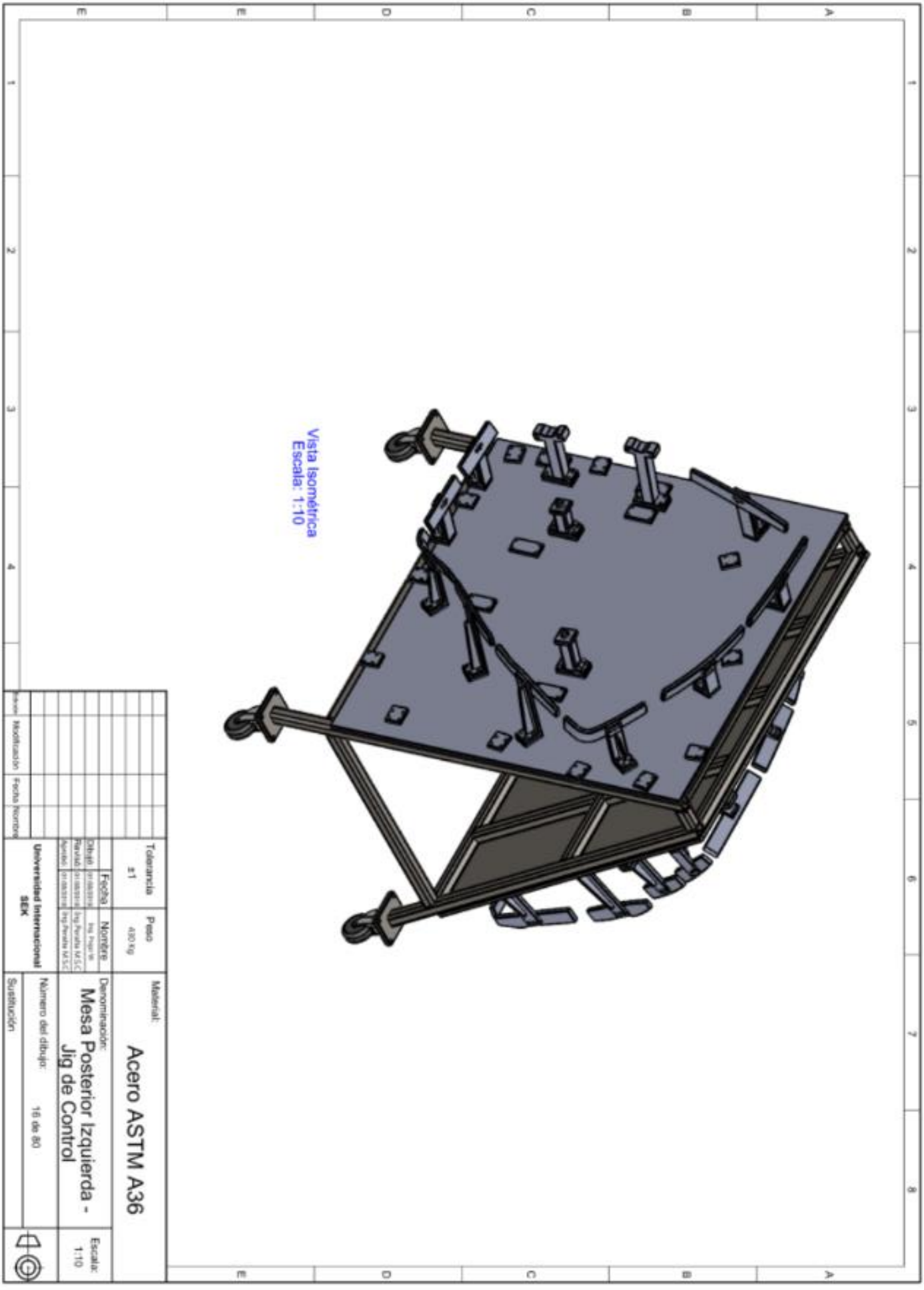

Vista Isométrica
Escala: 1:10
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Jig de Control -
Delantero Izquierdo
Escala:
1:10
Número del dibujo:
11 de 80
Sustitución
Universidad Internacional
SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Modificación
Fecha
Nombre

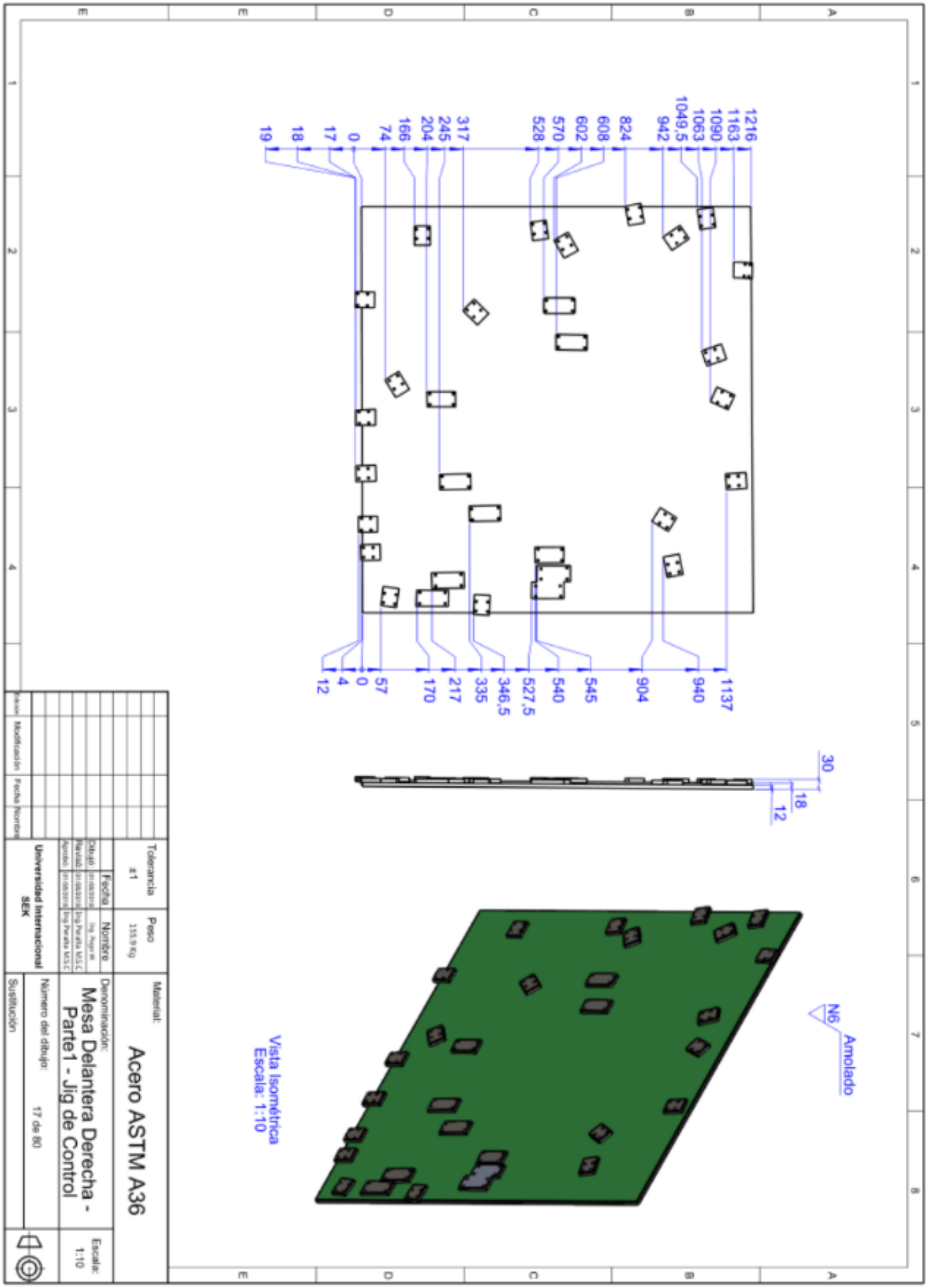

DETALLE A
ESCALA 1 : 5
A
0
20
81
220
265
571
592
789
825
883
902
930
952
1112
1116
1164
1170
1177
1178
1220
0
92
116
221
343
511,5
544
571
640
819
1001
1172
12
12
N6
Arnolado
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Posterior Izquierda - Parte1 - Jig de Control
Escala: 1:10
Número del dibujo:
12 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
156 Kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

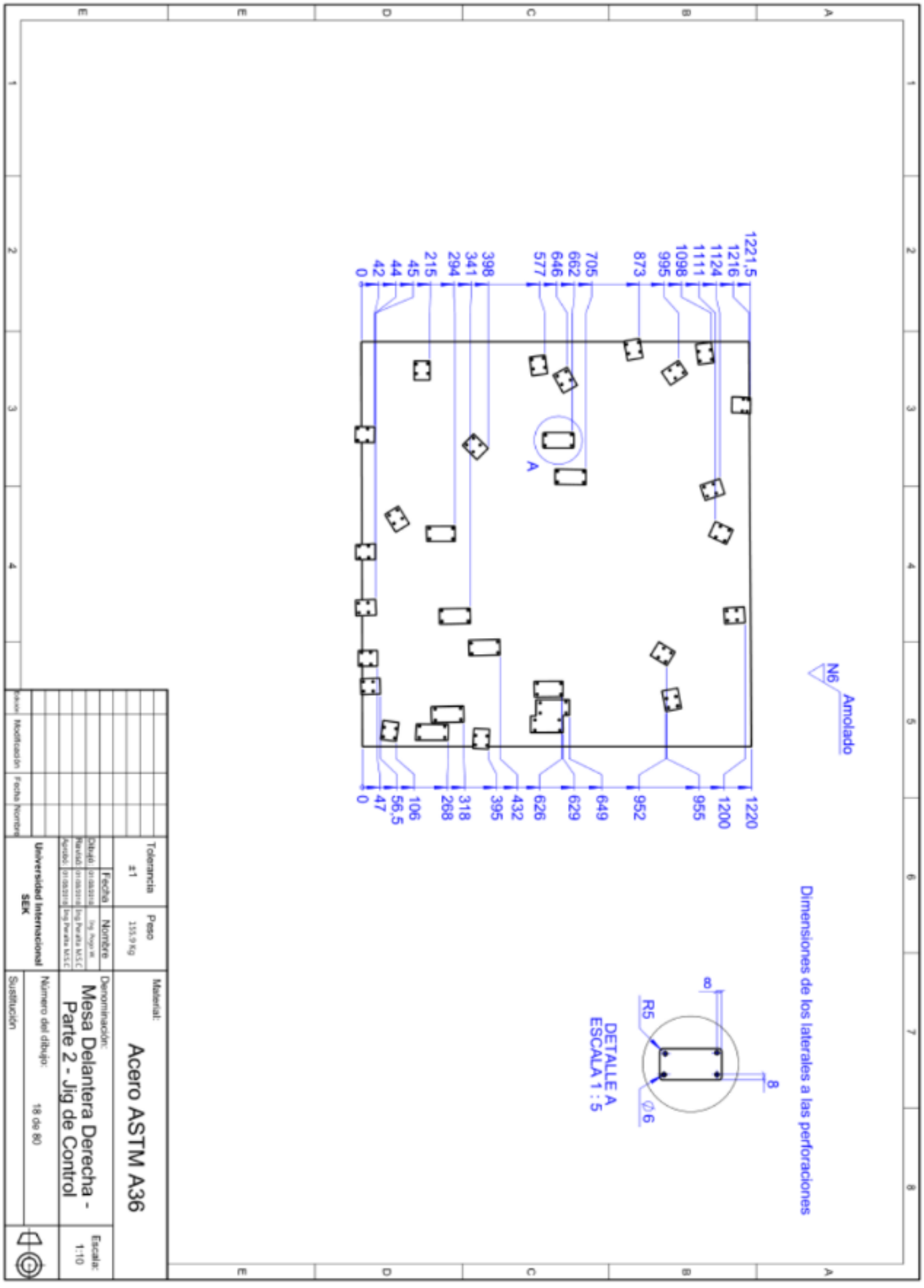

0
83
134,5
268,5
315,5
676
680
693
875
885,5
979
1003
1018
1053,5
1150
1163,5
1226
1230
1240
1242
A
0
56
153
166
274,5
392
608
614
646
688
864
1051
1216
1232
Dimensiones de los laterales a las perforaciones
N6 Amolado
DETALLE A
ESCALA 1 : 5
7
7
Vista Isométrica
Escala: 1:20
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Posterior Izquierda - Parte 2 - Jig de Control
Escala: 1:10
Tolerancia ±1
Peso 136 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Universidad Internacional SEK
Número del dibujo: 13 de 80
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

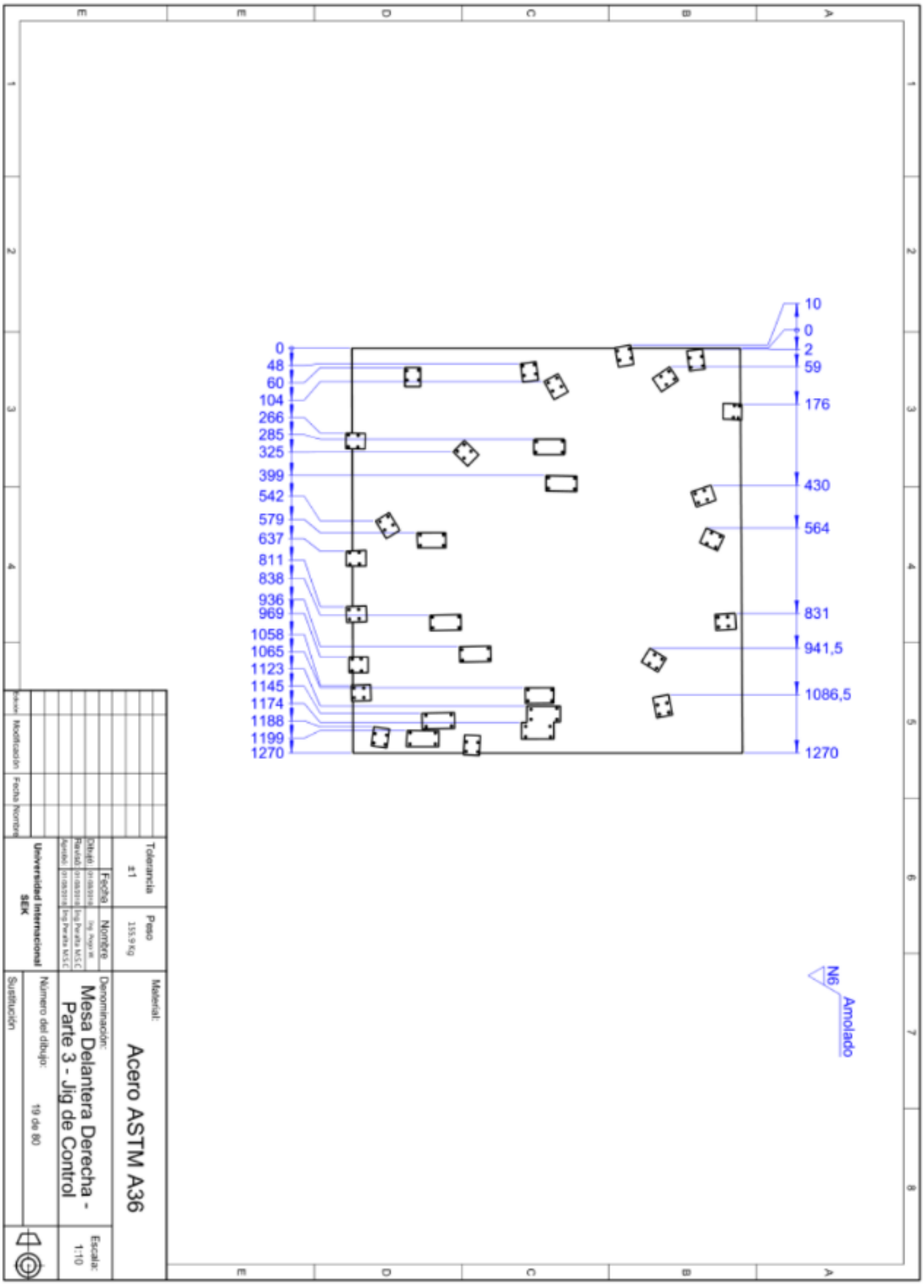

3,5
0
20
26
44
75,5
96
155
163
251
285,5
386
410
587
644
673
900
955
1149
1162
1270
0
120
253
389
635
793
821
935
1046
1133
1134
1194
1211
N6
Amolado
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
156 Kg
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Posterior Izquierda - Parte3 - Jig de Control
Número del dibujo:
14 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

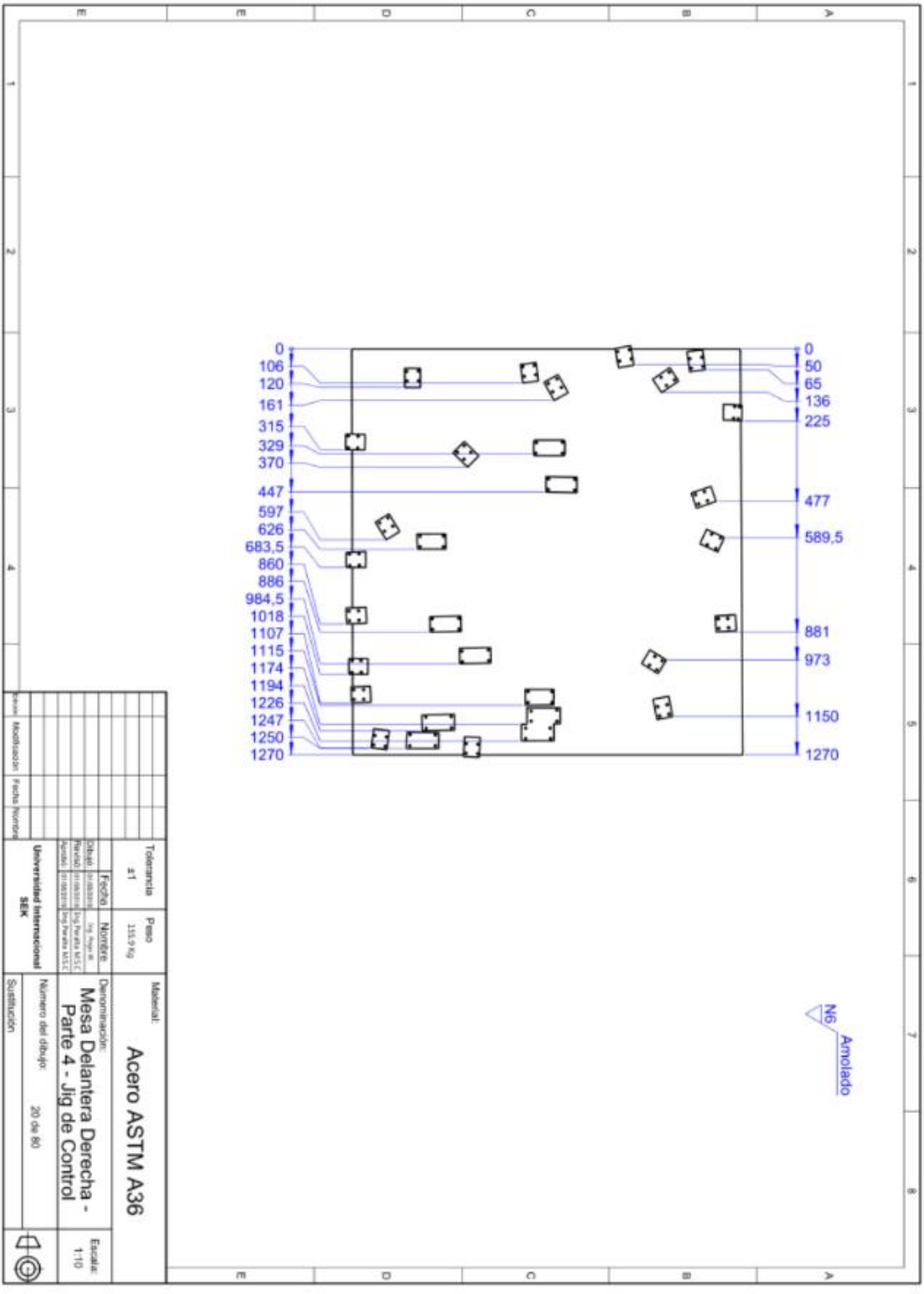

0
57
71
86
96
125
147
205
212
302
334
434
459
637
691
728
945
1005,5
1209
1222
1270
0
183,5
295
439
705
840
869
984
1099
1190
1211
1260
1278,5
N6
Amolado
Universidad Internacional
SEK
Tolerancia
±1
Peso
156 Kg
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Posterior Izquierda - Parte4 - Jig de Control
Número del dibujo:
15 de 80
Escala:
1:10
Sustitución

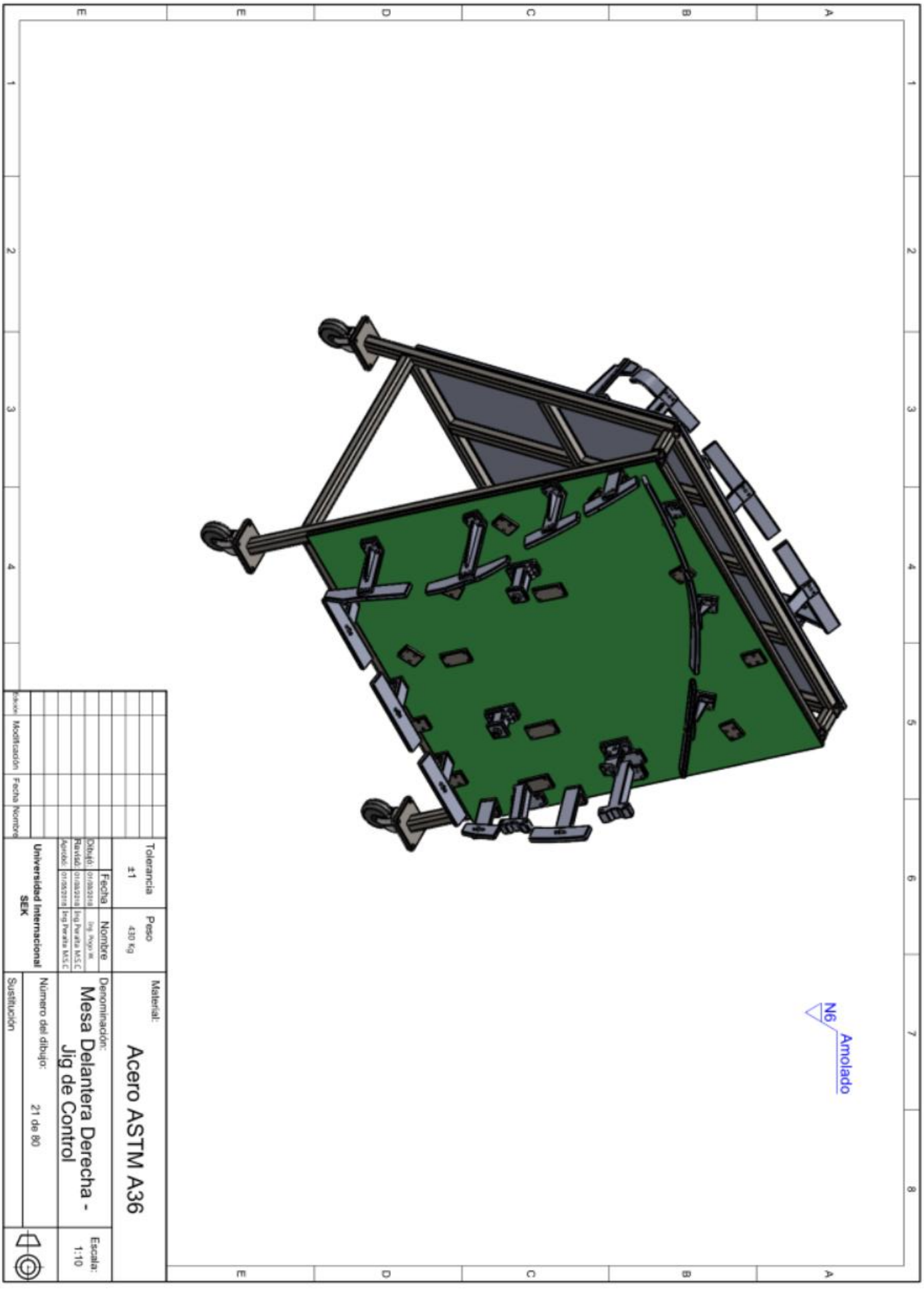

Vista Isométrica
Escala: 1:10
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Universidad Internacional
SEK
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Posterior Izquierda -
Jig de Control
Escala:
1:10
Número del dibujo:
16 de 80
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

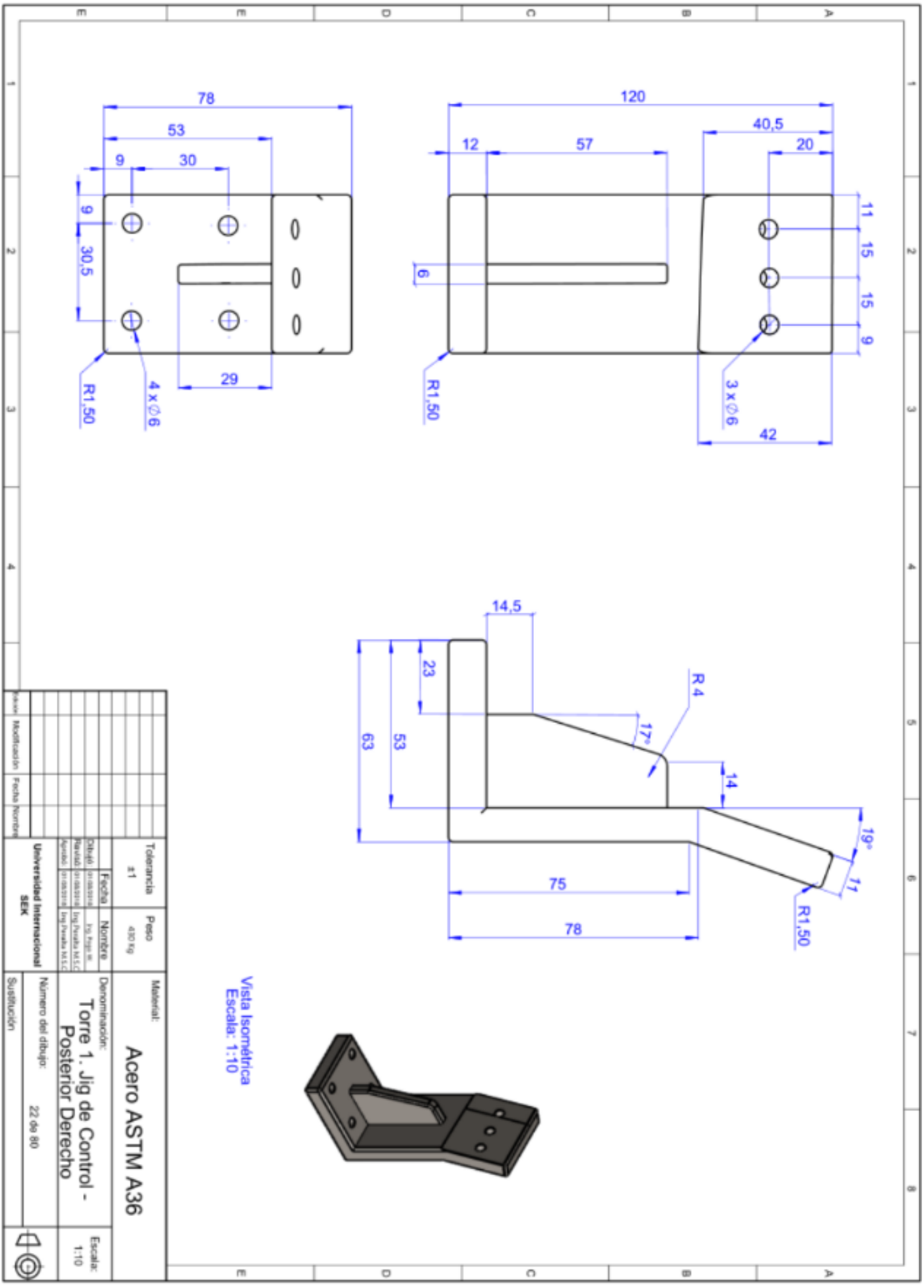

1216
1163
1090
1063
1049,5
942
824
608
602
570
528
317
245
204
166
74
0
17
18
19
1137
940
904
545
540
527,5
346,5
335
217
170
57
0
4
12
30
18
12
N6 Amolado
Vista Isométrica
Escala: 1:10
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Delantera Derecha - Parte1 - Jig de Control
Escala: 1:10
Número del dibujo:
17 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
155.9 Kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

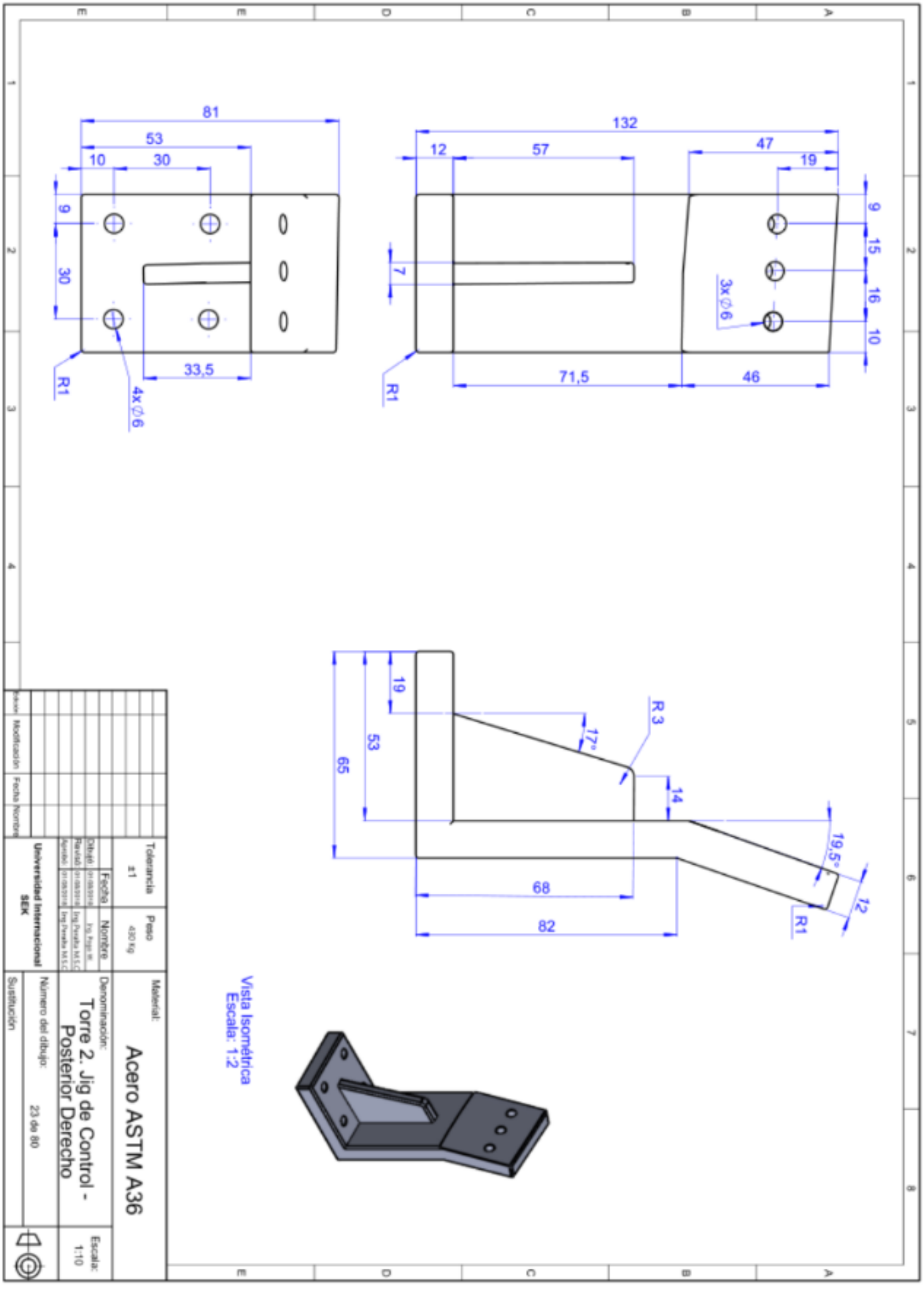

N6
Anolado
Dimensiones de los laterales a las perforaciones
DETALLE A
ESCALA 1 : 5
R5
Ø6
8
A
1221,5
1216
1124
1111
1098
995
873
705
662
646
577
398
341
294
215
45
44
42
0
1220
1200
955
952
649
629
626
432
395
318
268
106
56,5
47
0
Material:
Acero ASTM A36
Tolerancia
±1
Peso
155.9 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Universidad Internacional SEK
Denominación:
Mesa Delantera Derecha - Parte 2 - Jig de Control
Escala:
1:10
Número del dibujo:
18 de 80
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

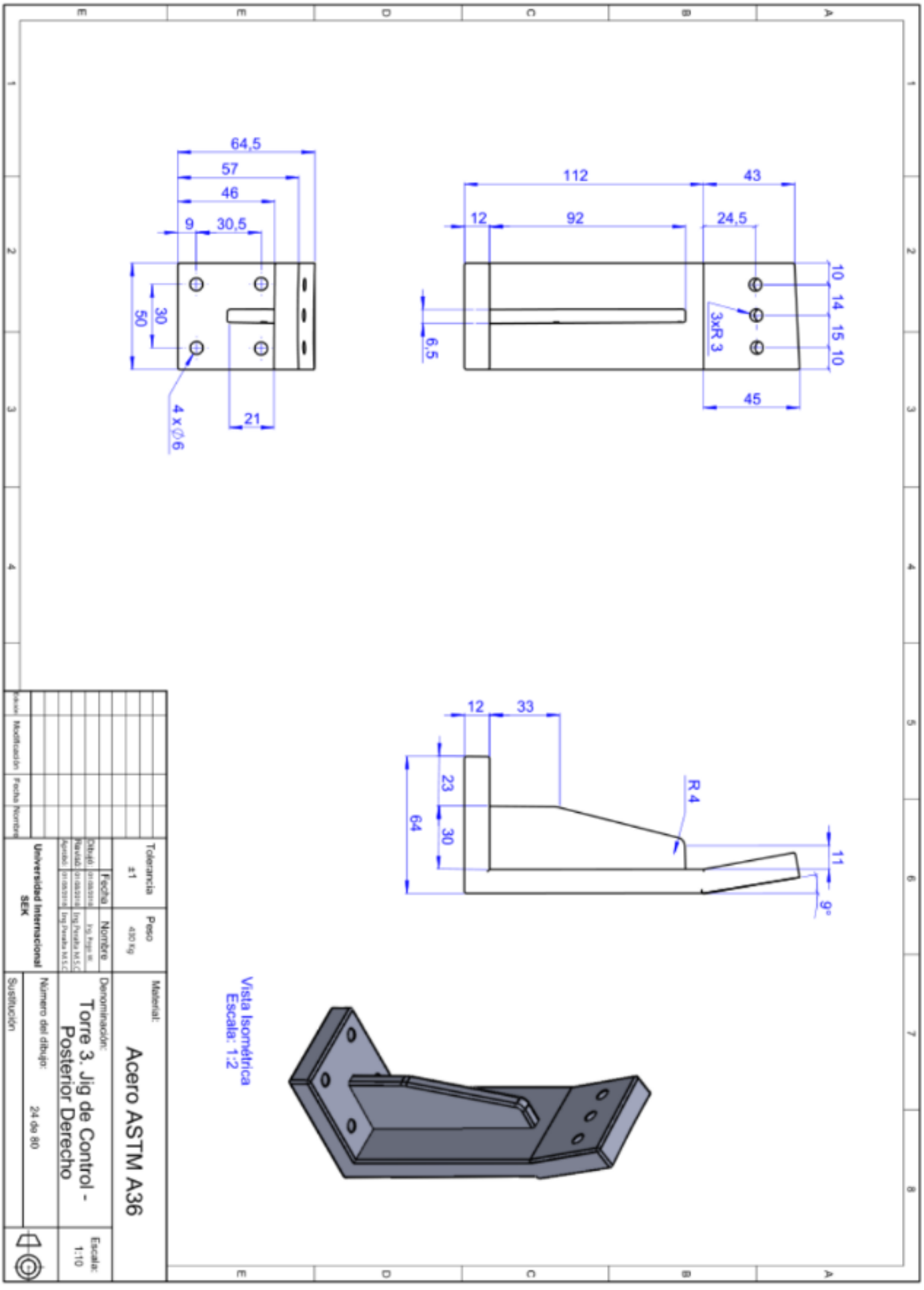

0
48
60
104
266
285
325
399
542
579
637
811
838
936
969
1058
1065
1123
1145
1174
1188
1199
1270
10
0
2
59
176
430
564
831
941,5
1086,5
1270
N6
Amolado
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Delantera Derecha - Parte 3 - Jig de Control
Número del dibujo:
19 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
155.9 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Ajustó
Modificación
Fecha
Nombre

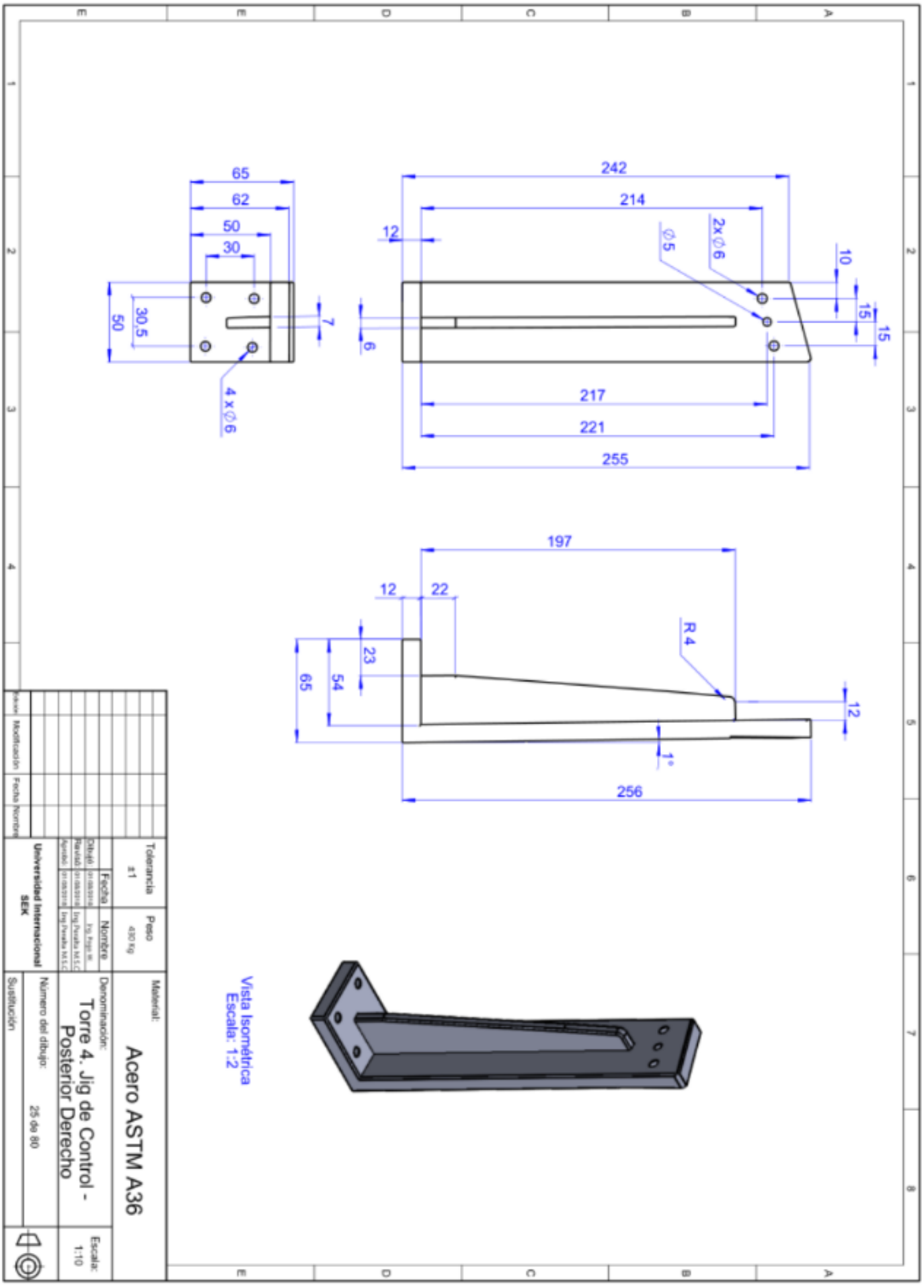

0
106
120
161
315
329
370
447
597
626
683,5
860
886
984,5
1018
1107
1115
1174
1194
1226
1247
1250
1270
0
50
65
136
225
477
589,5
881
973
1150
1270
N6
Amolado
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Delantera Derecha - Parte 4 - Jig de Control
Número del dibujo:
20 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
155.9 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha Nombre

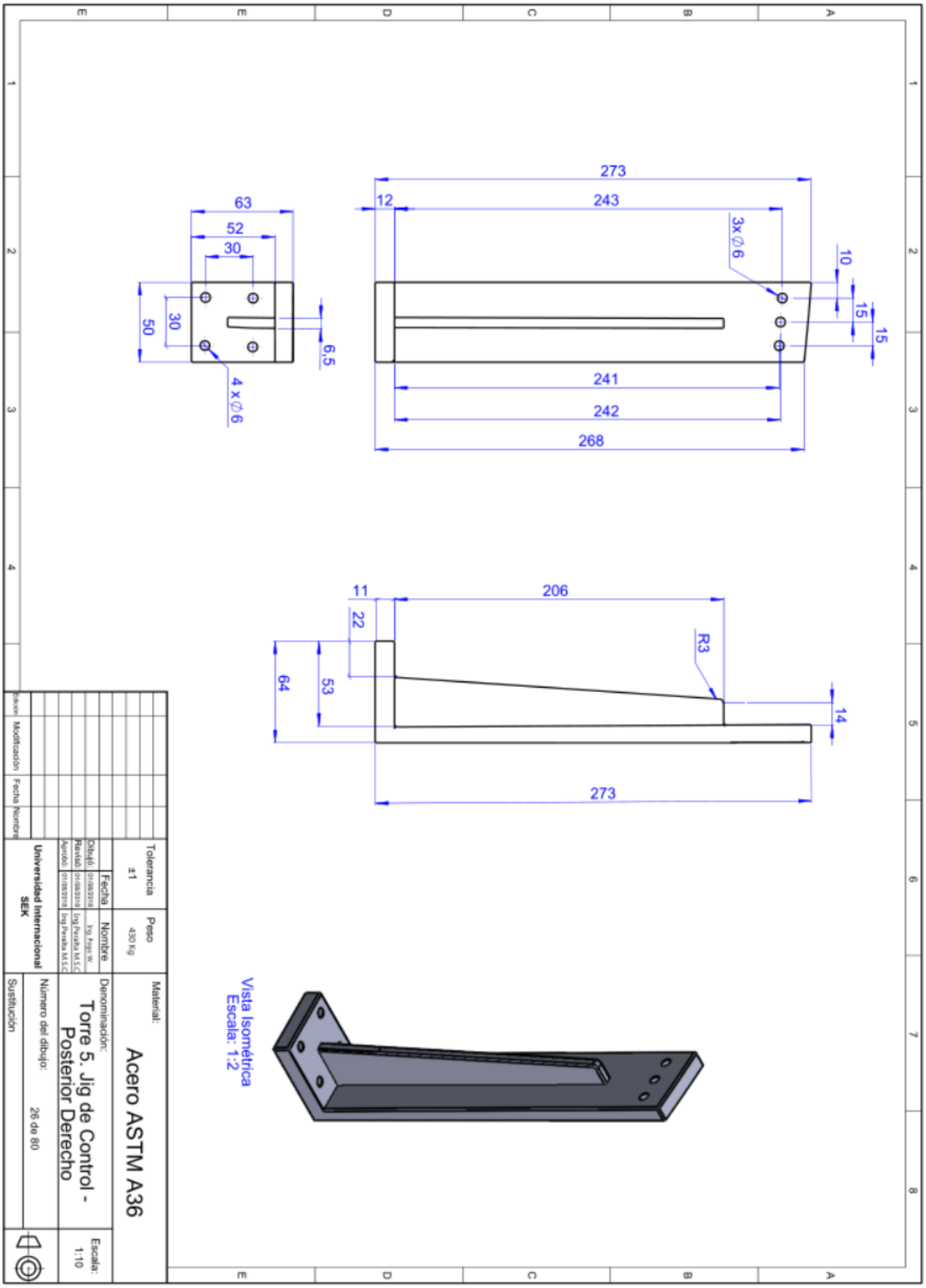

N6 Arnolado
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Mesa Delantera Derecha - Jig de Control
Escala: 1:10
Número del dibujo:
21 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia ±1
Peso 430 kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

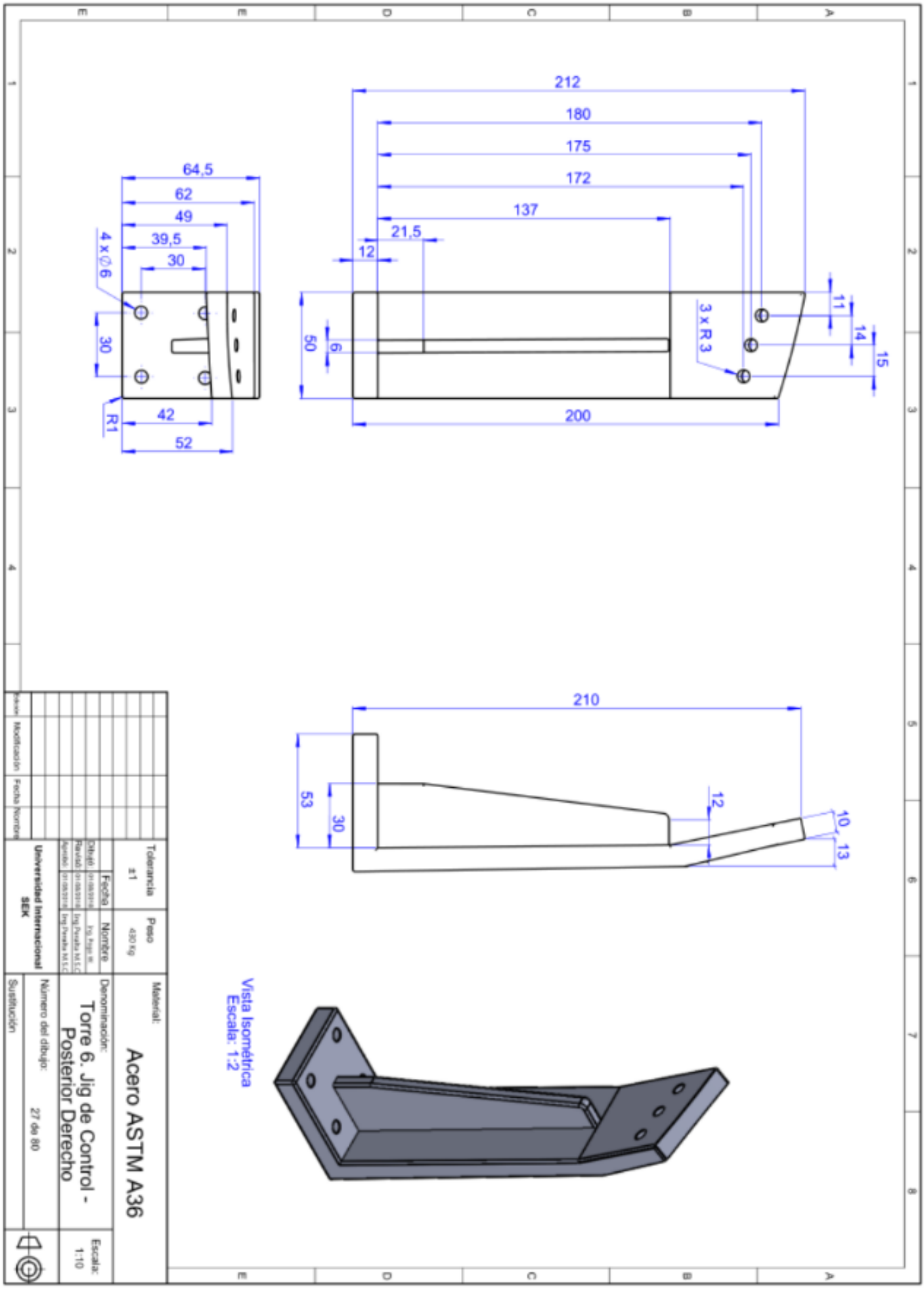

78
53
9
30
9
30,5
R1,50
4 x ∅6
29
120
40,5
12
57
20
11
15
15
9
6
R1,50
3 x ∅6
42
14,5
23
63
53
R 4
17°
14
19°
11
75
78
R1,50
Vista Isométrica
Escala: 1:10
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 1. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
22 de 80
Sustitución
Escala:
1:10
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Universidad Internacional SEK
Modificación
Fecha
Nombre

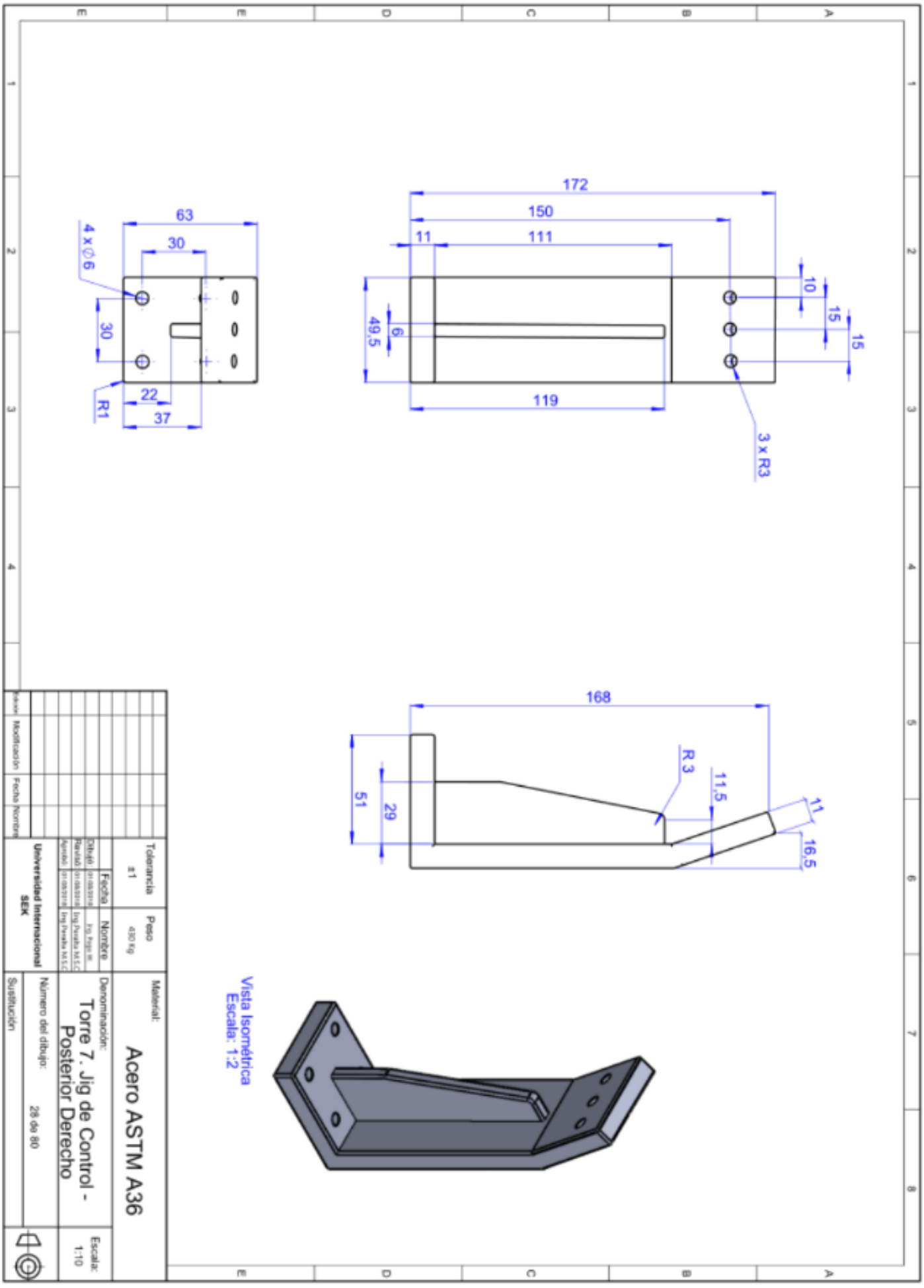

81
53
10
30
9
30
33,5
R1
4x∅6
132
12
57
47
19
9
15
16
10
7
3x∅6
71,5
46
R1
19
53
65
R 3
17°
14
19,5°
12
68
82
R1
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Universidad Internacional SEK
Tolerancia ±1
Peso 430 Kg
Material: Acero ASTM A36
Denominación: Torre 2. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala: 1:10
Número del dibujo: 23 de 80
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

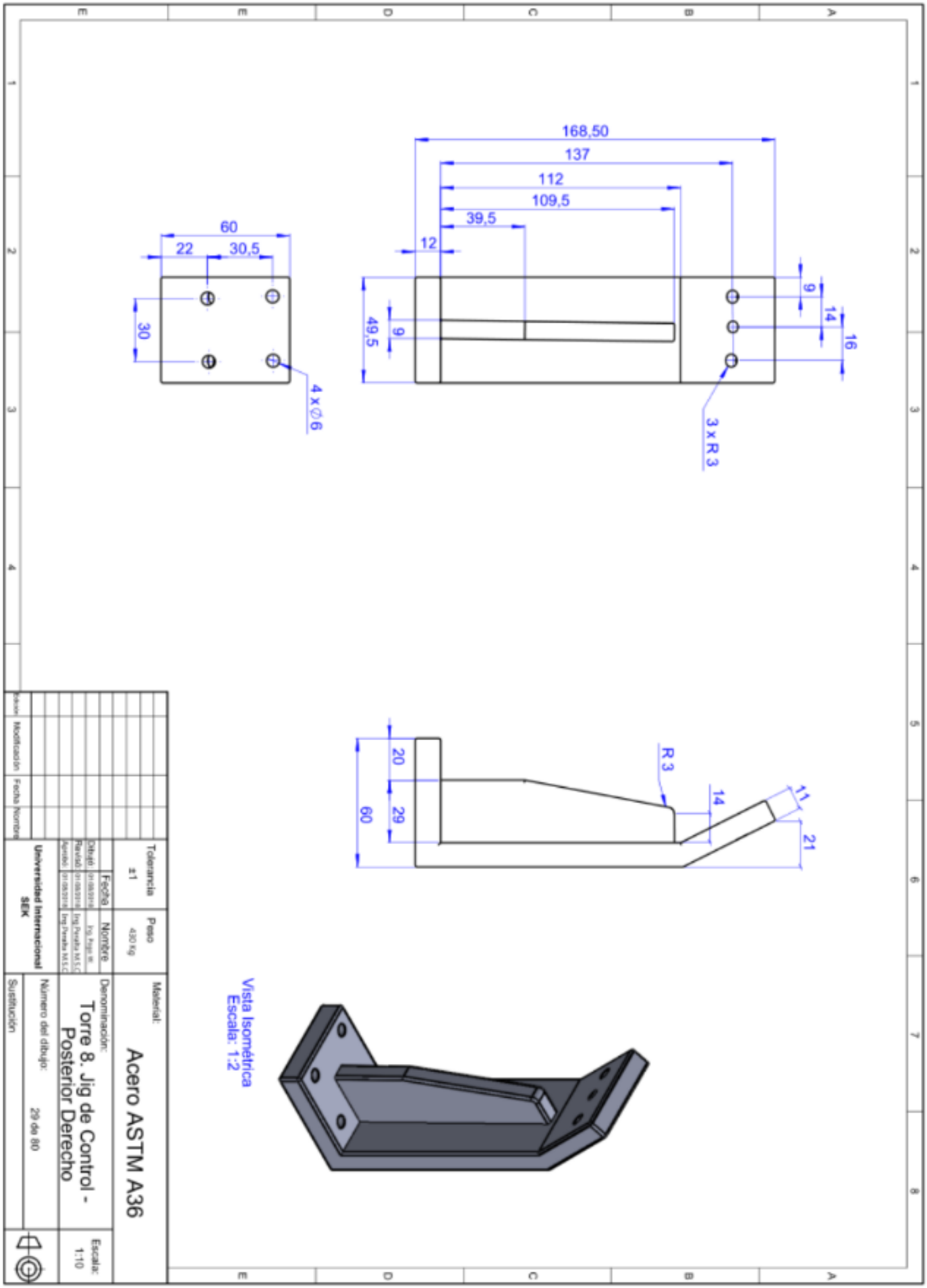

64,5
57
46
9
30,5
30
50
4 x Ø6
21
112
43
12
92
24,5
10
14
15
10
3xR 3
6,5
45
12
33
23
64
30
R 4
11
9°
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 3. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
24 de 80
Escala:
1:10
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Universidad Internacional SEK
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

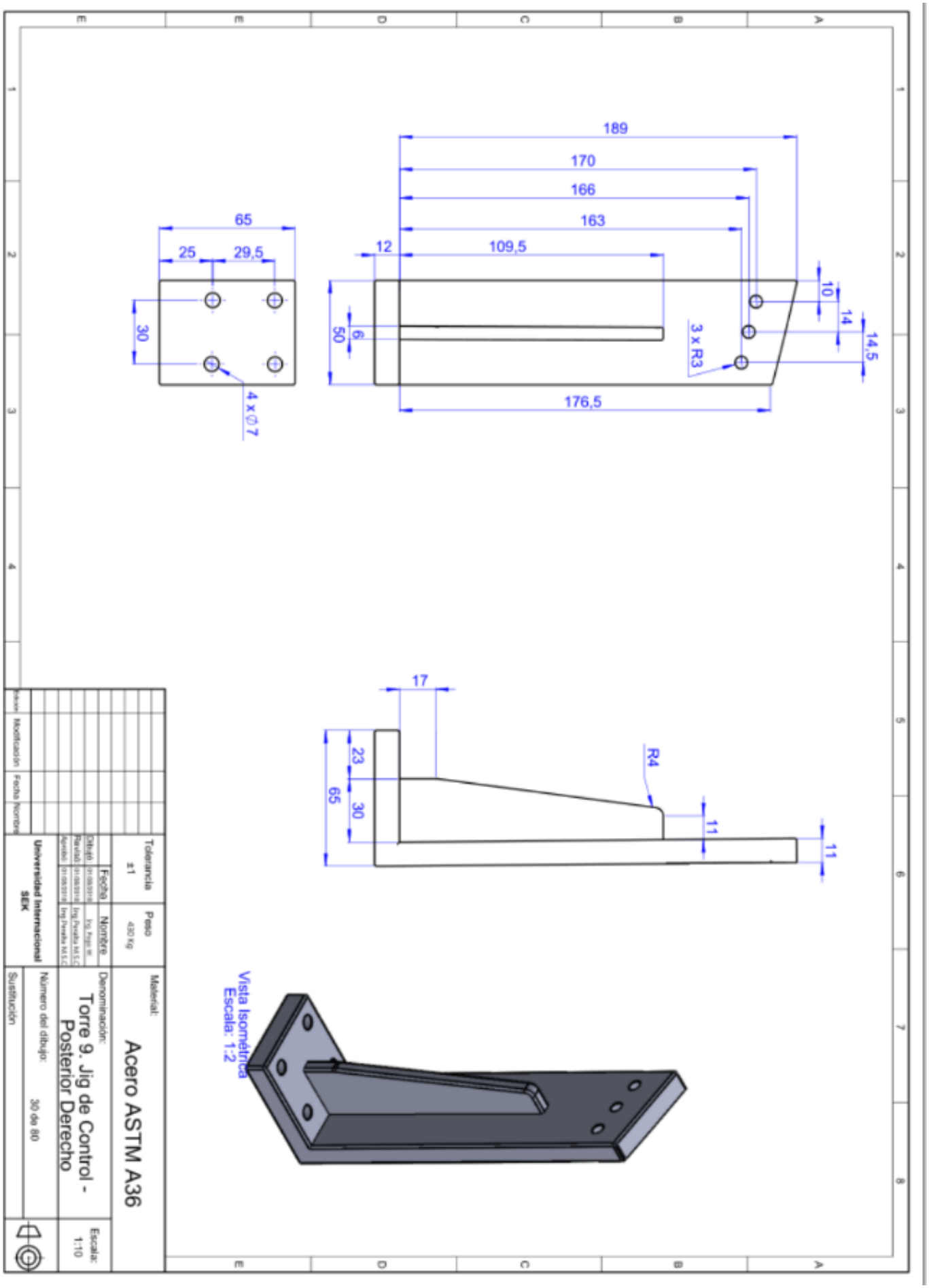

65
62
50
30
30,5
50
7
4 x Ø6
242
214
12
Ø5
2x Ø6
10
15
15
6
217
221
255
197
12
22
R 4
23
65
54
12
1°
256
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 4. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
25 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Fecha
Nombre
Modificación
Fecha
Nombre

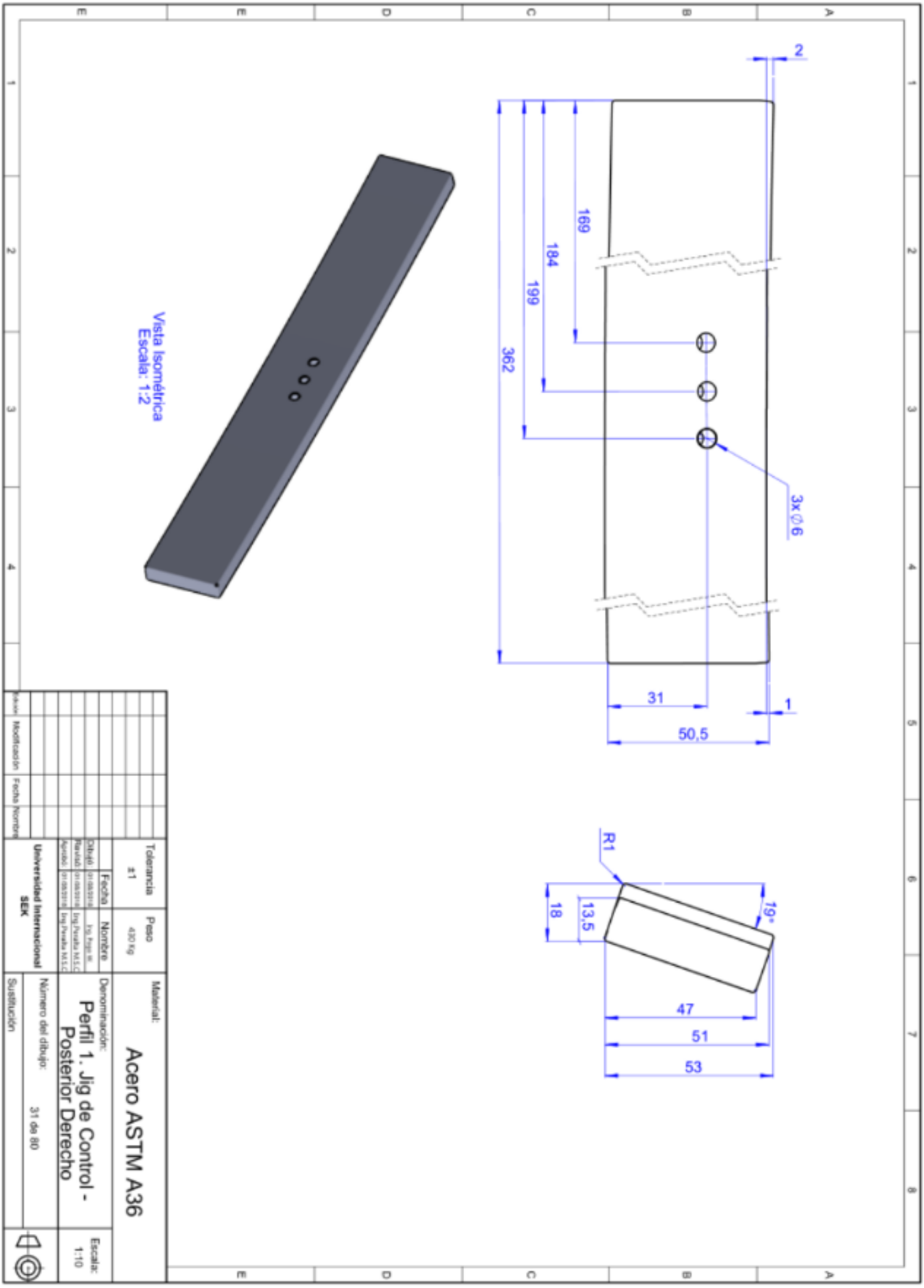

273
12
243
3x ∅6
10
15
15
63
52
30
50
30
6,5
4 x ∅6
241
242
268
11
206
22
R3
64
53
14
273
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 5. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
26 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

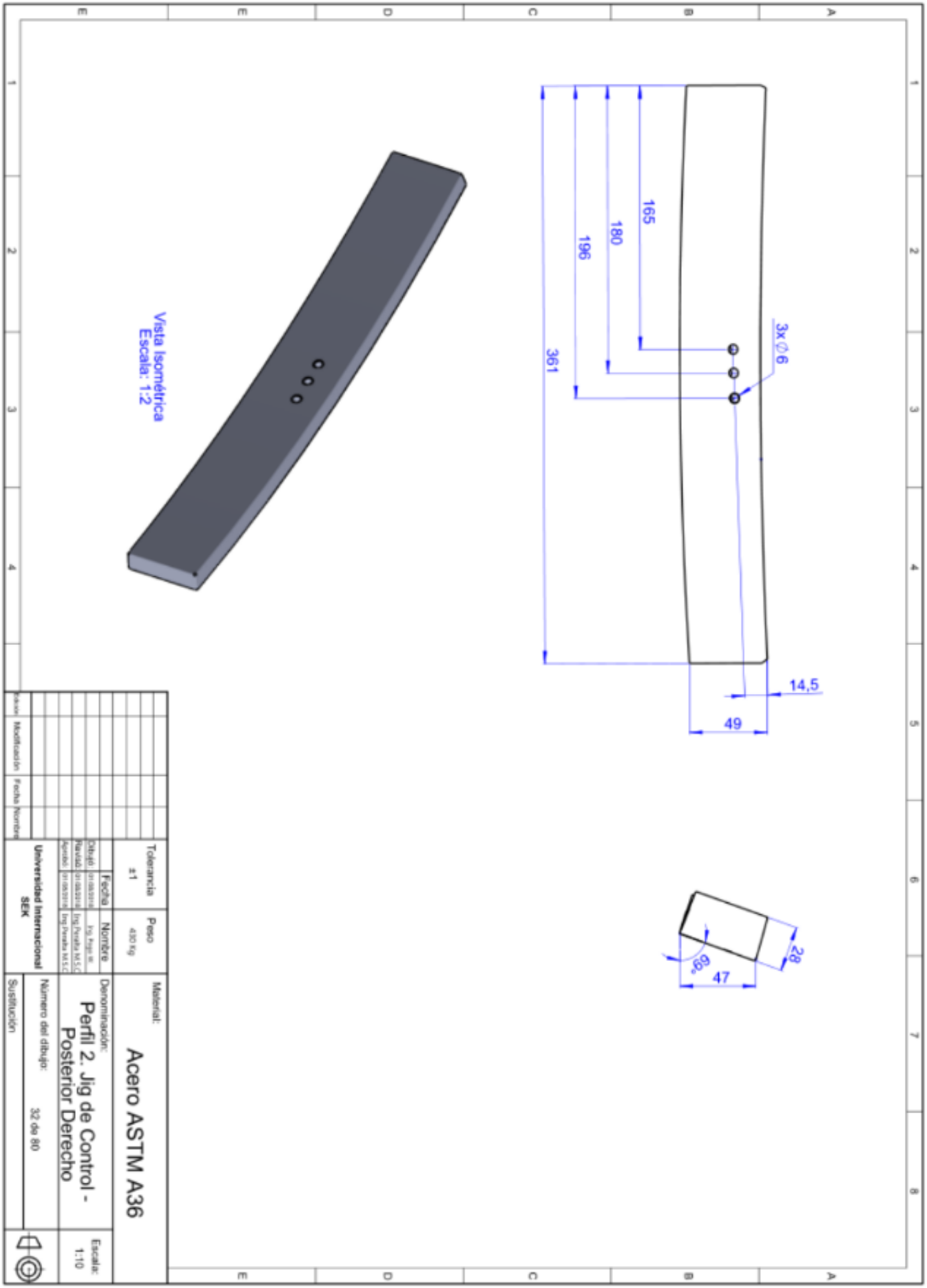

212
180
175
172
137
21,5
12
64,5
62
49
39,5
30
4 x Ø6
30
R1
42
52
50
6
3 x R 3
11
14
15
200
210
53
30
12
10
13
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 6. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
27 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Modificación
Fecha
Nombre

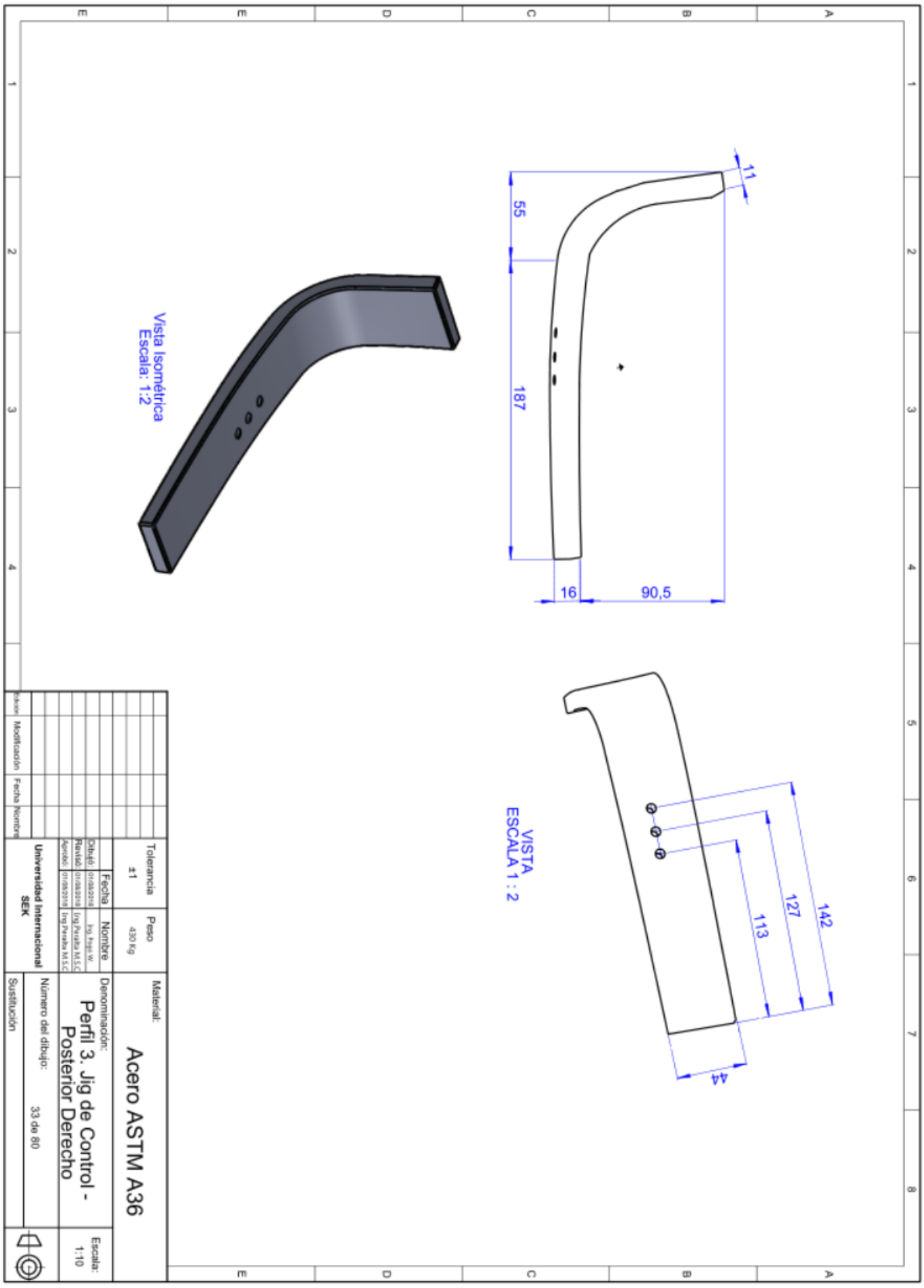

63
30
4 x ∅6
30
22
37
R1
172
150
11
111
10
15
15
49,5
6
119
3 x R3
168
R3
11,5
11
16,5
51
29
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 7. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
28 de 80
Escala:
1:10
Peso
430 Kg
Tolerancia
±1
Universidad Internacional SEK
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

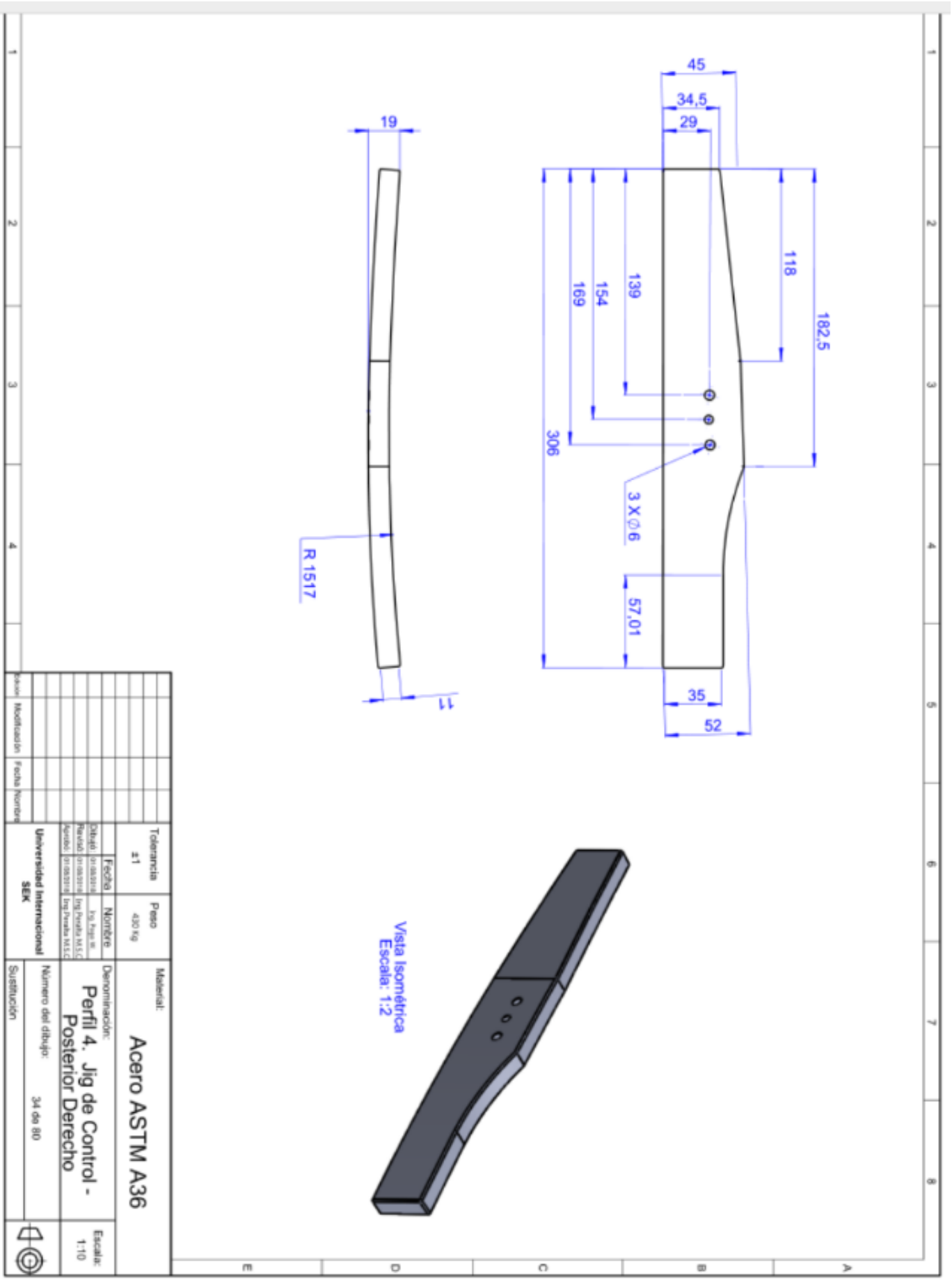

168,50
137
112
109,5
39,5
12
60
22
30,5
30
49,5
9
9
14
16
4 x Ø6
3 x R 3
20
29
60
R 3
14
11
21
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Universidad Internacional SEK
Material: Acero ASTM A36
Denominación: Torre 8. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo: 29 de 80
Escala: 1:10
Sustitución
Tolerancia ±1
Peso 430 Kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

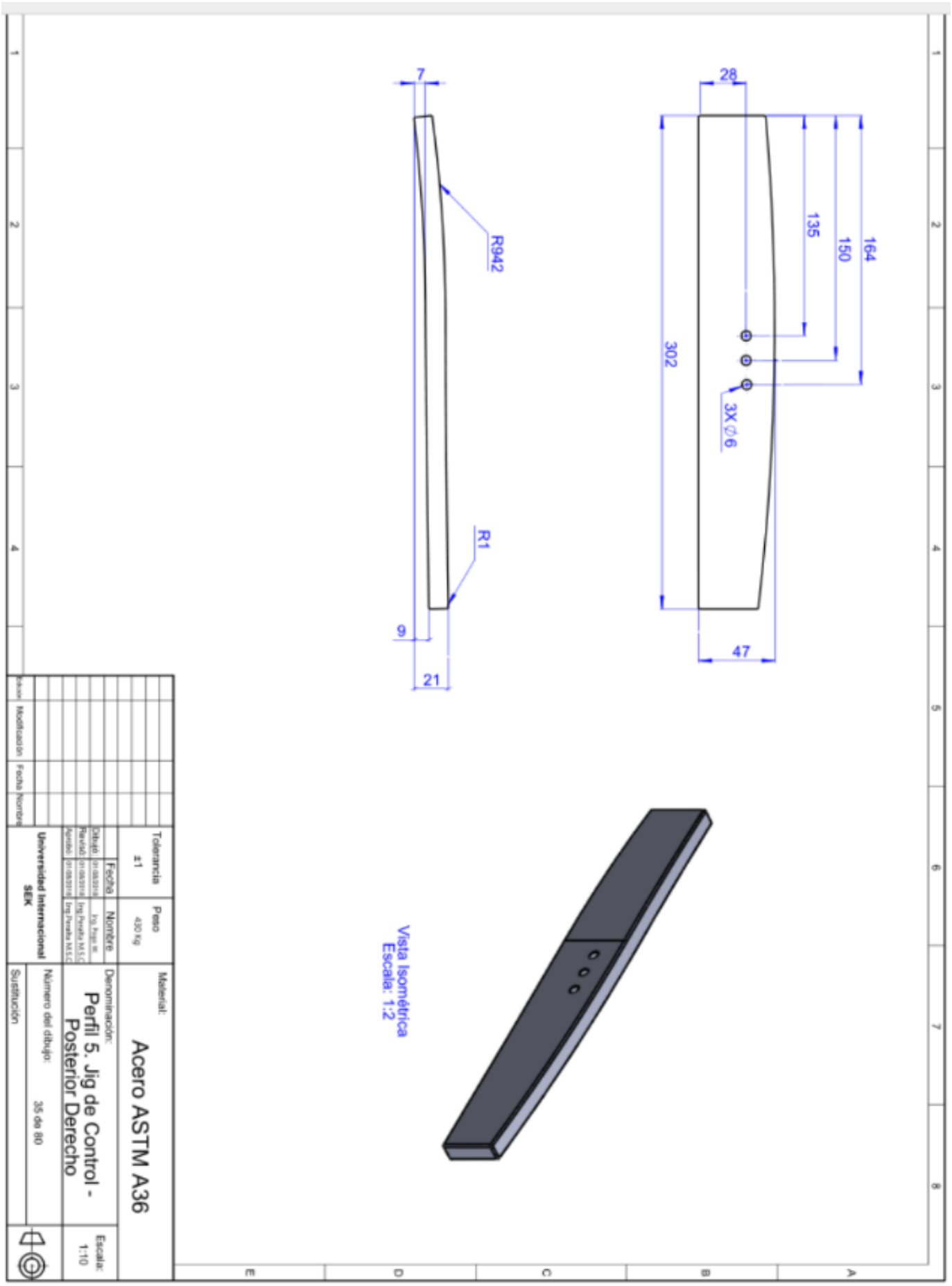

189
170
166
163
109,5
12
65
25
29,5
30
4 x Ø7
50
6
10
14
14,5
3 x R3
176,5
17
23
65
30
R4
11
11
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 9. Jig de Control - Posterior Derecho
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Escala:
1:10
Número del dibujo:
30 de 80
Sustitución

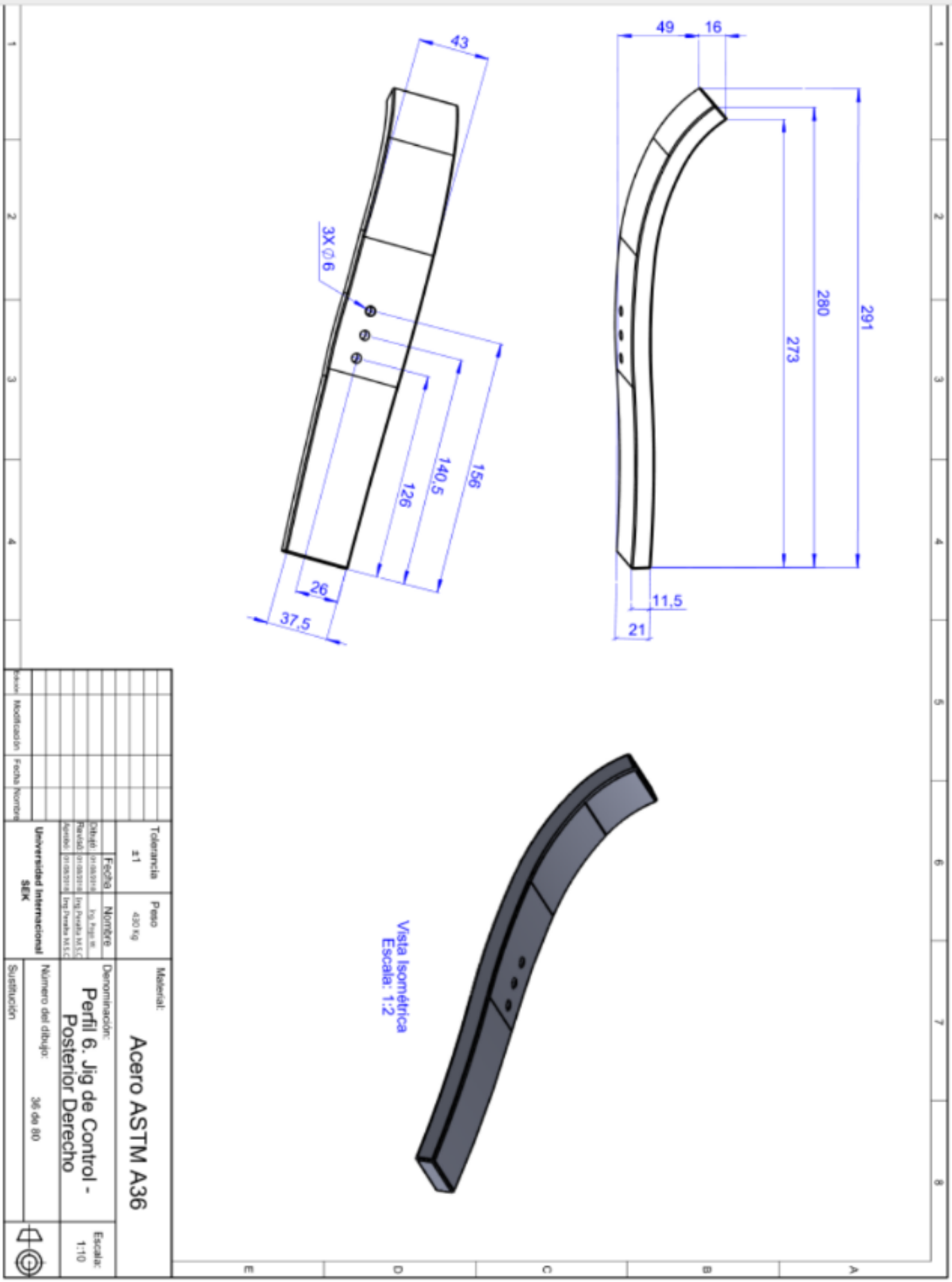

Vista Isométrica
Escala: 1:2
2
169
184
199
362
3x Ø6
31
1
50,5
R1
19°
18
13,5
47
51
53
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 1. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala:
1:10
Número del dibujo:
31 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 kg
Fecha
Nombre
Modificación
Fecha
Nombre

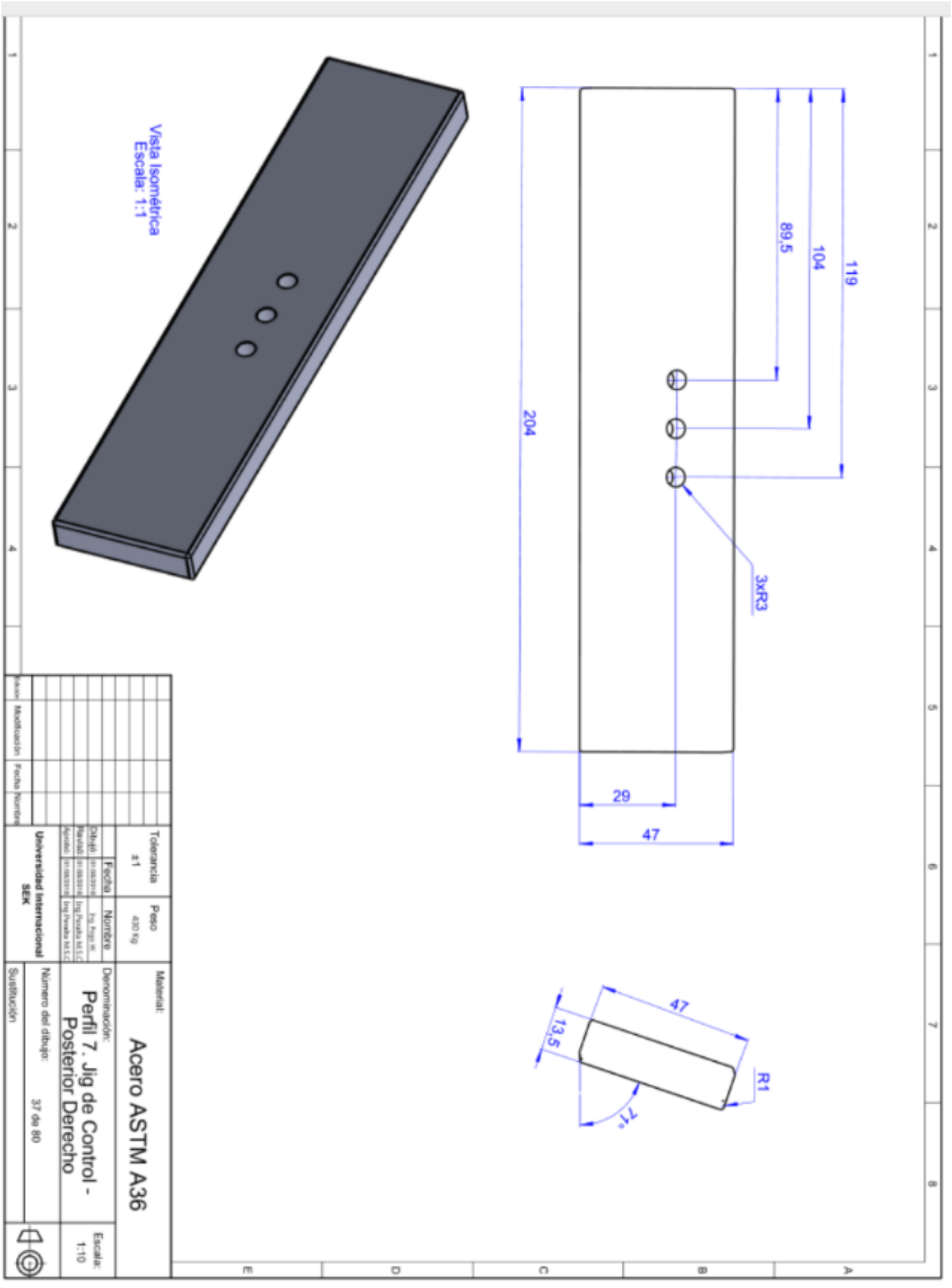

Vista Isométrica
Escala: 1:2
165
180
196
361
3x Ø6
14,5
49
28
69
47
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 2. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala:
1:10
Número del dibujo:
32 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

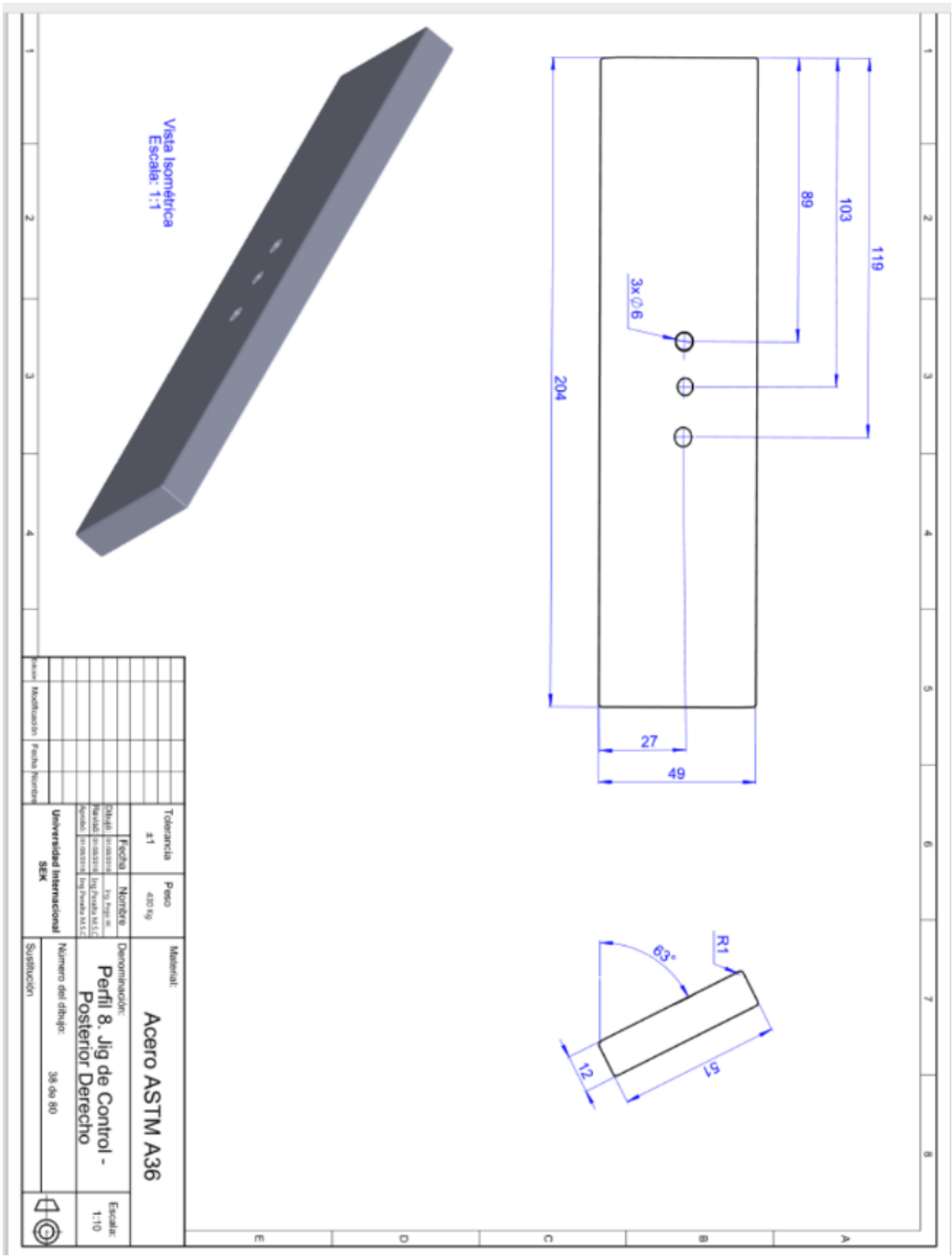

Vista Isométrica
Escala: 1:2
11
55
187
16
90,5
VISTA
ESCALA 1 : 2
142
127
113
4
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 3. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala: 1:10
Número del dibujo:
33 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Fecha
Nombre
Modificación
Fecha
Nombre

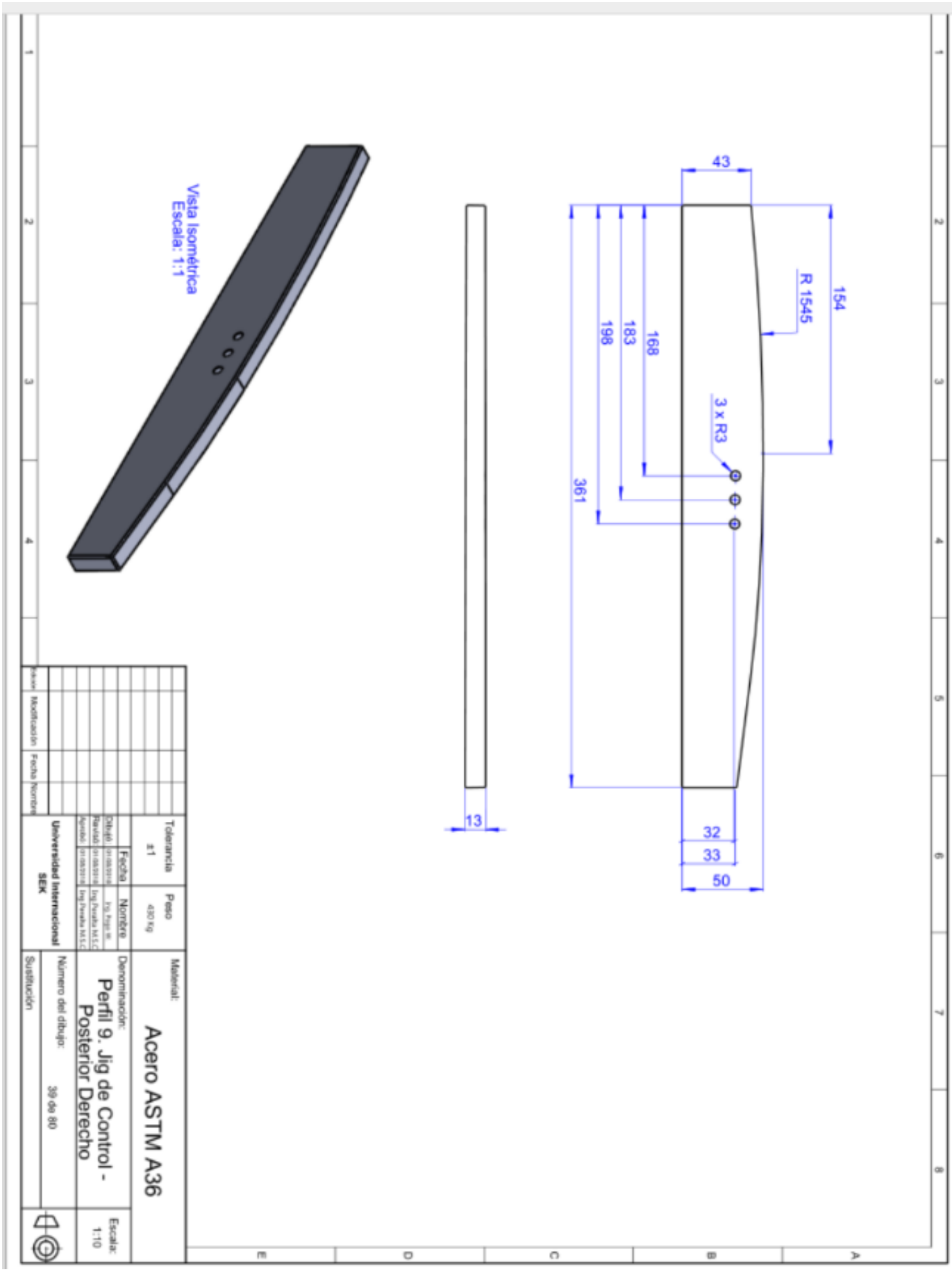

45
34,5
29
19
118
182,5
139
154
169
306
3 X Ø6
57,01
R 1517
11
35
52
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 4. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala: 1:10
Número del dibujo:
34 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Modificación
Fecha
Nombre

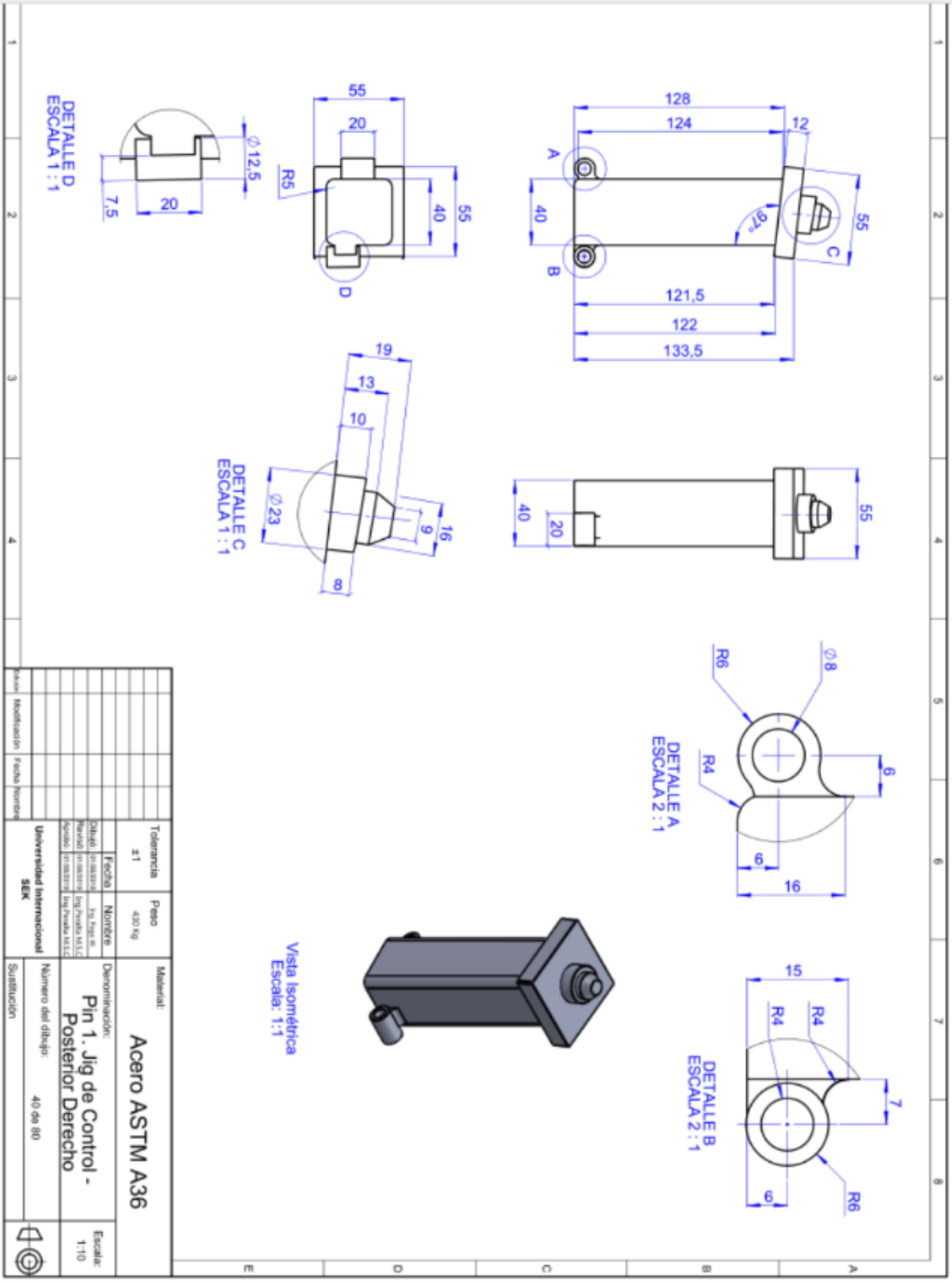

7
R942
R1
9
21
28
164
150
135
302
3X Ø6
47
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 5. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala:
1:10
Número del dibujo:
35 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

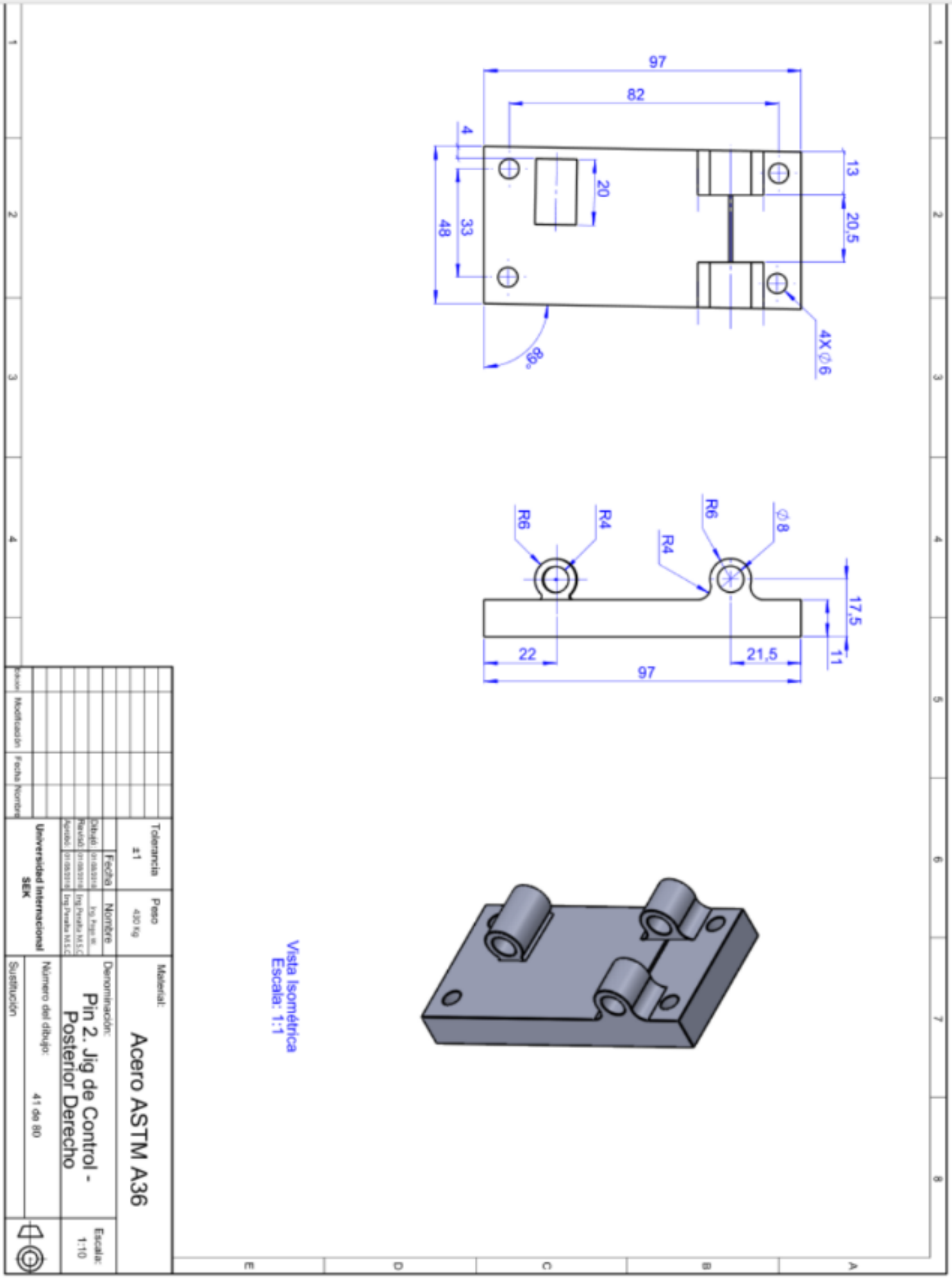

43
3X Ø6
156
140,5
126
26
37,5
49
16
291
280
273
11,5
21
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 6. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala:
1:10
Peso
430 Kg
Tolerancia
±1
Universidad Internacional SEK
Número del dibujo:
36 de 80
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

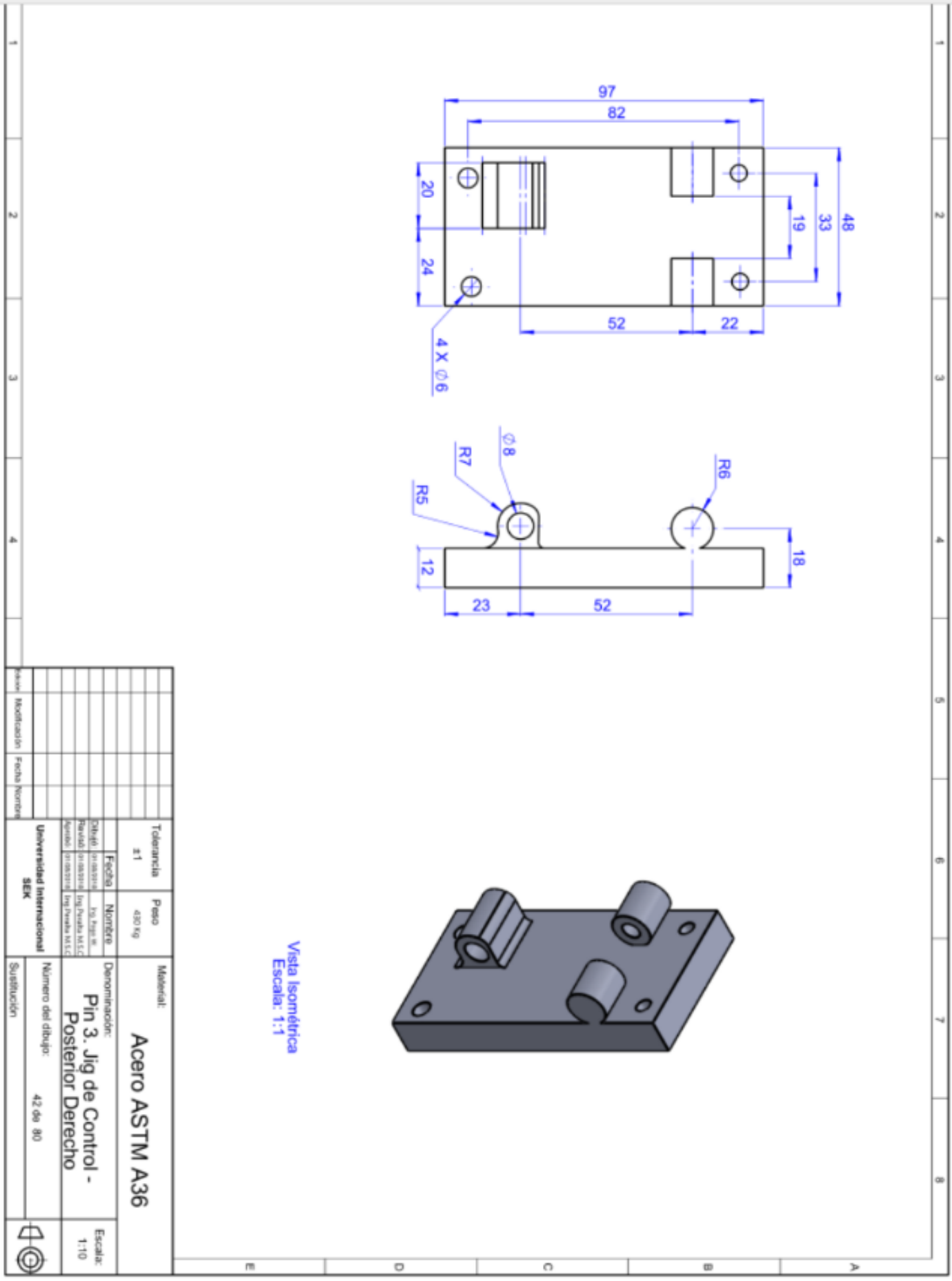

Vista Isométrica
Escala: 1:1
119
104
89,5
204
3xR3
29
47
47
13,5
71°
R1
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 7, Jig de Control - Posterior Derecho
Escala: 1:10
Número del dibujo:
37 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

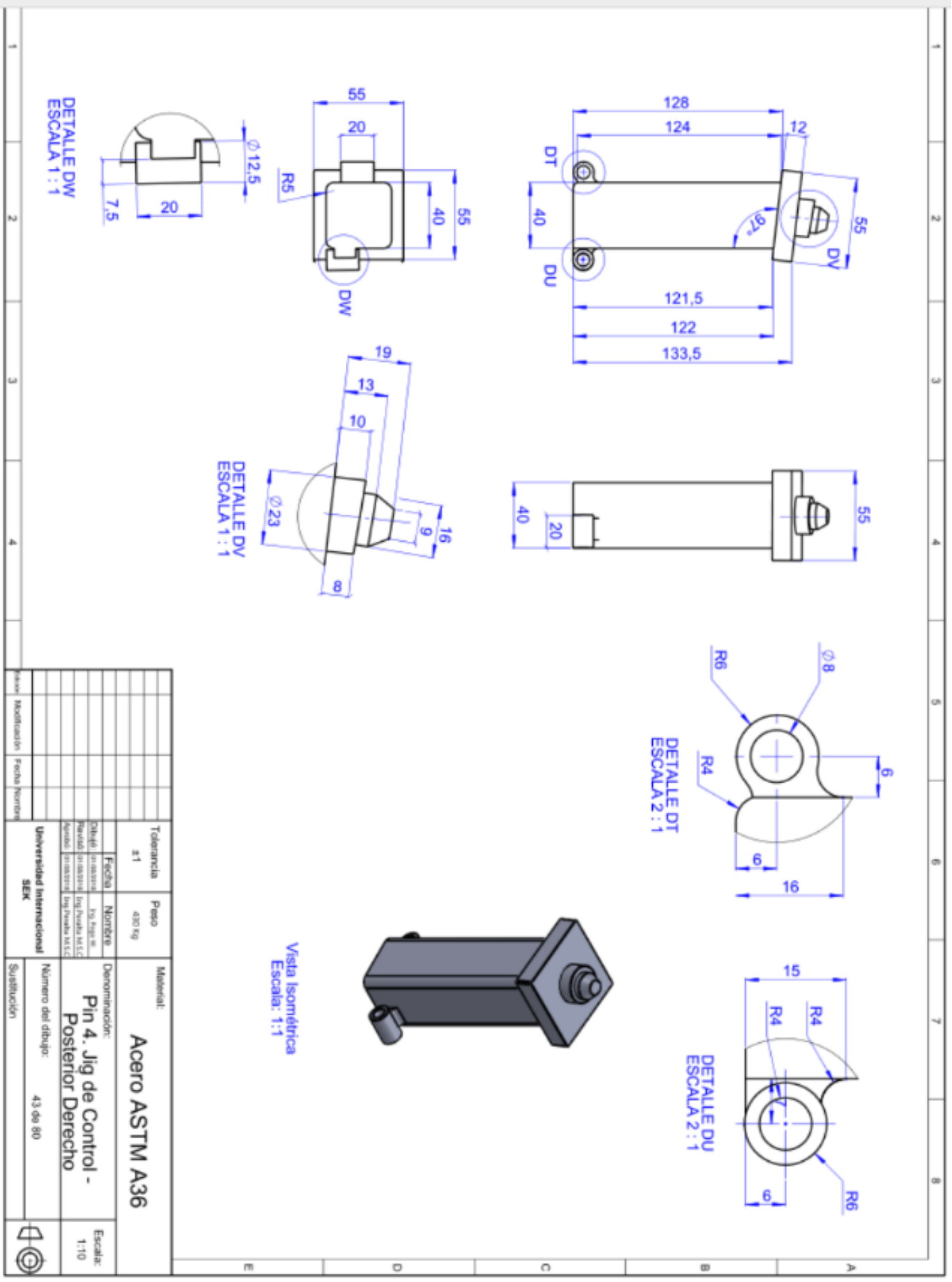

Vista Isométrica
Escala: 1:1
89
103
119
3x Ø6
204
27
49
63°
R1
12
51
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Fecha
Nombre
Universidad Internacional
SEK
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 8. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
38 de 80
Sustitución
Escala:
1:10

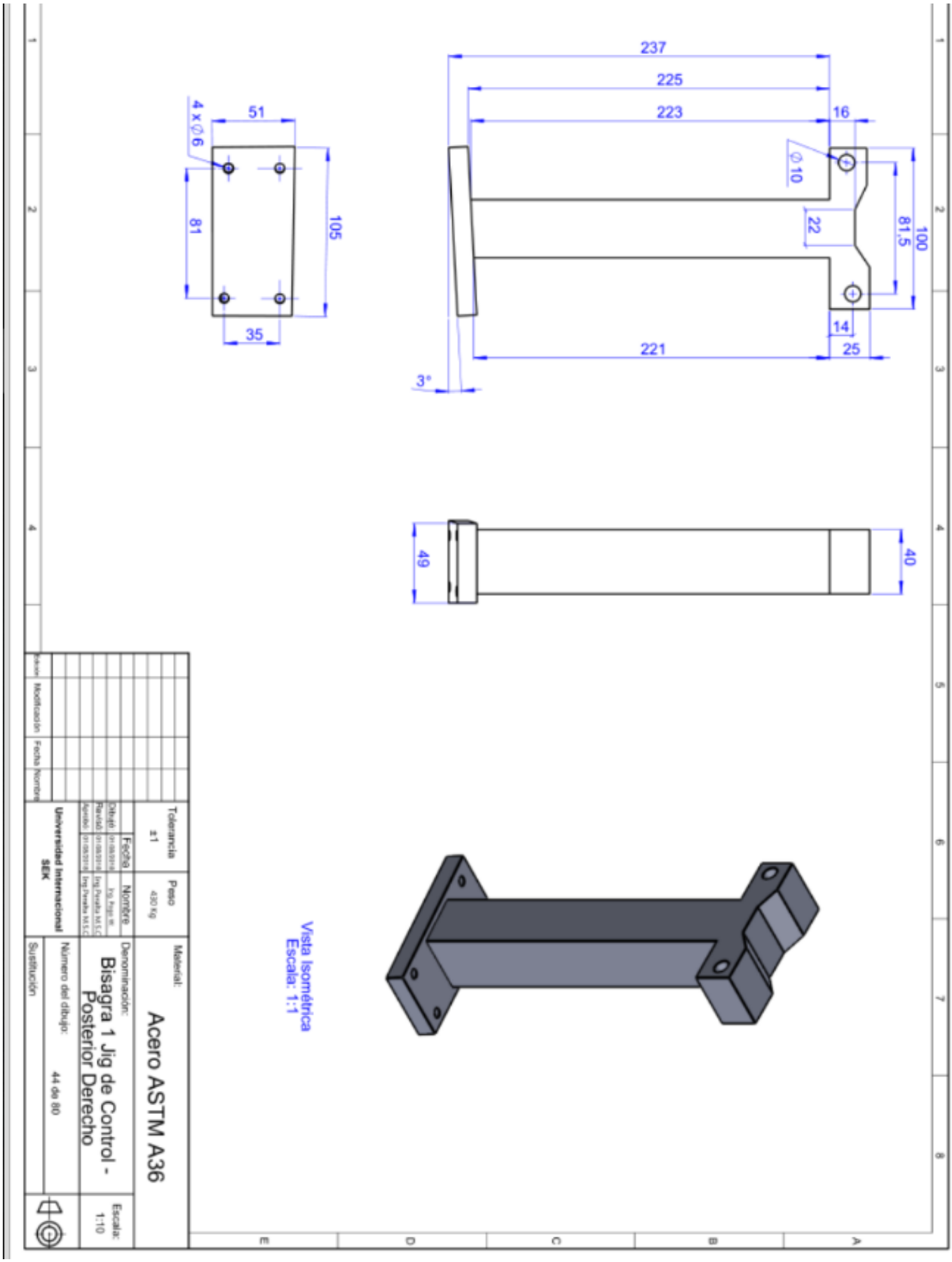

Vista Isométrica
Escala: 1:1
43
154
R 1545
168
183
198
361
3 x R3
13
32
33
50
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 9. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala: 1:10
Número del dibujo:
39 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

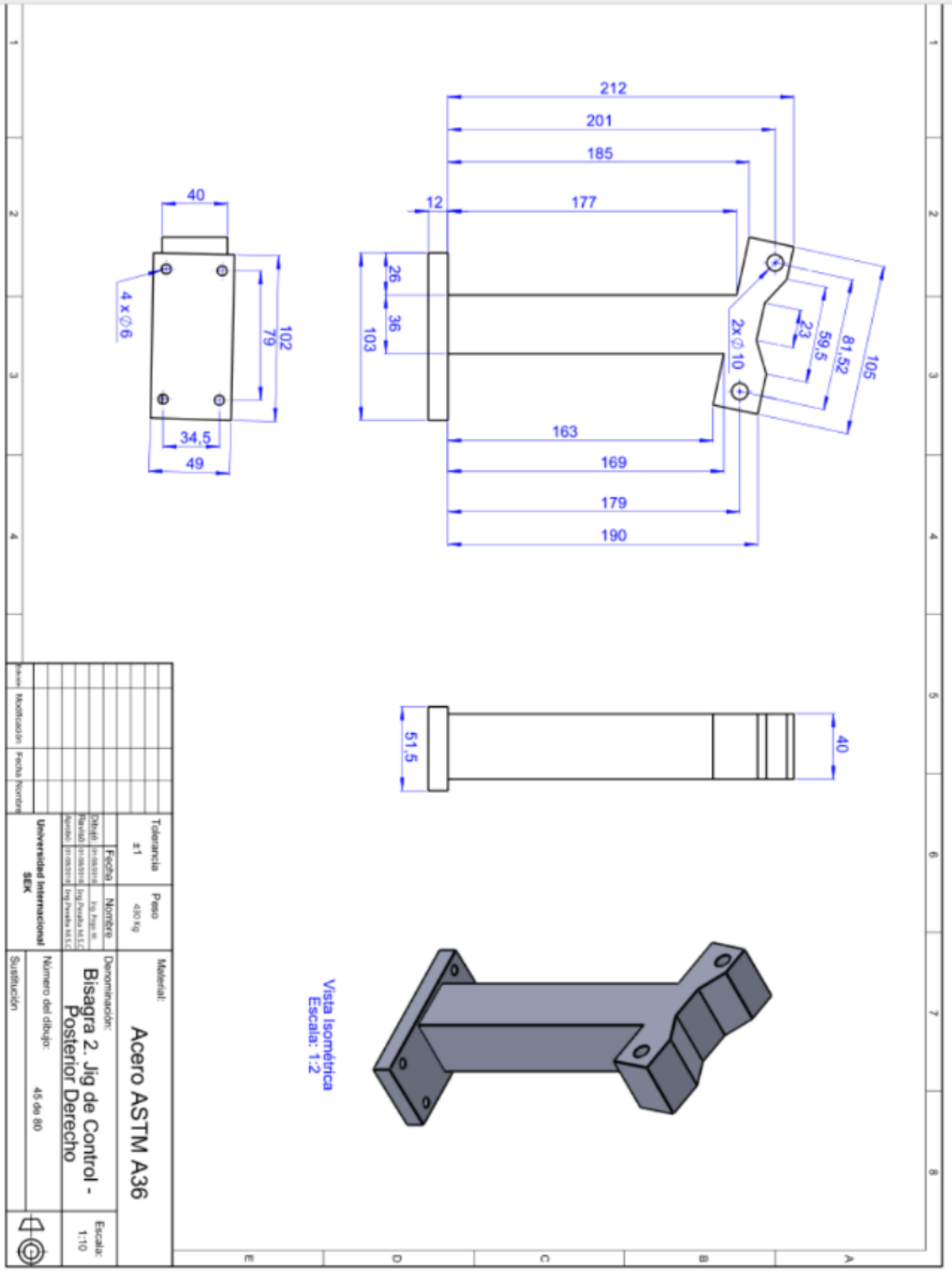

DETALLE D
ESCALA 1 : 1
Ø12,5
7,5
20
55
20
R5
40
55
D
128
124
12
A
40
B
97°
C
55
121,5
122
133,5
19
13
10
DETALLE C
ESCALA 1 : 1
Ø23
9
16
8
40
20
55
R6
Ø8
R4
6
6
16
DETALLE A
ESCALA 2 : 1
Vista Isométrica
Escala: 1:1
15
R4
R4
7
6
R6
DETALLE B
ESCALA 2 : 1
Universidad Internacional SEK
Tolerancia ±1
Peso 430 kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Material: Acero ASTM A36
Denominación: Pin 1. Jig de Control - Posterior Derecho
Escala: 1:10
Número del dibujo: 40 de 80
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

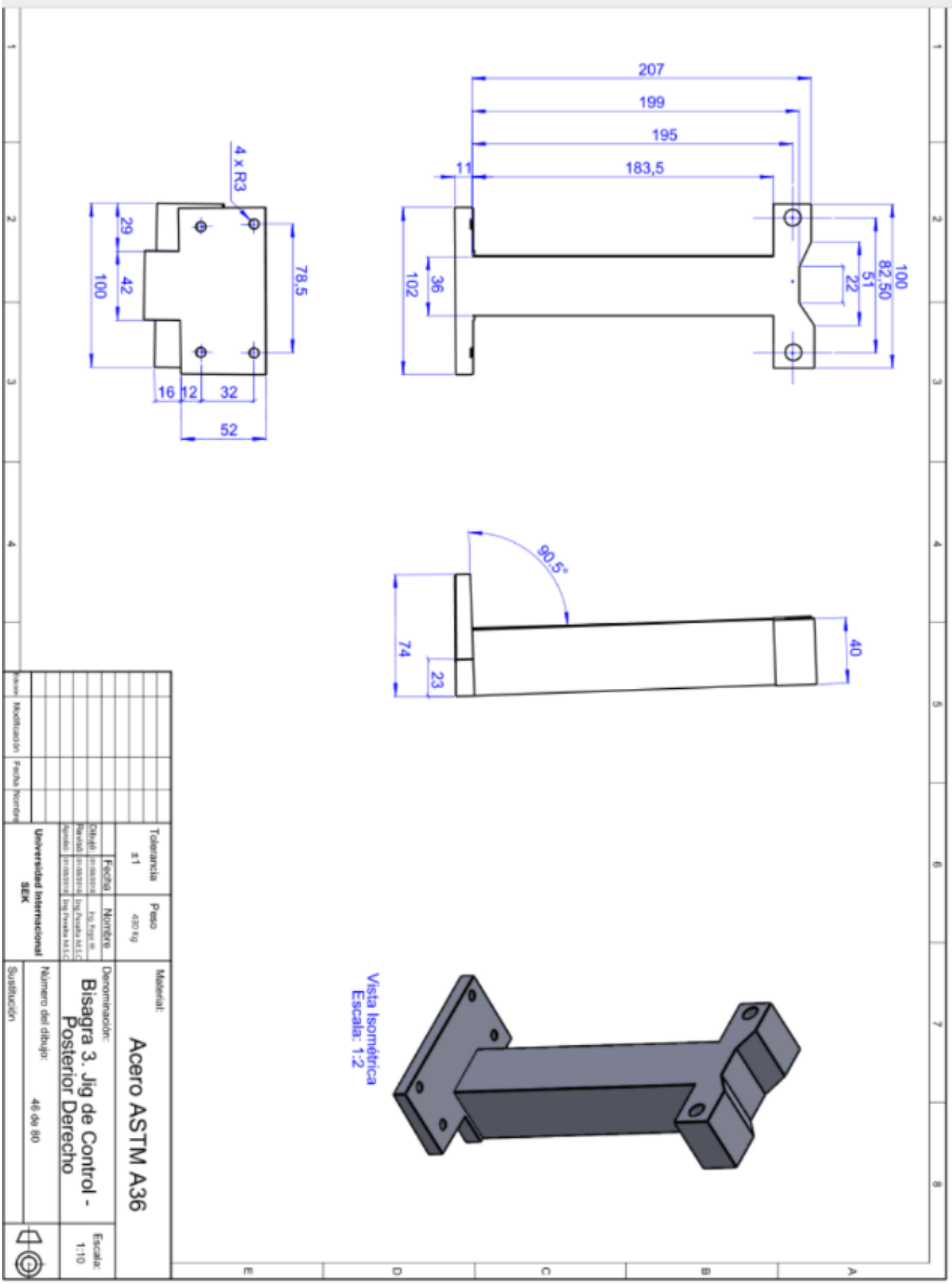

97
82
4
20
13
20,5
48
33
88°
4X⌀6
R6
R4
R6
R4
⌀8
17,5
22
21,5
11
97
Vista Isométrica
Escala: 1:1
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Pin 2. Jig de Control - Posterior Derecho
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Escala:
1:10
Número del dibujo:
41 de 80
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

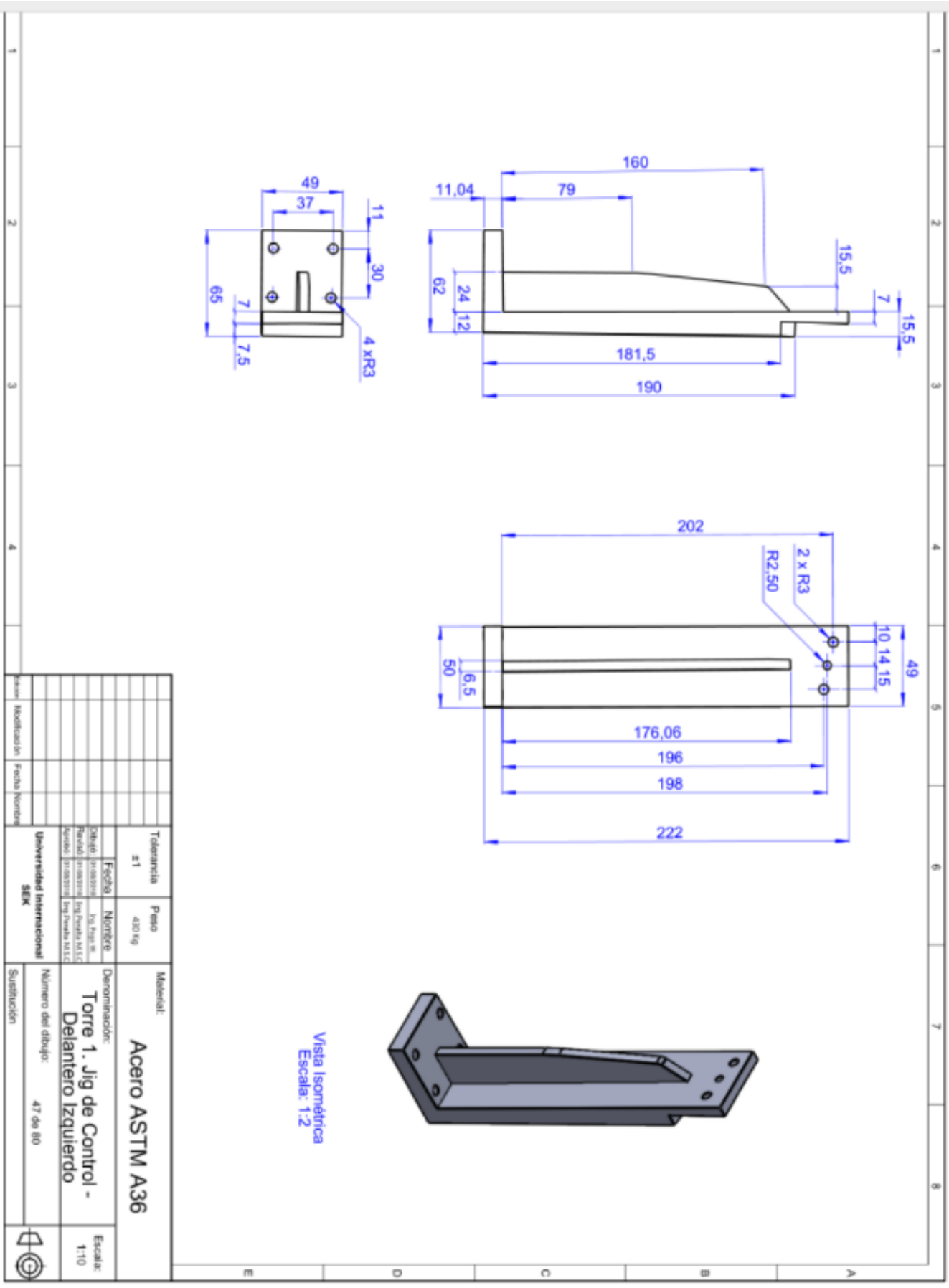

97
82
20
19
33
48
24
52
22
4 X ∅6
∅8
R7
R6
R5
18
12
23
52
Vista Isométrica
Escala: 1:1
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Pin 3. Jig de Control - Posterior Derecho
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Escala:
1:10
Número del dibujo:
42 de 80
Sustitución

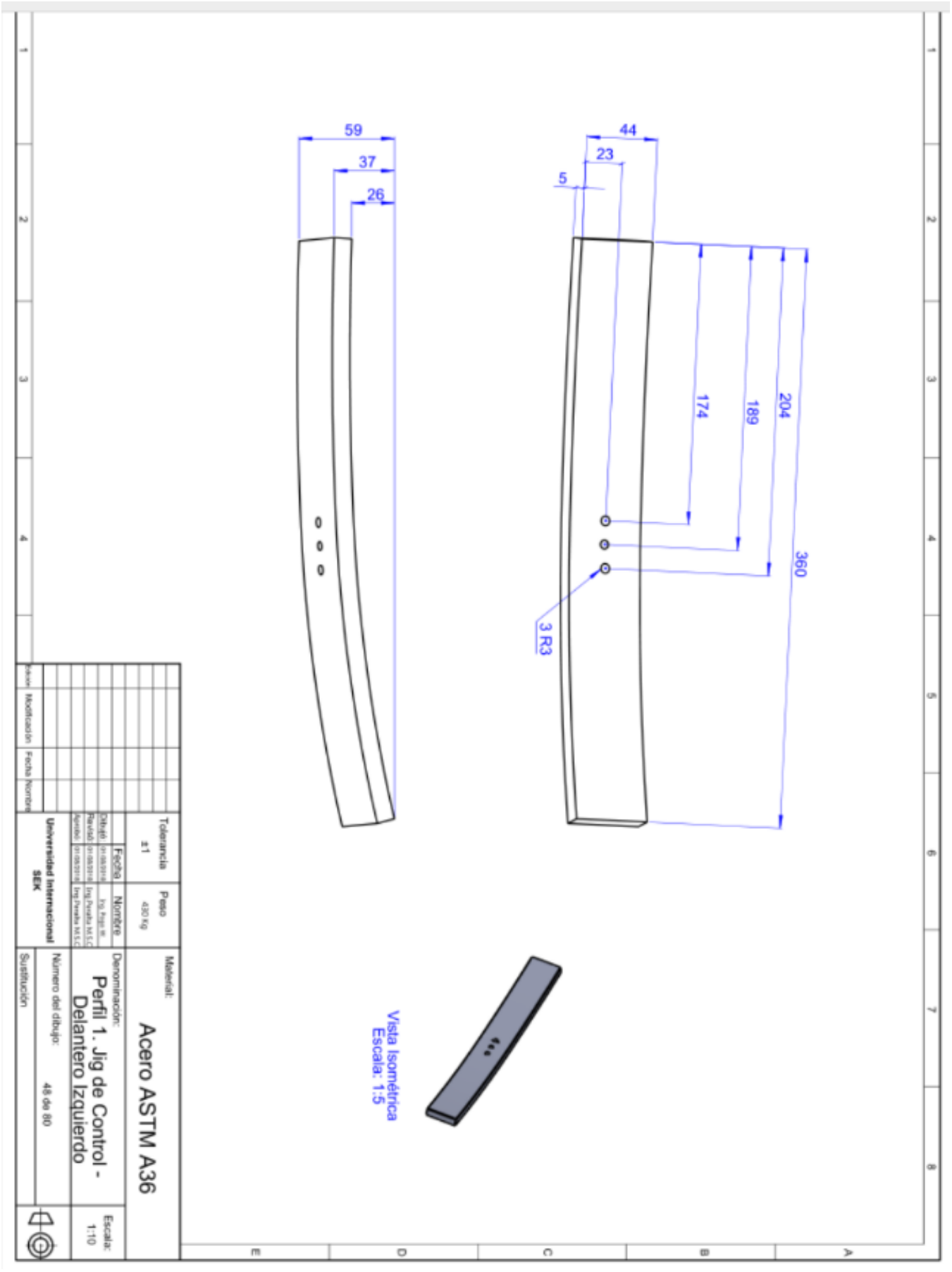

DETALLE DW
ESCALA 1 : 1
Ø12,5
7,5
20
55
20
R5
40
55
DW
128
124
12
DT
40
DU
97°
55
DV
121,5
122
133,5
19
13
10
DETALLE DV
ESCALA 1 : 1
Ø23
9
16
8
40
20
55
R6
Ø8
DETALLE DT
ESCALA 2 : 1
R4
6
6
16
Vista Isométrica
Escala: 1:1
15
R4
R4
DETALLE DU
ESCALA 2 : 1
6
R6
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Universidad Internacional SEK
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Pin 4. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
43 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre

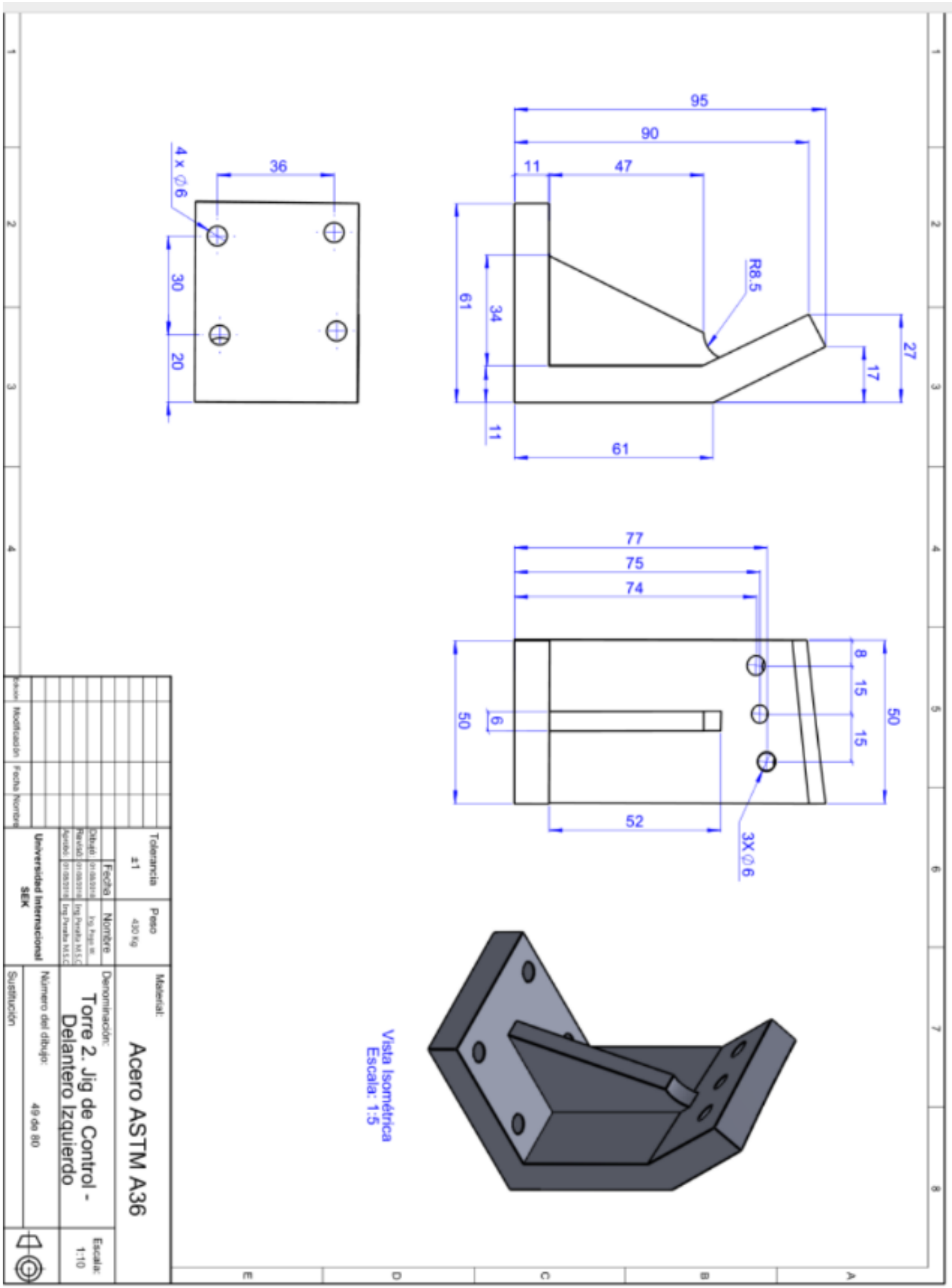

4 x Ø6
51
81
105
35
237
225
223
16
Ø10
22
81,5
100
14
25
221
3°
49
40
Vista Isométrica
Escala: 1:1
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Bisagra 1 Jig de Control - Posterior Derecho
Escala:
1:10
Número del dibujo:
44 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Fecha
Nombre
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre

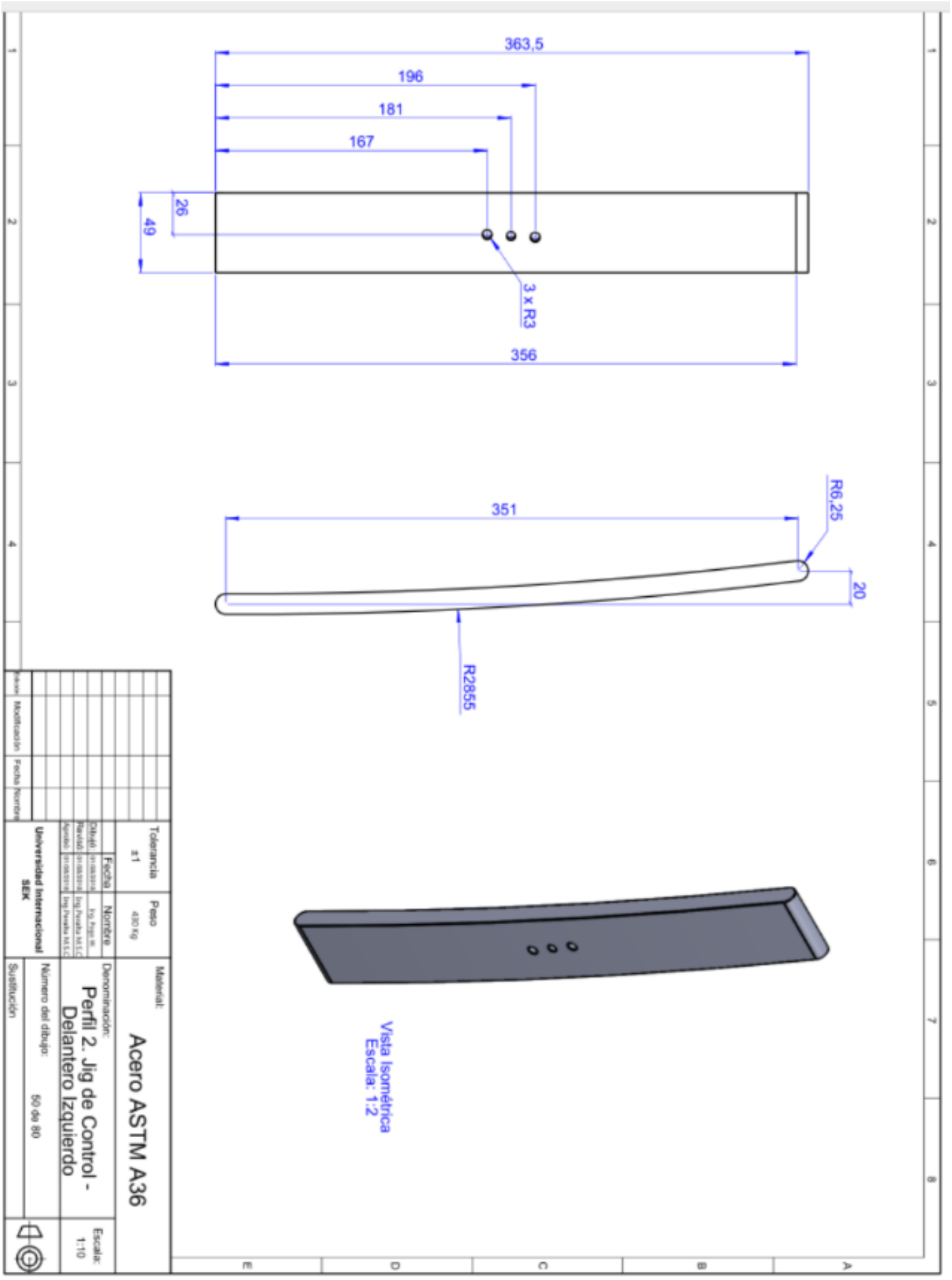

212
201
185
177
12
40
4 x ∅6
102
79
34,5
49
26
36
103
2x ∅ 10
23
59,5
81,52
105
163
169
179
190
51,5
40
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Bisagra 2. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
45 de 80
Escala:
1:10
Tolerancia
±1
Peso
Nombre
Fecha
Universidad Internacional SEK
Modificación
Fecha
Nombre

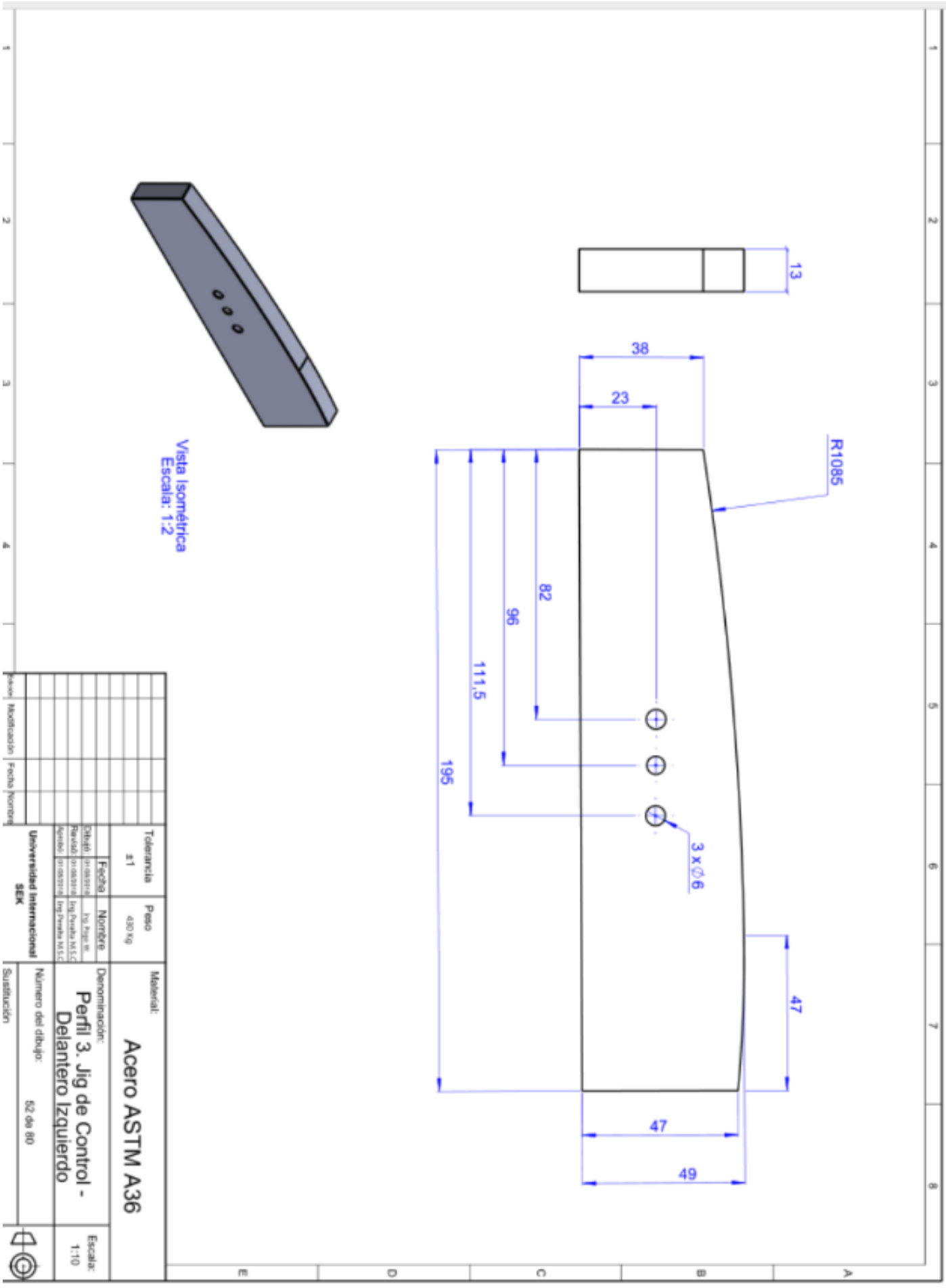

4 x R3
29
42
100
78,5
16
12
32
52
207
199
195
183,5
11
102
36
100
82,50
51
22
90,5°
74
23
40
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Bisagra 3. Jig de Control - Posterior Derecho
Número del dibujo:
46 de 80
Escala:
1:10
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Universidad Internacional SEK
Sustitución
Modificación
Fecha
Nombre


49
37
11
30
65
7
7,5
4 xR3
160
11,04
79
15,5
7
15,5
62
24
12
181,5
190
202
2 x R3
R2,50
10
14
15
49
50
6,5
176,06
196
198
222
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 1. Jig de Control - Delantero Izquierdo
Escala:
1:10
Número del dibujo:
47 de 80
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
480 Kg
Nombre
Fecha
Modificación
Fecha
Nombre


59
37
26
44
23
5
174
189
204
360
3 R3
Vista Isométrica
Escala: 1:5
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 1. Jig de Control - Delantero Izquierdo
Número del dibujo:
48 de 80
Escala:
1:10
Sustitución
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Nombre
Fecha
Dibujó
Revisó
Aprobó
Modificación
Fecha
Nombre


95
90
11
47
R8.5
61
34
27
17
11
61
4 x ∅6
36
30
20
77
75
74
8
15
15
50
50
6
52
3X∅6
Vista Isométrica
Escala: 1:5
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Torre 2. Jig de Control - Delantero Izquierdo
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Escala:
1:10
Número del dibujo:
49 de 80
Sustitución


363,5
196
181
167
26
49
3 x R3
356
351
R6,25
20
R2855
Vista Isométrica
Escala: 1:2
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 2. Jig de Control - Delantero Izquierdo
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
480 Kg
Escala:
1:10
Número del dibujo:
50 de 80
Sustitución


Vista Isométrica
Escala: 1:2
13
38
23
R1085
82
96
111,5
195
3 x Ø6
47
47
49
Material:
Acero ASTM A36
Denominación:
Perfil 3. Jig de Control - Delantero Izquierdo
Número del dibujo:
52 de 80
Escala:
1:10
Universidad Internacional SEK
Tolerancia
±1
Peso
430 Kg
Fecha
Nombre
Modificación
Sustitución