



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

**DISEÑO DE UNA ESCULTURA FUNCIONAL. JAQUE MATE.**

**MEMORIA PRESENTADA POR**

**Alfonso Martínez Ramírez.**

**TUTOR: Francisco José Parres García.**

**GRADO EN INGENIERIA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO.**

**Convocatoria de defensa: Julio 2021**

DISEÑO DE UNA ESCULTURA FUNCIONAL.  
JAQUE MATE.



# BABIECA

## CHESS



**ALFONSO MARTINEZ RAMIREZ**

GRADO EN INGENIERIA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO





## Resumen

El ajedrez ha sido y es uno de los juegos de estrategia más conocidos a nivel internacional. Consiste en un tablero de 64 casillas y 32 piezas, las cuales son guardadas generalmente en el tablero que actúa como caja de almacenaje.

Su historia y globalización hacen del ajedrez el juego de mesa más conocido, con más de 600 millones de jugadores a nivel global. Siendo la FIDE (*Fédération Internationale des Échecs*) la segunda federación con más países participantes del mundo.

La estrategia, concentración y rapidez mental requerida en el juego hacen del ajedrez una herramienta muy potente para el desarrollo personal, otorgándole un estatus intelectual a sus jugadores, es por ello por lo que existe un público de alto poder adquisitivo que valora y demanda este objeto como colección.

El objetivo de este proyecto es el diseño y desarrollo de un set de ajedrez; Estuche, tablero y piezas. Un diseño exclusivo orientado a coleccionistas, ofreciendo una pieza escultórica e icónica sin dejar de lado la parte funcional que demandan.

Se pretende destacar el producto sobre los existentes en el mercado, mayormente comparable por los trabajados por artesanos. La fusión entre escultura y objeto funcional como idea principal del producto.

## Abstract

Chess has been and is one of the best known strategy games internationally. It consists of a board with 64 squares and 32 pieces, which are generally stored on the board that acts as a storage box.

Its history and globalization make chess the best known board game, with more than 600 million players globally. Being FIDE (*Fédération Internationale des Échecs*) the second federation with the most participating countries in the world.

The strategy, concentration and mental speed required in the game make chess a very powerful tool for personal development, giving its players an intellectual status, which is why there is a public with high purchasing power that values and demands this object as a collection.

The objective of this project is the design and development of a chess set, case, board, and pieces. An exclusive design aimed at collectors, offering a sculptural and iconic piece without neglecting the functional part they demand.

It is intended to highlight the product over those existing in the market, mostly comparable to those worked by artisans. The fusion between sculpture and functional object as the main idea of the product.



## ÍNDICE

### 1. OBJETIVO GENERAL

1.1 OBJETO .....	6
1.2 JUSTIFICACION .....	6
1.3 ANTECEDENTES .....	7
1.4 ESTUDIO DE MERCADO .....	39

### 2. NORMAS Y REFERENCIAS

2.1 DEFINICION Y ABREVIATURAS .....	64
2.2 NORMATIVA .....	65
2.3 ANTROPOMETRIA Y ERGONOMIA .....	66
2.4 PROGRAMAS INFORMATICOS .....	68
2.5 BIBLIOGRAFIAS .....	69

### 3. REQUISITOS DE DISEÑO

3.1 DESCRIPCION DE LAS NECESIDADES Y FUNCIONES .....	72
3.1.1 FUNCIONES BASICAS .....	72
3.1.2 PRODUCTO DE COLECCIÓN .....	73

### 4. PROCESO DE IDEACIÓN

4.1 BOCETOS/ <i>SKETCHES</i> .....	74
4.2 <i>RENDERS</i> FINALES .....	95
4.3 EVALUACION DE LAS SOLUCIONES .....	99

### 5. RESULTADOS FINALES

5.1 ESTUDIO DE PROCESOS INDUSTRIALES .....	104
5.2 ESTUDIO DE MATERIALES .....	157
5.3 ACABADOS SUPERFICIALES .....	169
5.4 MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y UTILES .....	185
5.5 PROTOTIPOS/MAQUETAS .....	202
5.6 JUSTIFICACION DEL DISEÑO .....	210
5.7 VIABILIDAD TECNICA .....	212
5.8 ESQUEMA DE DESMONTAJE DEL PRODUCTO .....	215
5.9 SUBCONJUNTOS .....	219
5.10 ANALISIS ESTRUCTURAL .....	220
5.11 DIMENSIONES GENERALES .....	220
5.12 PRESUPUESTO .....	221
5.13 FOTOS DE PRODUCTO .....	224



**6. PLANOS ..... 240**



## 1. OBJETIVO GENERAL

### 1.1 OBJETO

Con este diseño de producto se ha fusionado la parte artística con la parte industrial. El objetivo del proyecto es desarrollar un ajedrez fuera de lo convencional usando como envase o estuche un busto de caballo, relacionando los conceptos ajedrez y escultura creando así un vínculo entre objeto decorativo y funcional.

También se desarrollará un diseño de piezas acorde a la línea del diseño del estuche para su posterior fabricación.

Con movimiento y captura de una pieza, aprendemos las bases del pensamiento estratégico; Donde estoy - A donde quiero llegar - Cuál es el plan que llevare a cabo para lograr ese objetivo. Filosofía aplicada en la vida y plasmada en este trabajo.

### 1.2 JUSTIFICACIÓN

Se pretende que conste de materiales nobles, siempre mostrando un producto de calidad con un acabado premium. Detalles muy trabajados, pulidos, con gran control y precisión asegurando una correcta transición y fusión entre el producto y la escultura.

Al observarla por primera vez sin constancia del producto, ha de transmitir que solo es una escultura, a la cual a posteriori se le suma un valor añadido de ser una pieza única de colección con la cual poder jugar partidas de ajedrez. Se busca un producto totalmente innovador, inexistente en el mercado actual y revolucionador en el sector del ajedrez.

La pieza nos invita a acercarnos a ella con una primera lectura escultural, el busto del caballo nos ofrece elementos que nos llaman la atención o que difieren de un busto de caballo clásico como puede ser la crin del caballo, que nos evoca a interactuar con ella, a medida que vamos descomponiendo su faceta de escultura, comienza a dar forma su faceta funcional, un juego de mesa clásico.

Una vez concluido el juego se devuelven las piezas al busto, que en su función envase protege las piezas en su interior, devolvemos también el tablero, que queda integrado de manera discreta al conjunto escultórico.





## 1.3 ANTECEDENTES

### 1.3.1 HISTORIA DEL AJEDREZ

El origen del juego del ajedrez es un misterio, pero la versión más aceptada es que fue inventado en la India, con el nombre de **chaturanga**.

El chaturanga es considerado el juego más antiguo, enfrentaba dos jugadores con un acuerdo inicial y simétrico de piezas, estas poseían diferentes movimientos y la victoria dependía de la captura de una pieza única. Sus piezas designaban las cuatro partes del ejército indio: barcos, elefantes, caballería e infantería.



Fig 1. Chaturanga, ajedrez indio

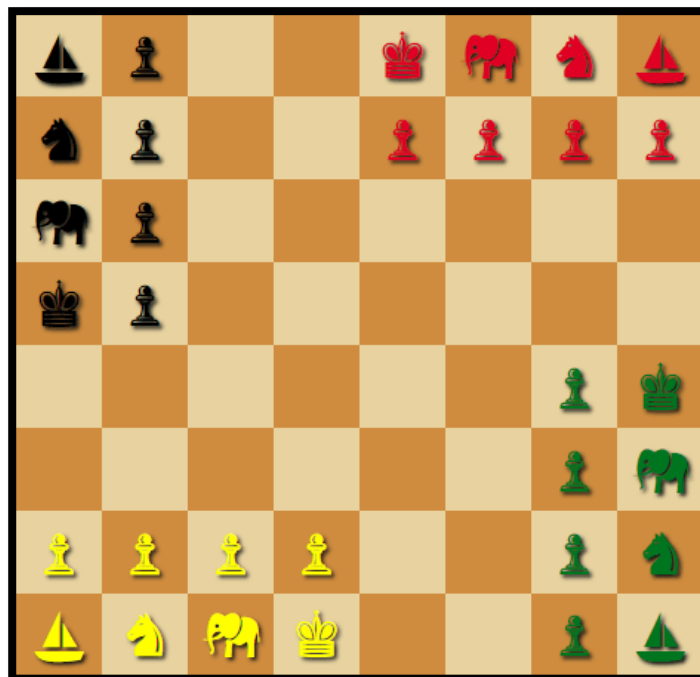


Fig 2. Disposición de piezas del chaturanga.



Desde ahí se extendió a China, Rusia y Persia. Los persas le cambiaron el nombre a Shatranj e introdujeron expresiones como:

- *Shah*, que es el actual jaque, utilizado para amenazar al rey adversario.
- *Shāh-mat*, jaque mate, que el rey es capturado o muerto e indica el final de una partida
- *Shāh-rukḥ*, que indica una doble amenaza al Rey y la Torre, que hasta entonces era la pieza más fuerte, hoy en día se le conoce como jaque-torre, jugada marcada con el caballo en 3 movimientos.



Fig 3. Partida de ajedrez en la corte persa.

Tras la conquista de Persia por los árabes, se hizo popular entre los califas, estos asimilaron el juego y lo difundieron por occidente, llevándolo al norte de África, Sicilia y península ibérica. En este periodo surgieron los primeros grandes jugadores que también destacaban en el arte y las ciencias. Los árabes fueron los primeros en estudiar análisis de aperturas, medio juego y finales. Crearon los conocidos problemas por el nombre de *mansūbāt* representando finales típicos jugados en partidas.



Fig 4. Conjunto de piezas del Shatranj que datan del S.XII



Las reglas del ajedrez árabe no son exactamente las mismas con las que se juega hoy en día. El alfil podía saltar piezas, ya que en su cultura se identificaba con un camello que tenía superioridad sobre todos los animales. En lugar del enroque existía el “salto del rey” y los peones sólo se movían una casilla. El resultado es que las partidas eran muy lentas. Las primeras piezas de ajedrez en Europa son datadas del S.X, halladas en Peñalba de Santiago (Castilla y León).



Fig 5. Bolos San Genadio

En la edad media, el juego comenzó a ser aceptado por la nobleza como entretenimiento para caballeros y soldados desde el siglo XV, la variante europea destacó por su velocidad y por la modificación de la dama y el alfil.

Los roles de la sociedad medieval se ven reflejados, rey y dama como piezas más importantes, el caballo en representación del caballero, torre, asemejando un castillo como fortaleza medieval y alfil como obispo o clérigo, el poder de la iglesia el cual sustituía a un elefante que en Europa no existía como arma de guerra.

El alfil antes solo podía moverse en diagonales con un alcance máximo de 3 casillas. La dama o reina, en el ajedrez árabe era una escolta del rey, solo podía hacer movimientos de una casilla, sin embargo, con reinas poderosas en España como Isabel la Católica, trajeron consigo al juego la libertad de movimiento y fuerza de la reina.

Los peones adquieren el derecho de mover dos casillas en su primera jugada y la promoción al llegar a última fila, cambiándose así por otra de mayor poder. Aparece el enroque entre rey y torre, esto volvió obsoleto todo lo anteriormente escrito acerca de aperturas y jugadas.

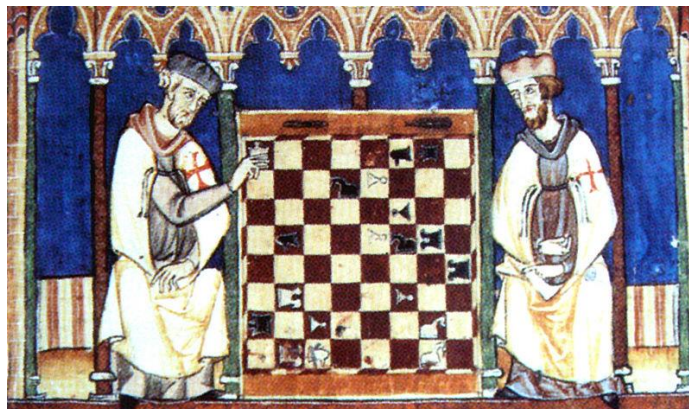


Fig 6. Templarios disputando una partida.





En el siglo XVIII se fundaron los primeros clubes y federaciones deportivas, en 1851 se celebra el primer torneo internacional en Londres. Aparecieron los primeros jugadores profesionales del ajedrez, Wilhem Steinitz primer campeón mundial, posteriormente derrotado por Emanuel Lasker con un estilo de juego más posicional y su sucesor José Raúl Capablanca es considerado un ídolo de este deporte, ganador del título mundial y 8 años invicto.



Fig 7. Wilhem Steinitz



Fig 8. José Raúl Capablanca

En 1924 se creó la FIDE, Federación Internacional De Ajedrez, cuenta con 175 países miembros, Es la segunda mayor federación deportiva tras la FIFA, con 180 países afiliados. Tras la revolución rusa, los líderes de la unión soviética incentivaban la enseñanza del ajedrez a las grandes masas creando así la escuela soviética de ajedrez e iniciando una era de campeones mundiales soviéticos. Este dominio no fue interrumpido hasta la llegada de Bobby Fisher un estadounidense que se convirtió campeón al derrotar en 1972 al ruso Boris Spassky. La partida tuvo gran repercusión en los medios de comunicación.

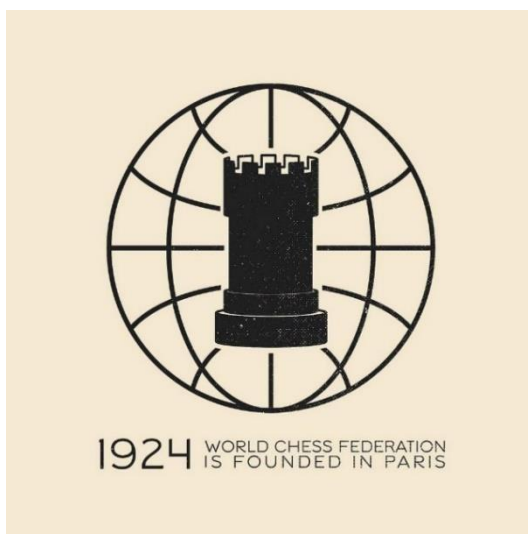


Fig 9. Fide 1924



Fig 10. Sellos postales rusos FIDE





Fischer no pudo defender su título y se le concedió al retador Anatoly Karpov, que defendió 3 veces su título hasta que fue derrotado por Kaspárov. Kaspárov quien se convirtió en el primer campeón mundial más joven.



Fig 11. Bobby Fischer



Fig 12. Kaspárov y Karpov, campeonato 85

A finales de los 50 comenzaron los primeros programas informáticos de ajedrez. El duelo entre máquinas y hombres en el ajedrez no fue la excepción. En 1997 el superordenador Deep Blue derrotó a Kaspárov.



Fig 13. DeepBlue Vs Kasparov



Fig 14. Deep Blue

El decimosexto y actual campeón del mundo es Magnus Carlsen quien conquistó el título en 2013 es el segundo campeón más joven tras Kaspárov.



Fig 15. Magnus Carlsen



Actualmente, la FIDE acaba de publicar la lista Elo. Magnus Carlsen (Noruega-2838) sigue siendo el número uno, seguido cada vez más cerca por Wesley So (EEUU-2822), que mantiene considerable distancia a Hou Yifan (China-2649). España, tiene dos jugadores en el Top 100, Francisco Vallejo (2719) y David Anton (2675).

Por países, Rusia sigue siendo la indiscutible número uno, junto con EEUU, China y Ucrania por la disputa de la segunda plaza.

GM: Gran Maestro

MI: Mestro Intrnacional

PAISES	ELO	Titulados	GM	MI
Rusia	2744	237	527	2465
EEUU	2707	90	143	730
China	2700	39	31	147
Ucrania	2690	87	200	543
India	2676	44	91	306
Azerbaiyan	2657	24	25	132
Francia	2651	49	105	408
Armenia	2646	37	29	116
Polonia	2643	41	107	380
Hungria	2635	54	118	460
Inglaterra	2365	35	60	272
Israel	2631	41	55	187
Holanda	2629	35	86	345
Alemania	2618	91	254	1320
España	2602	47	117	596
Republica Checa	2589	32	82	302
Bulgaria	2587	36	57	150
Georgia	2586	28	38	126
Croacia	2584	31	61	256
Cuba	2580	21	49	323

Tabla 1. Relacion países con grandes jugadores de ajedrez.

El ajedrez antiguo se extendió por todo el mundo y pronto se formaron muchas variedades del mismo, las palabras más antiguas referidas al término ajedrez residen en el árabe y el persa.

Otras hipótesis sobre la historia y origen del ajedrez surgen en diferentes civilizaciones y regiones del mundo, un breve resumen de estas son:



## EGIPTO

Teorías afirman que el juego surgió en Egipto, aunque al provenir de una civilización muy antigua, existen pocas pruebas y muchos vestigios se han perdido con el tiempo. Pero se han hallado pinturas en tumbas y pergaminos que muestran un juego similar al ajedrez.



Fig 16. Fresco en la tumba de Nefertiti, 1250 a.C

Fig 17. Pintura de Tutankamon, 1300 a.C

En la tumba de Tutankamon, se encontró un tablero cuadriculado y 12 piezas. Analizando la forma de las piezas descubiertas, parece improbable que el ajedrez pueda derivar de este juego, sus diferencias con el ajedrez actual o el chaturanga son demasiado evidentes. Se cree que se trataba de otro juego similar pero mucho más antiguo que el ajedrez que es denominado Senet.

## GRECIA

Hay teorías de que surgió en Grecia, creado por Palamedes, hijo del rey de Eubea, se cuenta que el ajedrez pasó de la Grecia antigua a la India, por la conquista de Alejandro Magno.

## CHINA

Se remonta a la dinastía Chang, 1122 a.C, y es conocido como XiangQi.

La leyenda dice que lo creó un mandarín para animar a sus tropas por una larga campaña, el duro invierno y la lejanía de sus familias.

Las piezas no son talladas como en Occidente, son discos donde contienen el nombre de cada una, un bando es rojo y otro es blanco, las rojas tienen el primer turno de movimiento.



## LEYENDA DE SISA

La leyenda de Sisa cuenta que el sabio de la corte de Rai Bhalit( al noreste de la India, actual Pakistan o Afganistan) del cual su hijo murio. Sisa le otorgo un juego para matar su tiempo y explicarle que muchas piezas se han de sacrificar por el beneficio del reino. Ademas de darle una leccion de vida, le dio una leccion de matematicas ya que el rey quiso recompensarle con lo que pidiese. Sisa le pidio un grano de trigo por cada cuadro que contiene el tablero, siendo este doblado por el siguiente cuadro y asi progresivamente con los 64 cuadros que componen el tablero de ajedrez.

$$T_{64} = 1 + 2 + 4 + \dots + 2^{63} = \sum_{i=0}^{63} 2^i = 2^{64} - 1$$

Es decir, 18 446 744 073 709 551 615 granos de trigo, por lo que no había suficientes cosechas en todo el mundo para proporcionarle a Sisa tal cantidad de cultivo.



Fig 18. Granos de trigo por escaque





También es interesante nombrar las inteligencias artificiales, desde Deep Blue muchos se han preguntado donde está el límite.

AlphaZero, creada por DeepMind y adquirida por Google, se basa en el autoaprendizaje, simplemente se le han enseñado las reglas del ajedrez y el propio programa aprende de sí mismo, cuenta con una red neuronal de varios niveles que se actualiza constantemente y permite procesar jugadas a un nivel más profundo.

Para probar su rendimiento, AlphaZero se enfrentó contra Stockfish, el simulador más potente hasta el momento de ajedrez, Stockfish tiene un coeficiente de elo de 3400 puntos.

Antes de enfrentarse, AlphaZero tuvo un entrenamiento de 4 horas, durante el cual jugó más de un millón de partidas contra sí misma, tras disputar 100 partidas contra Stockfish en igualdad de condiciones, AlphaZero ganó 28 partidas e hizo tablas en 72, no perdió ninguna partida.

En 2018, Stockfish lo volvió a intentar con una versión mejorada, jugaron 1000 partidas. AlphaZero obtuvo 155 victorias y solo 6 derrotas, el resto fueron tablas.

Lo increíble es que Stockfish únicamente está diseñado para jugar al ajedrez, pero la inteligencia artificial creada por DeepMind puede ganar a cualquier juego.

AlphaZero es capaz de procesar 80.000 jugadas por segundo en ajedrez, mientras que Stockfish procesa 70 millones de jugadas por segundo en ajedrez, la diferencia se encuentra en la red neuronal que filtra la información para centrarse en los movimientos más efectivos.



Fig 19. Inteligencia artificial en el ajedrez



### 1.3.2 EL AJEDREZ EN LA ACTUALIDAD

El ajedrez es un juego competitivo entre dos personas, cada una de las cuales dispone de 16 piezas móviles que se colocan sobre un tablero dividido en 64 escaques. En su versión de competición está considerado como un deporte. Originalmente inventado como un juego para personas. Tras de la creación de computadoras y programas comerciales de ajedrez, una partida puede ser jugada por una persona contra un programa de ajedrez o por dos programas de ajedrez entre sí.

Se juega sobre un tablero cuadrulado de 8x8 casillas, alternadas en colores blanco y negro, que constituyen las 64 posibles posiciones para el desarrollo del juego. Al principio del juego cada jugador tiene dieciséis piezas: un rey, una dama, dos alfiles, dos caballos, dos torres y ocho peones.

Se trata de un juego de estrategia en el que el objetivo es «derrocar» al rey del oponente. Esto se hace amenazando la casilla que ocupa el rey con alguna de las piezas propias sin que el otro jugador pueda proteger a su rey interponiendo una pieza entre su rey y la pieza que lo amenaza, capturando tu pieza con la cual amenazas su rey o mover su rey a un escaque libre. Esto conlleva como resultado el jaque mate y el fin de la partida.

Cada tipo de pieza se puede mover de una forma diferente, lo que determinará su potencia e importancia en el desarrollo del juego.

El ajedrez no es un juego de azar, sino un juego racional, ya que cada jugador decidirá el movimiento de sus piezas en cada turno. El desarrollo del juego es tan complejo que ni siquiera los mejores jugadores o los más potentes ordenadores pueden llegar a considerar todas las posibles combinaciones, aunque el juego sólo pueda desarrollarse en un tablero con tan solo sólo 64 casillas y 32 piezas al inicio, el número de diferentes partidas que pueden jugarse excede el número de átomos en el universo.

Comienza a jugar quien lleve las blancas, lo que le concede una ventaja pequeña, pero esencial en los niveles altos de competición, por lo que esta posición suele sortearse. A partir de entonces ambos jugadores se turnan para mover una de sus piezas. Cada jugador intentará obtener ciertas ventaja en la posición en el tablero, y capturando piezas contrarias, aunque el objetivo final es atacar al rey y dejarlo sin escapatoria.

La victoria puede obtenerse, además de si el rival abandona o se le agota el tiempo. En los campeonatos oficiales incluso si rechaza la mano del rival derrotado o le suena el teléfono móvil durante la partida.

Otro resultado posible es el empate, o tablas; se produce en cualquiera de los siguientes casos:

- Por acuerdo común.
- Cuando a ninguno le quedan piezas suficientes para infligir jaque mate.
- Si se repite tres veces la misma posición de todas las piezas en el tablero.
- Cuando un jugador no puede realizar en su turno ningún movimiento reglamentario, pero el rey no se encuentre en jaque, tablas por ahogado.



## LAS PIEZAS

Para diferenciar un bando de otro, las piezas de los jugadores son de tonalidades diferenciadas, uno dirige las claras y otro las piezas oscuras. Cada jugador dispone de 16 piezas, ocho peones, dos torres, dos caballos, dos alfiles, una dama también llamada reina y un rey. Cada pieza se mueve en el tablero de forma diferente:

- El rey se puede mover en cualquier dirección (vertical, horizontal y diagonales) avanzando o retrocediendo una sola casilla (excepto en el enroque, en el cual se mueve 2 o 3).
- La dama también se puede mover en cualquier dirección avanzando o retrocediendo en el tablero el número de casillas que se desee, (vertical, horizontal y diagonales) hasta topar con otra pieza o el borde del tablero.
- El alfil sólo se puede mover en dirección diagonal, tantas casillas como se desee hasta topar con otra pieza o el borde. Solo puede mover en diagonales negras o blancas según sea el alfil de rey o alfil de dama.
- La torre sólo se puede mover en las direcciones verticales y horizontales, hasta topar con otra pieza o el borde del tablero.
- El caballo, según la definición oficial, se puede mover a la casilla más cercana que no se encuentre en su propia fila, columna o diagonal, aunque para simplificar se dice que se mueve avanzando 2 casillas en vertical y una en horizontal, o viceversa, realizando un movimiento de 'L', siendo la única pieza que puede saltar por encima de las demás piezas.
- El peón puede avanzar una o dos casillas en dirección vertical en su primer movimiento, después de ser adelantado por primera vez sólo puede avanzar una casilla, a diferencia del resto de piezas no puede ir hacia atrás y no puede capturar a las piezas contrarias que se encuentran en la misma dirección en la que se mueve, el peón podrá capturar a las piezas que se encuentran a una casilla en diagonal respecto a él excepto en la captura del peón al paso.













PIEZA	REY (R)	DAMA (D)	TORRE (T)	ALFIL (A)	CABALLO (C)	PEON (C)
CANTIDAD	1	1	2	2	2	8
SIMBOLO						
						

Tabla 2. Piezas de ajedrez



## EL TABLERO DE AJEDREZ

Alternativamente de color claro y de color oscuro. Cada jugador se sitúa de cara al ajedrecista contrincante, colocando el tablero de manera tal que cada jugador tenga una casilla blanca en su esquina derecha.

Los elementos básicos del tablero son:

- Fila. Es cada una de las ocho líneas de ocho casillas que se forman alineando éstas horizontalmente respecto a los jugadores. Se nombran con números del 1 al 8, comenzando desde la primera fila con respecto al bando de las piezas blancas.
- Columna. Es cada una de las ocho líneas de ocho casillas que se forman alineando éstas verticalmente respecto a los jugadores. Se nombran con letras minúsculas de la a a H, comenzando desde la primera columna izquierda con respecto al bando de las piezas blancas.
- Diagonal. Es cada una de las 16 líneas que se forman agrupando las casillas diagonalmente. Las dos diagonales mayores tienen ocho casillas.
- Centro. El centro del tablero son los cuatro escaques centrales. Por extensión, a veces se incluyen los 12 que rodean a esos cuatro.
- Esquinas. Cada una de las cuatro casillas ubicadas en las esquinas del tablero.
- Bordes. Las dos columnas (A y H) y dos filas (1 y 8) situadas en los extremos del tablero.

Un tablero puede tener los números y letras para identificar las filas, columnas y casillas, con el fin de registrar el desarrollo de las partidas mediante la notación algebraica, que es la notación oficial. Es frecuente en el mundo del ajedrez utilizar este sistema para poder reproducir y comentar las partidas. Sin embargo, muchos autores y especialistas emplean o prefieren continuar utilizando la llamada notación descriptiva.

**Notación descriptiva:** Es una nomenclatura utilizada para denotar y describir las posiciones y movimientos de una partida. Actualmente está en desuso y se prefiere el sistema algebraico. La FIDE sólo admite el uso oficial de la notación algebraica desde 1981. Para indicar el movimiento de una pieza a una casilla determinada se usa la abreviatura natural de la pieza seguida de la fila y la columna.

Empezando de izquierda a derecha:

Nombre de la pieza	Torre dama	Caballo dama	Alfil dama	Dama	Rey	Alfil rey	Caballo rey	Torre rey	Peón
Abreviatura en notación descriptiva	TD	CD	AD	D	R	AR	CR	CR	P

Tabla 3. Notación descriptiva.





## EL RELOJ DE AJEDREZ

El reloj de ajedrez consiste en un doble cronómetro que mide el tiempo que tiene cada jugador para realizar sus movimientos. Mientras que el reloj del jugador que tiene el turno está en marcha, el de su oponente permanece detenido, hasta que el primero efectúe su jugada y detenga su reloj, poniendo así en marcha el reloj del contrario.

Estos relojes analógicos disponen de un elemento llamado “bandera”, el cual es sostenido por el minuterero durante los últimos tres minutos del tiempo asignado a cada jugador. Cuando se excede ese tiempo, el minuterero deja caer la bandera, y el primer jugador cuya bandera cae, pierde la partida si no ha dado jaque mate antes a su rival.

Actualmente, los más utilizados son los relojes de ajedrez digitales basados en un funcionamiento electrónico, mediante pilas o baterías que permiten configurar diferentes ritmos de juego, como por ejemplo el sistema Fischer (incremento de varios segundos por cada jugada) o el sistema Bronstein (igual que el sistema Fischer, pero sin sobrepasar el tiempo inicial asignado), así como determinar con exactitud cuál jugador agota primero su tiempo.



Fig 20. DGT 3000 Chess



Fig 21. Classic Chess clock



## RITMOS DE JUEGO

Los controles de tiempo en ajedrez nacen de la necesidad de evitar que los jugadores tarden demasiado en reflexionar sus jugadas, algo muy común hasta finales del siglo XIX.

En partidas amistosas, el ritmo de juego es normalmente acordado por los jugadores, que pueden decidir si utilizan un reloj o no. En cambio, en torneos oficiales el tiempo disponible para cada jugador depende del tipo de torneo y es establecido por la organización del torneo. Un jugador puede disponer de cierto tiempo para toda la partida, o para alcanzar un número de jugadas establecido; además puede recibir o no cierta bonificación en tiempo por cada jugada realizada. Si un jugador agota su tiempo o no es capaz de realizar el número de jugadas asignadas, pierde la partida.

De acuerdo con la duración de cada partida, esta puede ser:

- Partida Blitz o relámpago: aquella en la cual cada jugador dispone de un máximo de 15 minutos para toda la partida y todas aquellas partidas con incremento de tiempo por jugada mientras no se obtenga una cantidad mayor de los 15 minutos iniciales.
- Partida Rápida: aquella en la cual el tiempo para cada jugador está entre 15 y 60 minutos. Normalmente este ritmo de juego se utiliza en desempates de torneos y su tiempo se fija en 25 minutos.
- Partida Estándar (ritmo clásico): aquella en la cual el tiempo de reflexión por jugador es mayor a 60 minutos. Este es el ritmo de juego más usado a nivel magistral. En torneos con gran cantidad de participantes, suele existir un control de 90 minutos por jugador más 15 segundos de incremento por jugada, mientras que en torneos de élite se asignan controles de tiempo para cierto número de jugadas, más un tiempo para el final de la partida. Se las denomina partidas de ritmo normal o lento.

Las partidas sin reloj no tienen un nombre específico, aunque popularmente, en España, se les llama partidas amistosas o también partidas cafeteras. Las partidas amistosas no son partidas de competición, por tanto, el resultado no puede afectar al Ello, ni crear disputa por algún tipo de clasificación o premio. El nombre de partidas de café es debido a la costumbre de jugar este tipo de partidas, que no son de competición, en las mesas de un bar-café.



## REGLAS DEL JUEGO

Cuando el juego comienza, un jugador controla 16 piezas blancas y otro jugador controla 16 piezas negras. El color asignado a cada jugador suele sortearse, aunque en el caso de los torneos está en función del emparejamiento de los jugadores. El tablero es colocado de tal forma que ambos jugadores tengan un escaque blanco en su esquina derecha. Las piezas se ubican de la forma en que se muestra en el diagrama adyacente. Las torres, caballos y alfiles más cercanos al rey suelen llamarse de rey (ejemplo: torre de rey) y las más alejadas, más próximas a la dama se llaman de dama (ejemplo: alfil de dama).

En el ajedrez tradicional, las piezas se colocan siempre en la forma descrita. Hay variantes en las que la situación de las piezas puede variar. [Ver página 22]

Los jugadores mueven por turnos. En cada turno, un jugador sólo puede mover una pieza con la única excepción de una jugada especial llamada enroque, en la cual el rey mueve dos casillas hacia la derecha o hacia la izquierda y la torre se ubica a su lado opuesto. El jugador que juega con las piezas blancas es siempre el que mueve primero.

Cada tipo de pieza se mueve de una forma diferente, aunque las norma común al movimiento es que las piezas no pueden saltar otras piezas en su movimiento por encima de otra a excepción del caballo y de la torre en el movimiento del enroque.

Una pieza no puede ocupar una casilla ocupada por otra pieza del mismo color, pero sí una ocupada por otra del contrario, retirándola del tablero. Esta acción se conoce como tomar o capturar, y es voluntaria, a decisión del jugador.

Las casillas a las cuales puede moverse una pieza, se dice que están controladas por ésta. Si una pieza se encuentra dentro de las casillas controladas por dicha pieza de color contrario, se encuentra atacada por aquélla. El rey es la única pieza que no puede moverse o pasar por casillas controladas por piezas contrarias ya que el mismo entraría en jaque.

Una jugada que ataque al rey se conoce como jaque; es obligatorio para el jugador cuyo rey esté atacado salir del jaque. Si no hay defensa posible contra un jaque, el rey está en jaque mate. Ese es el objetivo y quien lo inflige al rey rival, gana.

Una partida de ajedrez también termina cuando un jugador decide rendirse o abandonar, o bien si excede el tiempo establecido, en ambos casos el oponente gana el juego.

La partida también termina cuando no es posible la victoria para ninguno de los jugadores, o si ambos acuerdan este resultado, conocido como tablas o empate. Casos como que ninguno de los jugadores tiene piezas suficientes para dar jaque mate, o si el jugador que tiene el turno no puede realizar ninguna jugada sin que una pieza del adversario le dé jaque, situación conocida como ahogado. Igualmente, la partida termina en tablas si se repite tres veces la misma posición sobre el tablero.



## ESTADISTICAMENTE

El programador y jugador de ajedrez Oliver Brennan diseñó un programa para calcular las probabilidades de supervivencia de cada pieza utilizando datos de 2,2 millones de partidas en torneos.

Los reyes tienen la tasa de supervivencia más alta, por supuesto, ya que, si esta pieza es capturada, perderíamos la partida. Las torres también tienden a ser resistentes porque pasan mucho tiempo en las esquinas del tablero y generalmente son más activas en los finales.

Los caballeros y los peones centrales tienen las tasas de supervivencia más bajas. Muchas aperturas populares involucran peones que emprenden misiones suicidas, que a veces son contraatacadas por otros peones. Los peones de los extremos tienen una tasa de supervivencia más alta.

a	b	c	d	e	f	g	h	Close
55.2%	28.2%	34.1%	48.6%	100.0%	35.4%	25.9%	54.8%	8
65.9%	56.0%	34.3%	31.7%	41.4%	58.3%	66.3%	72.3%	7
								6
								5
								4
								3
66.6%	59.3%	41.8%	24.5%	36.0%	59.9%	69.0%	73.9%	2
55.2%	27.0%	32.4%	49.2%	100.0%	36.3%	26.6%	55.6%	1

Fig 22. Estadística de supervivencia de cada pieza



Este gráfico de datos creado por Randy Olson muestra el primer movimiento más popular para el jugador con blancas en las partidas de ajedrez en la historia moderna, seguido de la respuesta del jugador negro.

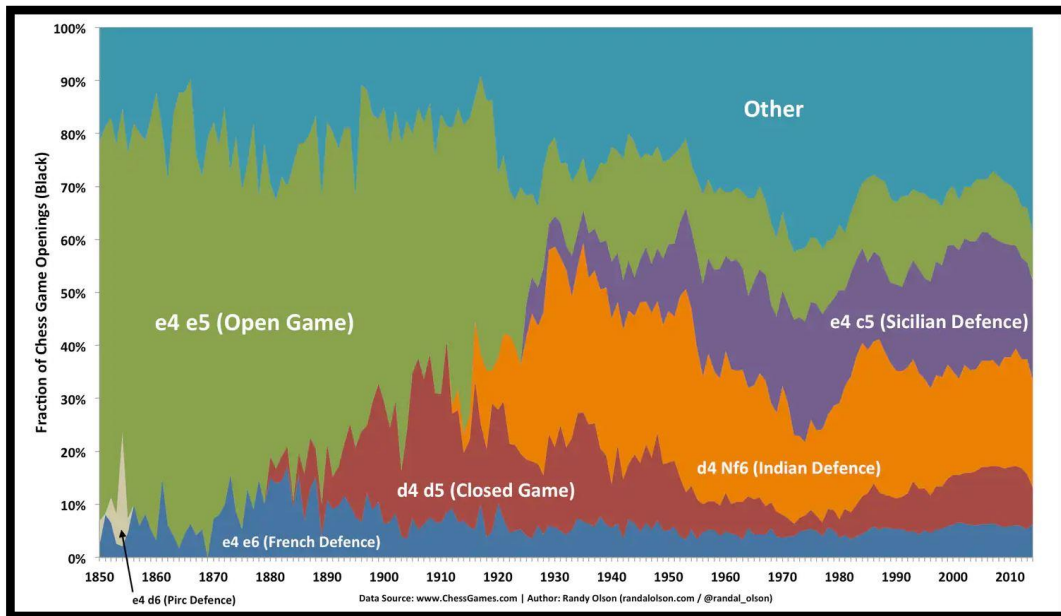


Fig 23. Estadística de aperturas

Este gráfico de Seth Kadish de Vizual Statistix muestra dónde los ajedrecistas notables han movido sus piezas con mayor frecuencia durante sus carreras. Podemos ver la comparación de jugar con blancas a jugar con negras.

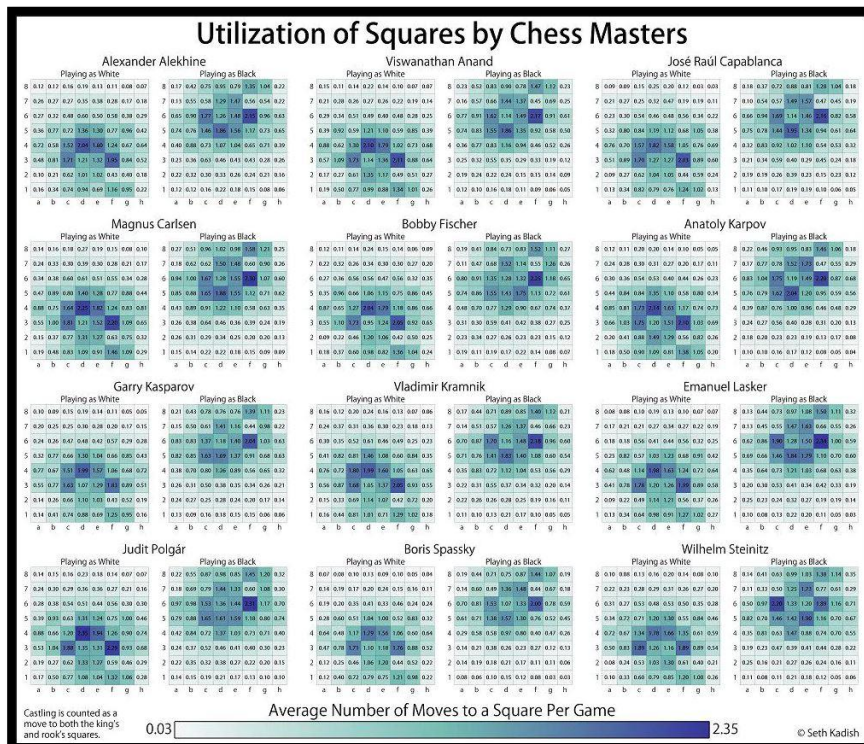


Fig 24. Estadística de movimientos





## VARIANTES

### Ajedrez aleatorio de Fisher. Ajedrez960

Muchas de las variantes del juego tradicional respetan tanto el formato del tablero como la cantidad y movimiento de las piezas, pero modifican la colocación inicial de las piezas. Fue idea del campeón mundial Bobby Fisher, llamado así por las 960 posibles posiciones iniciales que se obtenían de forma aleatoria. La única limitación es la posición del rey y las torres para facilitar el enroque.

### Ajedrez Dunsany

Se mantiene el formato del tablero, los tipos de pieza y movimientos, pero lo que cambia es el número de piezas que cada jugador tiene al comenzar. Un bando normal contra otro únicamente de peones, las negras mueven primero y solo ellas pueden hacer apertura de dos casillas. Similar al ajedrez horda.

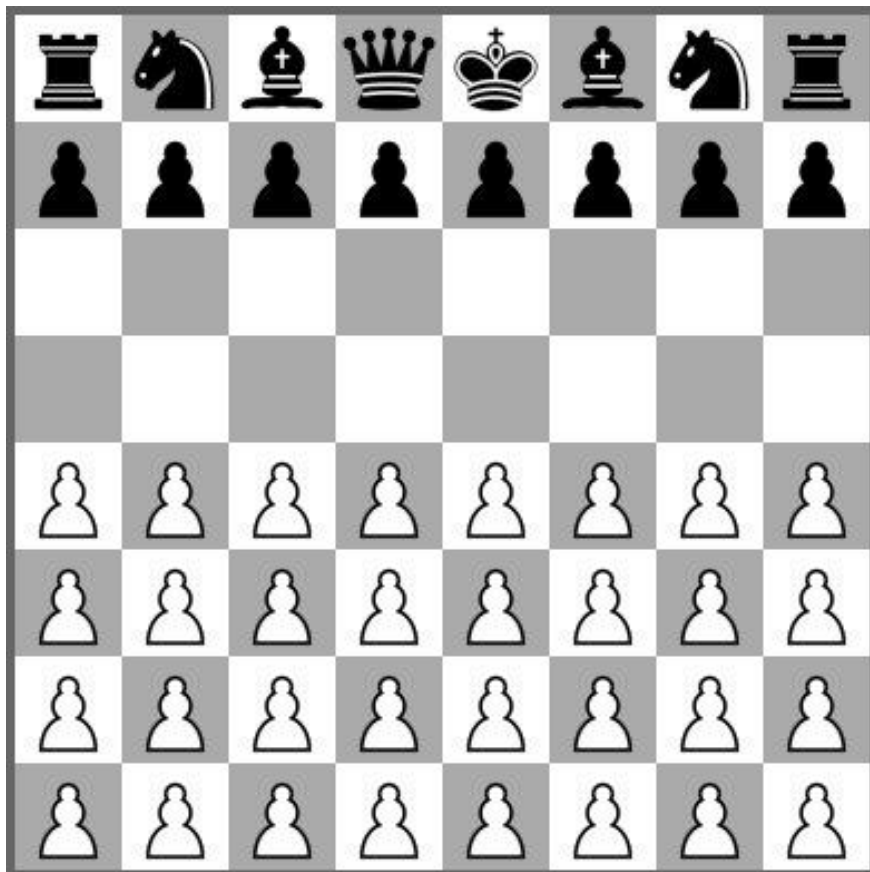


Fig 25. Colocación ajedrez Dunsany



### Jeson Mor

En esta variante se juega en un tablero 9x9 en el que hay 9 caballos blancos vs 9 caballos negros, con el movimiento tradicional de estos.

El primer jugador que logre ocupar la casilla central (e5) y luego abandonarla será el ganador. Similar a este encontramos el Troyis, es un puzzle en el que debemos pasar por todas diferentes casillas y estas van cambiando de color en un tiempo determinado.

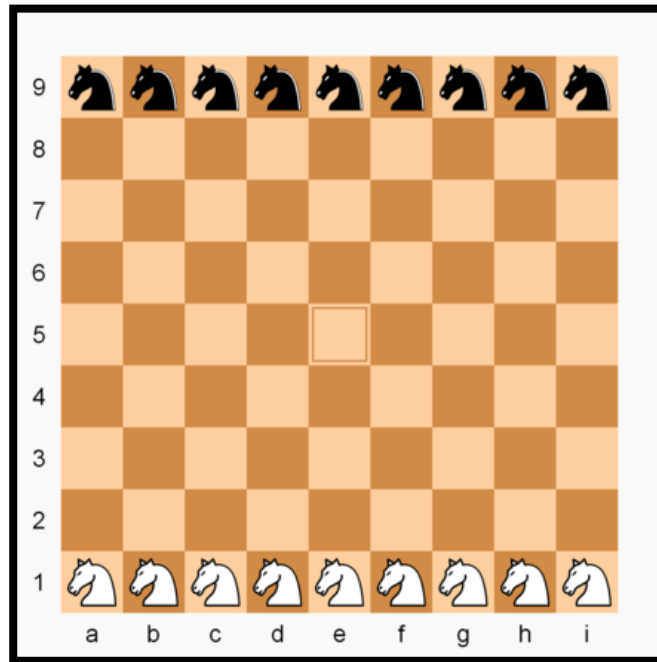


Fig 26. Variante de ajedrez Jeson Mor

### Pasa-piezas

En esta variante se juega con dos equipos de dos jugadores enfrentados uno a uno con colores opuestos respectivamente. Cuando un equipo captura una pieza del rival, se la pasa al compañero y puede colocarla donde quiera.



Fig 27. Disposición de juego pasa-piezas



## Multiajedrez

Es una variante que se suele jugar entre 3 o 4 personas, es jugado sobre un tablero estándar de 8x8, con 2 filas adicionales. Se necesitan fichas de colores diferentes para conseguir distinción.

Los jugadores se turnan en dirección de las agujas del reloj. Las reglas son las mismas que en el ajedrez tradicional, los peones coronan en la octava fila a la que avanzan. El desarrollo de las piezas es más importante que en el tradicional.

Se debe tener cuidado con tu rival izquierdo, ya que, si este te da jaque, los demás pueden aprovechar y capturarte una o dos piezas.

Por tanto, debes atacar al jugador de tu derecha, ya que te será más fácil.

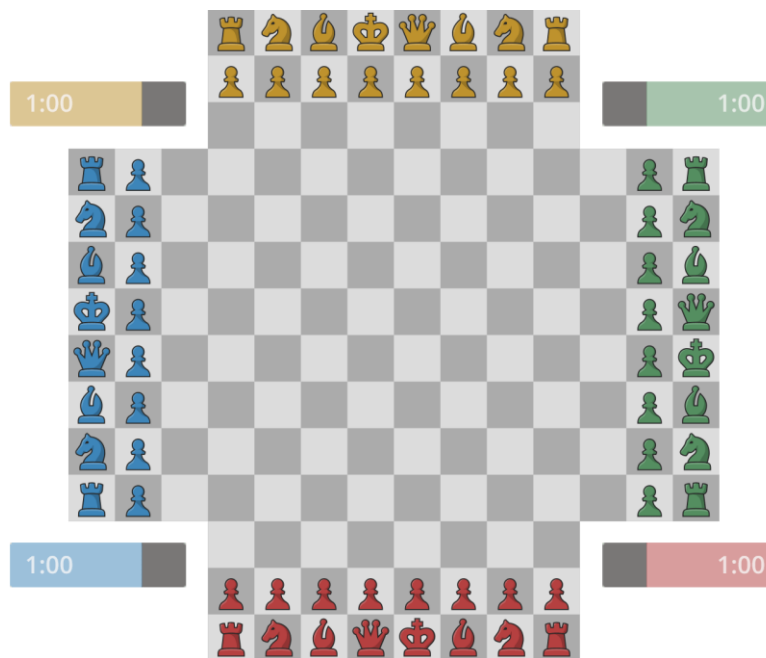


Fig 28. Ajedrez de diversos jugadores



## Ajedrez unidimensional

Del ajedrez lineal 1D hay diversas variantes, empezando por la de ocho casillas que ya propuso Martin Gardner en 1980 y otra en la que cada bando sólo tiene rey, caballo y torre. Torre y rey mueven como siempre y el caballo salta dos casillas. El tablero puede tener 8 o 9 casillas y es interesante ver quién gana o hace tablas.



Fig. 29. Ajedrez lineal

Ajedrez circular, que mantiene la unidimensionalidad, aunque en este caso el tablero equivale a una circunferencia de 20 casillas de colores alternos. Además del rey hay dos peones, dos caballos, dos alfiles y una torre por bando. El peón captura igual que mueve, una casilla, las torres mueven todas las casillas libres que quieran, el caballo en saltos de dos y los alfiles sólo por casillas alternas del mismo color hasta que encuentran otra pieza.

Aunque también existen variantes el ajedrez circular con más escaques disponibles para hacer la partida más divertida. Parece antiguo, pero existían referencias similares de la antigua Persia.

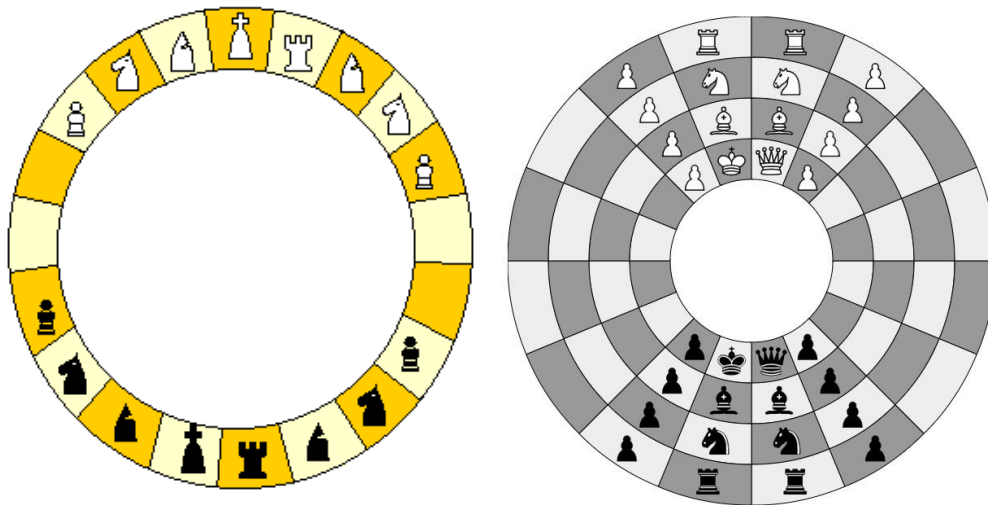


Fig 30. Ajedrez dimensional radial



## Ajedrez tridimensional

**Raumschach:** Es una de las versiones más antiguas tridimensionales, se basa en un tablero de 5 niveles 5x5 lo que genera un volumen de juego de 125 casillas.

Cada piso está marcado con una letra mayúscula, las filas y columnas se denotan de manera tradicional. Las blancas empiezan en el nivel A, mientras que las negras comienzan en el nivel E.

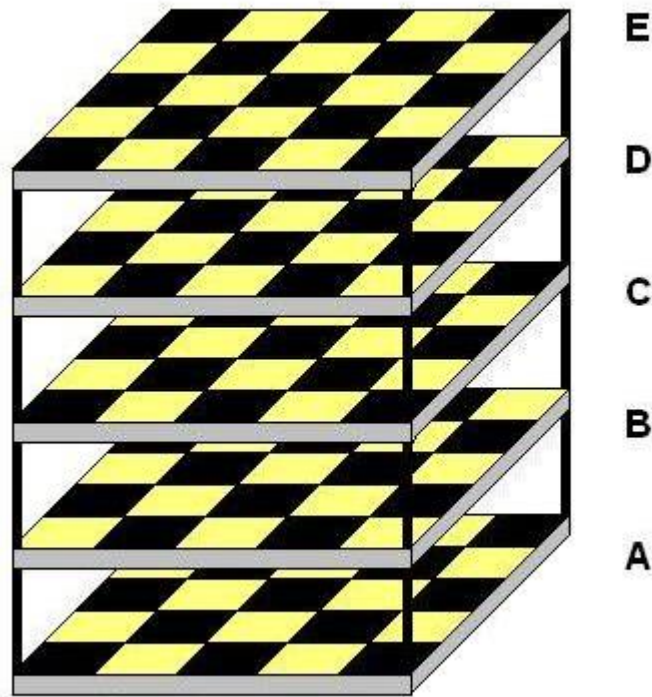


Fig 31. Ajedrez tridimensional Raumschach





Otras versiones como la aparecida en StarTrek es fragmentado en diversas plataformas, hay un total de 64 casillas, como en el ajedrez tradicional, pero se hayan distribuidas en tres plataforma de 4x4 y cuatro plataformas de 2x2.

Las plataformas no solo están separadas y a diferentes alturas, sino que se superponen. Las piezas, aunque se colocan de forma distinta, mantienen el movimiento y captura tradicional.

Las piezas pueden escoger al mover una casilla a que nivel se desplazan, el único requisito es que la casilla de destino este despejada. La estrechez del tablero restringe el recorrido de los alfiles con respecto al ajedrez normal, mientras que las torres y la dama aumentan su recorrido.

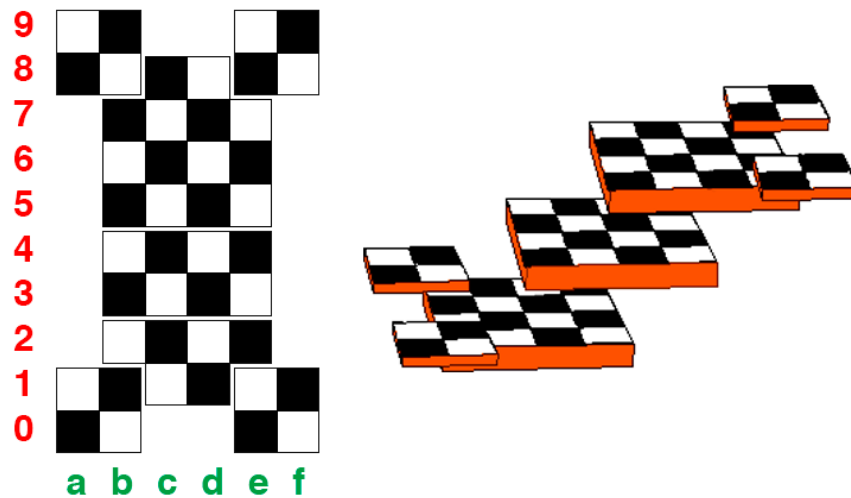


Fig 32. Ajedrez de StarTrek



## Cube Chess

Cube Chess creado por Robert Bell, es una variante del ajedrez con piezas magnéticas. Es un tablero giratorio en 3D donde el tablero ortodoxo adquiere la forma de un cubo. Esto crea un bucle infinito donde las piezas pueden moverse por todo el tablero en un solo movimiento. Las piezas son las mismas y se mueven igual que el ajedrez convencional. La cabeza de cada peón según el jugador tiene un color contrastante para distinguirlos de la otra mitad.

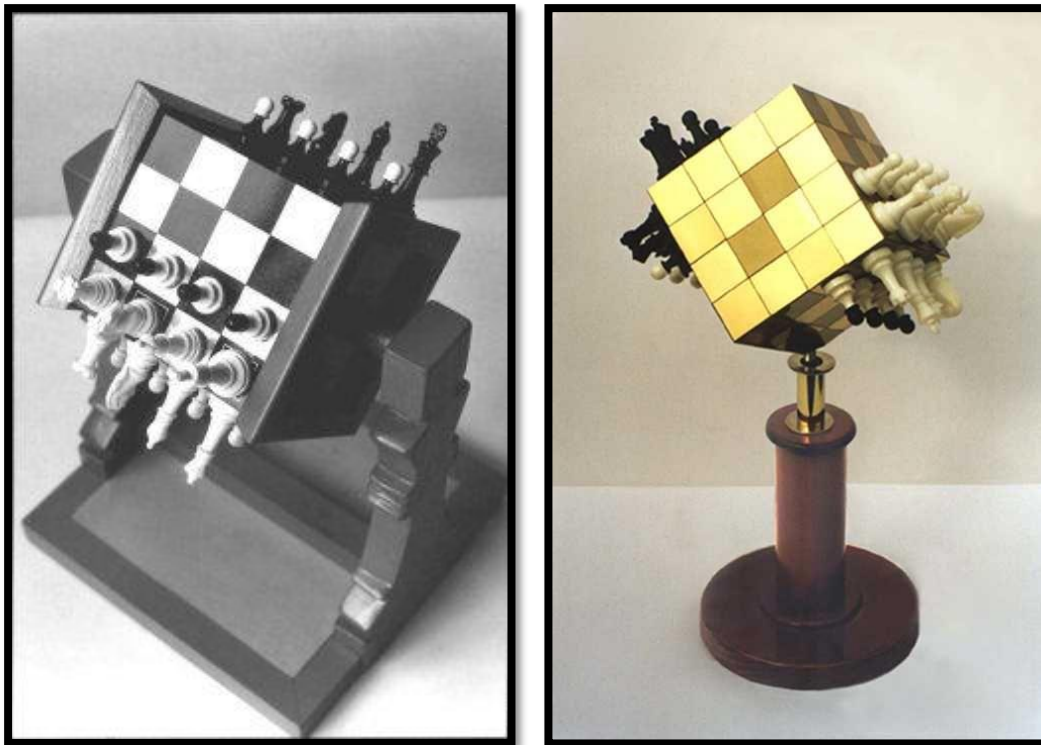


Fig 33. Ajedrez Robert Bell

En esta lista he plasmado las que me han parecido más interesantes, pero existen muchas más variantes, algunas incluso disparatadas, muchas de ellas son creadas por aficionados y fanáticos del ajedrez.



### 1.3.3 ESCULTURA

La escultura es el arte de modelar barro, tallar en piedra, madera u otros materiales. El escultor se expresa creando volúmenes y conformando espacios. En la historia ha tenido funciones funerarias, religiosas, mágicas y rituales, estas funcionalidades fueron cambiando con la evolución histórica. Los avances en la historia de la escultura llegaron con el trabajo del metal, primero en bronce y luego en hierro, que sirvió para fabricar herramientas más eficientes.

El arte tridimensional comienza con la escultura prehistórica, son las primeras obras conocidas de la edad de piedra, efigies primitivas que datan del 230.000 aC. Encontramos aportaciones de cada civilización antigua hasta el presente.

Tras la escultura egipcia, las principales edades de oro en la evolución escultórica ha sido **Antigüedad Clásica** (500-27 a. C.); **La Era Gótica** (1150-1300 aprox.); **El Renacimiento Italiano** (1400-1600 aprox.); y **La Escultura Barroca** (1600-1700).

#### ESCUPTURA PREHISTORICA

Las primeras manifestaciones escultóricas se remontan al Paleolítico, cuando el hombre cortaba sílex percutiendo piedras. Creaban tallas, figuras humanas de piedra con exaltación de la fertilidad como las venus. También tallaban animales en marfil.



Fig 34. Venus de willendorf (27.000aC)



Fig 35. León de Hohlenstein-Stadel (38.000aC)

En el arte neolítico (4000-2000 aC), se trató la arcilla, la cerámica, fue un material habitual, tuvo importancia en piezas escultóricas y relieves procedentes de Egipto, China e India. En esta época, el arte asumió el papel de reflejar las aspiraciones de los gobernantes.



## ANTIGÜEDAD CLASICA

La escultura arcaica (600-400 aC), fue principalmente religiosa, los templos se decoraban con imágenes de sus dioses, hazañas y batallas. Los kouroi, retratos de personas concretas. Sus características eran frontalidad, simetría y hieratismo. Una anatomía muy simplificada. Fue el origen de la escultura griega. En esta época comenzaron las figuras por fundición de bronce a tamaño natural, destaca el Auriga de Delfos, aunque son pocas las que se conservan completamente. El canon de belleza se estableció en 9 cabezas.

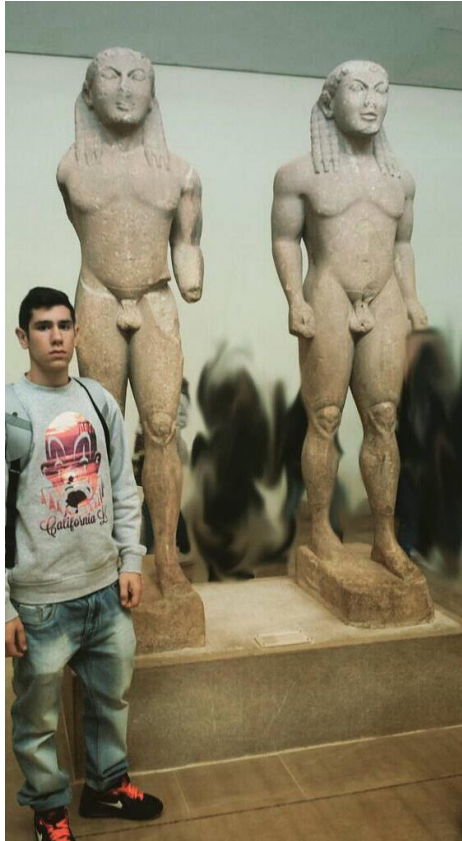


Fig 36. Cleobis y Biton

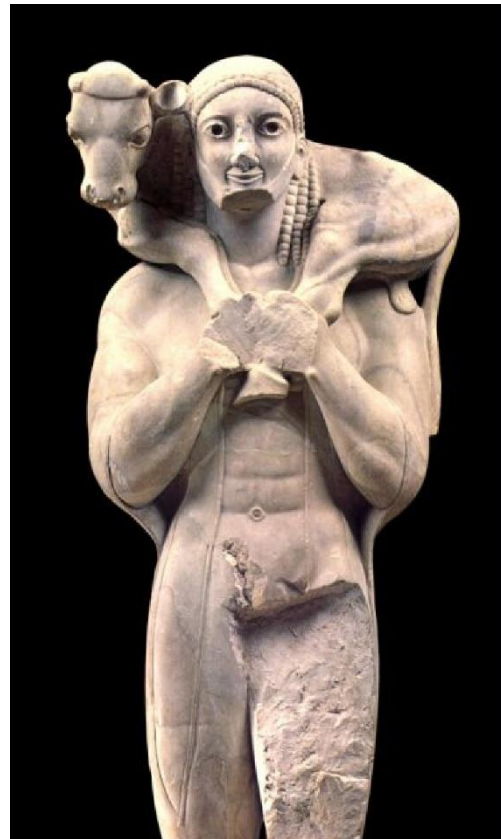


Fig 37. El moscóforo





Escultura griega clásica (400- 200 aC), famosos escultores como Polykleitos y Fidias, lograron un nivel de realismo por encima de artistas posteriores. Llego así el periodo helenístico, el mayor heroísmo y expresionismo, fiel representación de la realidad.

Trabajaban principalmente el mármol pentélico. Idealizaron el canon de belleza en 7 cabezas y media.



Fig 38. Laconte y sus hijos



Fig 39. Venus de Milo

Al otro lado el globo, (250 aC) la dinastía Qin en China, mando esculpir el ejército de terracota, más de 8000 guerreros y caballos forman parte de la escultura de arcilla más grande del mundo.



Fig 40. Ejército de terracota.





Escultura romana, esta no era unidimensional ni realista, fue creada para expresar la majestuosidad y el dominio del imperio romano, era propaganda política, para mejorarla, intentaron copiar las obras griegas en la medida de lo posible. Por ello destacan sus bustos de emperadores y otros dignatarios del alto imperio. Trabajaban en mármol, terracota y bronce.



Fig 41. Augusto de Prima Porta



Fig 42. Escultura ecuestre de Marco Aurelio

El periodo del 300 aC al 1450 dC fue un poco sombría, las ciudades eran empobrecidas e incultas además de ser saqueadas por los barbaros.

La escultura resurgió ligada a la arquitectura. Tras las conquistas cristianas con las Cruzadas, se ordenaron construir nuevas iglesias que serían decoradas por escultores con profetas, apóstoles, antiguos reyes y figuras de la biblia. Surgió así el **la escultura gótica** (1150-1300).



## EL RENACIMIENTO ITALIANO

Escultura renacentista italiana (1400-1600) partió de la gótica, con inspiración clásica, romana y griega. Destacan autores como Donatello, quien reinvento la escultura, dotándola de un intenso realismo y emoción. Reflejaban las formas idealizadas.

Miguel Ángel, el escultor más grande del renacimiento y posiblemente de todos los tiempos. Dominio técnico absoluto en la talla del mármol.



Fig 43. David de Donatello



Fig 44. Piedad de M. Ángel



Fig 45. Detalle David de M. Ángel



Tras esta, llega la escultura manierista (1500-1600), que introdujo una nueva expresividad en las obras. Representaba el caos y la incertidumbre de una Europa saqueada. Autores destacados como Giambologna y Cellini. En España fue introducido por Alonso Berruguete.



Fig 46. El rapto de Sabina



Fig 47. Perseo con cabeza de medusa

**Escultura barroca** (1600-1700), destaca el genio arquitecto Bernini. Fue el más grande de todos los escultores barrocos.

Escultura rococó (1700-1800) reacción francesa contra la seriedad del barroco.

Escultura moderna y contemporánea, en el S.XX, surgieron las vanguardias y artísticamente intento romperse con todo lo tradicional y llegó así la escultura abstracta.





## ESCULTURA DIGITAL

Actualmente no se necesita trabajar con materiales como los mencionados anteriormente, piedra, arcilla o metal, también se puede hacer con un ordenador. Es el caso de la escultura digital, que es una revolución del modelado 3D tradicional.

Esculpir digitalmente consiste en la manipulación de mallas virtuales de alto poligonaje mediante herramientas digitales las cuales mueven, empujan, suavizan agregan o quitan polígonos para ir generando el objeto entre otras múltiples opciones.

Debido a los altos poligonajes de estas figuras 3D conseguidas mediante esta técnica, no es posible usarlas en videojuegos o cine inmediatamente, por ello deben pasar por un proceso de adecuación llamado retopología, esto reduce considerablemente la cantidad de polígonos.

Infinidad de películas famosas han trabajado con estos softwares. Tanto animaciones de dibujos animados como Toy Story, Monstruos S.A... Como películas más realistas, son el caso de Piratas del Caribe, Alien Covenant, El señor de los anillos, Avatar, etc.

Se ha utilizado esta herramienta en mi proyecto porque fue muy útil e interesante para el modelado orgánico de los caballos, tanto para las piezas, como la escultura principal.

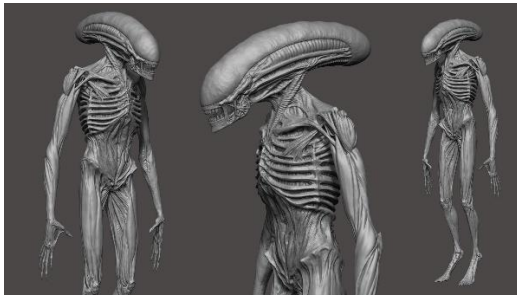


Fig 47. Modelo 3D Alien



Fig 48. Azog el profanador. LOR



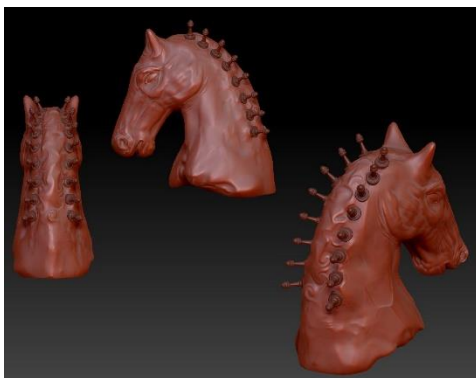
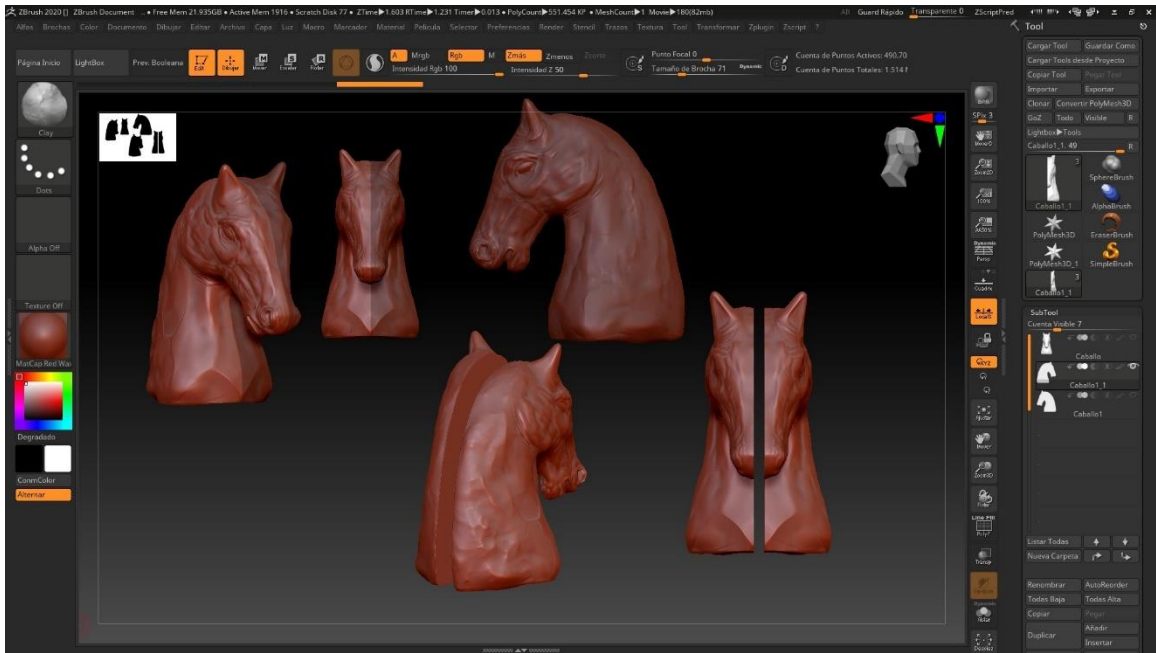
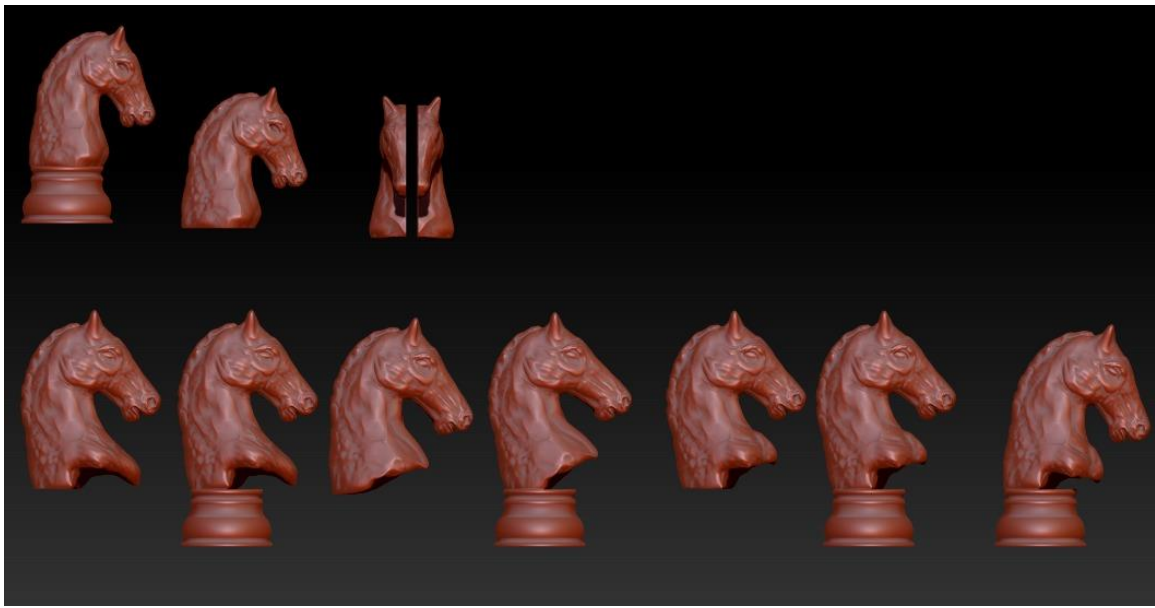
Fig 49. Avatar



Fig 50. David Jones.



Modelados mediante escultura digital:







## 1.4. ESTUDIO DE MERCADO

En el estudio de mercado se analizan tanto sets completos de ajedrez convencionales como diseños conceptuales, también se estudiarán piezas independientes.

Comprobado así los diversos estilos, diseños y materiales empleados en su fabricación.

Como objetivos secundario:

Recaudar información sobre las necesidades y preferencias mostradas por los jugadores de ajedrez.

Intentar cubrir carencias encontradas en lo diseñado actualmente.

Definir las características más valoradas por los usuarios.

Comparar los precios de la competencia.

Ser conscientes de las desventajas y limitaciones del producto.

### AJEDREZ CONVENCIONALES

- **Ajedrez de regulación de calidad**



Número de piezas: 32.

Material: Plástico sólido Quality Club.

Tablero: Vinilo enrollable, base de fieltro real.

Medidas del tablero: 20 "x 20" con cuadrados de 2 1/4" regulado para torneos standard.

Tamaño del rey: 3 3/4 "de alto, 1 3/8" de base.

Precio: 15,95€



- **Emisario Club, set de ajedrez**



Número de piezas: 32 + 2 reinas extra.

Material: Plástico sólido sin reflejos. Disponible en 2 colores. Bajo centro de gravedad.

Tablero: Vinilo enrollable triple capa, fieltro verde.

Medidas del tablero: 20 "x 20" con cuadrados de 2 1/4" regulado para torneos standard.

Tamaño del rey: 3 3/4 "de alto, 3lb (49oz).

2 mochilas de cordón.

Precio: 26,95€

- **Ajedrez de vidrio grabado**



Número de piezas: 32.

Material: Vidrio esmerilado y transparente.

Tablero: Tablero de vidrio.

Medidas del tablero: 14"x 14"

Tamaño del rey: 3"de alto.

Precio: 37,95€



- **Ajedrez de silicona rosa y morado**



Número de piezas: 32 + funda de transporte.

Material: Silicona fabricada en EEUU. Disponible en varios colores.

Tablero: Vinilo enrollable 9,8oz, espesor 1/16"

Medidas del tablero: 20 "x 20" con cuadrados de 2 1/4" regulado para torneos standard.

Tamaño del rey: 3 1/2" de alto, 8oz.

Precio: 43,95€

- **Juego de ajedrez magnético de viaje 12 "**



Número de piezas: 32 + funda de lona.

Material: Madera de boj hechas a mano en India.

Tablero: Madera de boj + lamina magnética, base de fieltro de billar verde.

Medidas del tablero: 300x300x13 (12"x12") con cuadrados de 30mm

Tamaño del rey: 57mm (2 1/4") de alto, 3oz.

Precio: 58,95€





- **Ajedrez con incrustaciones 20"**



Número de piezas: 32.

Material: Madera de carpe y cerezo, hecha a mano en Europa.

Tablero: Madera de haya y abedul. Tablero plegable.

Medidas del tablero: 20"x 20" con cuadrados de 2,1"

Tamaño del rey: 4,7"de alto, 1,56" de base.

Precio: 125,95€

- **Ajedrez de campeonato + Almacenamiento**



Número de piezas: 32 + 2 reinas extra + caja de almacenamiento de nogal (piezas de 3,75")

Material: Madera de boj ebonizada, hecha a mano en la India.

Tablero: Madera con acabado en caoba y abedul. Hecho en Polonia.

Medidas del tablero: 19 "x 19" con cuadrados de 2" regulado para torneos.

Tamaño del rey: 3 3/4 "de alto, 1 1/2" de base.

Precio: 149,95€



- **Juego de ajedrez de mármol 16" EuroDesign**



Número de piezas: 32.

Material: Mármol negro y marina, acabado pulido.

Tablero: Madera de mármol, vetas y remolinos naturales únicos en cada conjunto.

Medidas del tablero: 16 "x 16" con cuadrados de 1 5/8"

Tamaño del rey: 3 3/8 "de alto, 2,6oz.

Precio: 175,95€

- **Millenium ajedrez computacional**



Interfaz multilingue, diferentes modos de juego, mate en x, ilimitados niveles de dificultad.

Número de piezas: 32.

Material: Piezas metálicas en cromo blanco y negro

Tablero: Tablero sensor con puntos de presión

Medidas del tablero: 20x20cm

Tamaño del rey: 1 7/8 "de alto

Precio: 208,95€





- **Ajedrez de madera y metal Black&White**



Número de piezas: 32.

Material: Madera y metal, no especifica. Fabricado en Florencia, Italia

Tablero: Lacado, los fabricantes Italfama solo trabajan con maderas de alta calidad palisandro, arce, caoba y nogal.

Medidas del tablero: Tamaño del tablero 15 3/4" con cuadrados de 1 3/8"

Tamaño del rey: 3" de alto

Precio: 334,95€

- **Ajedrez Heirloom Burnt Finish Grandmaster**



Número de piezas: 32 + 2 reinas extra.

Material: Madera maciza de arce y nogal, fabricadas en USA

Tablero: El tablero de ajedrez está hecho a mano en Pensilvania en maderas de nogal y arce

Medidas del tablero: Tamaño del tablero 21" con cuadrados de 2"

Tamaño del rey: 4" de alto

Precio: 392,95€



- **Ajedrez de alabastro Inlaid Blue&White**



Número de piezas: 32.

Material: Alabastro.

Tablero: Madera con incrustaciones, fabricado en Italia.

Medidas del tablero: Tablero de 13.5 "x13.5" y 2 "de grosor, cuadrados de 1,5"

Tamaño del rey: 3"de alto.

Precio: 414,95€

- **Ajedrez gigante Rolly Toys**



Número de piezas: 32.

Material: Plástico, fabricado en Alemania.

Tablero: No incluye. Hay versiones con tablero PVC-Tapete plástico/nailon

Medidas del tablero: No incluye, se recomienda cuadro de 12"-18"

Tamaño del rey: 25"de alto.

Precio: 501,95€



- **Stauton Ebony chess**



Número de piezas: 32.

Material: Madera de ébano y kiri - triple ponderación

Tablero: Estilo Staunton tradicional elaborado en ébano

Medidas del tablero: Tablero de 21", cuadrados de 2 1/4"

Tamaño del rey: 4" de alto.

Precio: 551,95€

- **Ajedrez set Bahaus**



Artista: Josef Hartwig, diseñadas en 1923

Número de piezas: 32 + caja de almacenamiento

Material: Madera arce

Tablero: Madera de arce

Medidas del tablero: No específica, cuadrados de 1"

Tamaño del rey: 2" de alto.

Precio: 560,95





- **May Ray chess set**



Artista: Man Ray, diseñadas en 1920. Dadaísta. Recreado por artesanos italianos y alemanes. La pieza del caballero se obtiene exclusivamente de un fabricante de violines italiano.

Número de piezas: 32.

Material: Madera de haya

Tablero: Madera de haya chapada

Medidas del tablero: Tablero de 17"x 17" x 3/4" con cuadrados de 2 1/8"

Tamaño del rey: 3,25" de alto.

Precio: 565,95€



### 1.4.1 ESTUDIO DE MERCADO DE PIEZAS

El estándar Staunton, determina las piezas en función de la altura del rey, teniendo esta, es una escala para obtener el resto de las medidas para las demás piezas.

Este modelo llegó por la necesidad de estandarizar un diseño concreto para los competiciones y torneos, que fuesen fácilmente reconocibles universalmente ya que había jugadores de todos los orígenes, llevan el nombre de Howard Staunton, un maestro ajedrecista.

Antiguamente el ajedrez era para gente muy adinerada, por ello sus figuras eran muy bonitas y recargadas, pero no muy prácticas. Las características ornamentales eran más susceptibles de daño por caída, por lo que fueron eliminadas resultando un juego más duradero y menos costoso de producir. El diámetro de las bases fue ensanchado para aumentar la estabilidad y fueron plomadas para minimizar el vuelco.



Fig 51. Piezas de ajedrez Staunton.

Existen muchas variaciones incluso del patrón estándar.



Fig 52. Variaciones del caballo en ajedrez Staunton.





Podemos encontrar variaciones del estándar Staunton que tienen sutiles diferencias entre ellos, entre los más destacados son el americano, alemán, español y francés.

- **Staunton americano:** Tienen un diseño algo más recargado, el detalle de una bola sobre la cruz del rey, una dama esbelta, el alfil se diferencia sin problema del peón, problema común en otros modelos. Son piezas plomadas, muy pesadas que no serán derribadas fácilmente. La torre americana consta de 6 almenas.



Fig 53. Staunton americano

- **Staunton alemán:** Tienen un tinte más claro, el caballo tiene formas más redondeadas, no tiene una cara tan detallada como el americano. El rey y reina son piezas más toscas. Peones más bajos y gorditos que los americanos. La torre consta de 4 almenas, menos ornamentado en general.



Fig 54. Staunton alemán.



- **Staunton español:** Son piezas barnizadas, tienen un acabado brillante. Normalmente no están plomadas, es fácil que las piezas puedan ser volcadas. Contraste entre pizas muy notable. Piezas esbeltas. Caballo con rasgos muy facetados. Torre con 4 almenas como el modelo alemán.



Fig 55. Staunton español.

Un modelo por destacar también fue el modelo Yugoslavo “Dubrovnik”, variante de los modelos soviéticos, es más conocido por ser el favorito de Bobby Fisher. Destaca su rey y el alfil, ya que el rey no tiene corona por rechazo al zarismo. Los alfiles, mantienen una bola del color contrario. Piezas con base ancha y extra plomadas. Torre con 5 almenas.



Fig 56. Modelo Dubrovnik



Continuando con el estudio de piezas, recopilare piezas que me han parecido interesantes o fuera de lo normal.

Napoleón Budrosewood 6". 383,95€



Fig 57. Set ajedrez Napoleónico

Adaptación de los juegos de Zagreb en la década de los 50-60. Talladas a mano, con medidas de competición. Altura del rey 3.87". 245€ - (299\$)



Fig 58. Modelo Zagreb 59



Alexander Padauk, 4'' altura de rey. 557,95€



Fig 59. Set con maletín Alexander Padauk

Empire series. Diseñado por Frank A. Camaratta, con una altura de rey de 4,4' fabricado en ébano y blood rosewood. Estilo Art-Deco de la década de los años 20. 815€ - (995\$)



Fig 60. Sert Empire Prestige series



The greek ebony serie, con un diseño trabajado a modo de sombreros, el caballo no tiene una forma animal, sino del caballero que maneja las riendas, quizá algo confundible con un alfil. 1013€ - (872,99£)



Fig 61. Greek series

Bristol series. Cuenta con unas figuras muy torneadas, llamativas. 4,5' de altura de rey. Diseñadas por Frank A. Camaratta. Inspiradas en el diseño Pre-Staunton de la época 1920. 569€ - (695,95\$)



Fig 62. Bristol series timeless





Artisan Series. Una modificación del Staunton tradicional, las piezas están ponderadas cuidadosamente reflejando su valor relativo sobre el tablero de ajedrez, biselados sobre las bases. Gran detalle minucioso sobre el caballo. Torre con 6 almenas como el Staunton tradicional.



Fig 63. Artisan series

En la historia del ajedrez, la mayoría de piezas han sido fabricadas en madera, ya que es un material noble y que se trabaja bien. Además transmite esa calidez del juego y es estéticamente agradable. Como contra, es caro y se puede astillar fácilmente. Por ello se introdujo el plástico, piezas con bastante dureza para clubs o partidas con niños, ya que para el día a día no muestran tanto desgaste y son mucho más baratas para reemplazar.

Con el paso del tiempo, el metal comenzó a introducirse en piezas, creando un mix entre dureza y resistencia con un acabado más elegante y premium que el plástico. Además del peso específico del propio material que suele ser más denso que la madera y el plástico.



A continuación muestro diferentes sets de piezas en metal y derivados:

Metropolis serie. Hechas de latón macizo, las oscuras bañadas en níquel. Personalidad moderna y minimalista. 389€ - (335,99€)



Fig 64. Metal metrópolis serie

Brass Art-Deco, Simples y elegantes inspiradas en los años 20. Acabado de bronce y peltre, una aleación de estaño, cobre y plomo es maleable y blando, tiene cierta similitud con la plata. 207,95€



Fig 65. Art Deco de bronce



Estas piezas, con 2 tipos de materiales, las encuentro muy interesantes, encontrando la relación y fusión de estos. Wood and metal men. Recuerdan a un estilo premium a pesar de tener fustes pintados, usando una madera de no tanta calidad como pueden ser piezas de ébano, usan una remates recargados. 247,95€



Fig 66. Metal and Wood men gama baja

Italian Wood and metal. Continuando con el mismo estilo, pero mejores acabados y materiales. Utilizan metal con baño de plata y madera de arce para las blancas, las negras se componen de latón con nogal. 557,95€



Fig 67. Piezas con diferentes materiales, gama media





Un paso más allá, usando las mismas maderas, arce y nogal las partes metálicas, están bañadas en oro y plata de 24k. Incrementado la calidad se ve afectado el precio. 728,95€.



Fig 68. Metal and Wood series men, gama media alta

Llegando al tope de gama en este estilo, encontramos latón macizo de 24k, chapadas en oro y plata. Además de un acabado marmolado sobre el fuste.

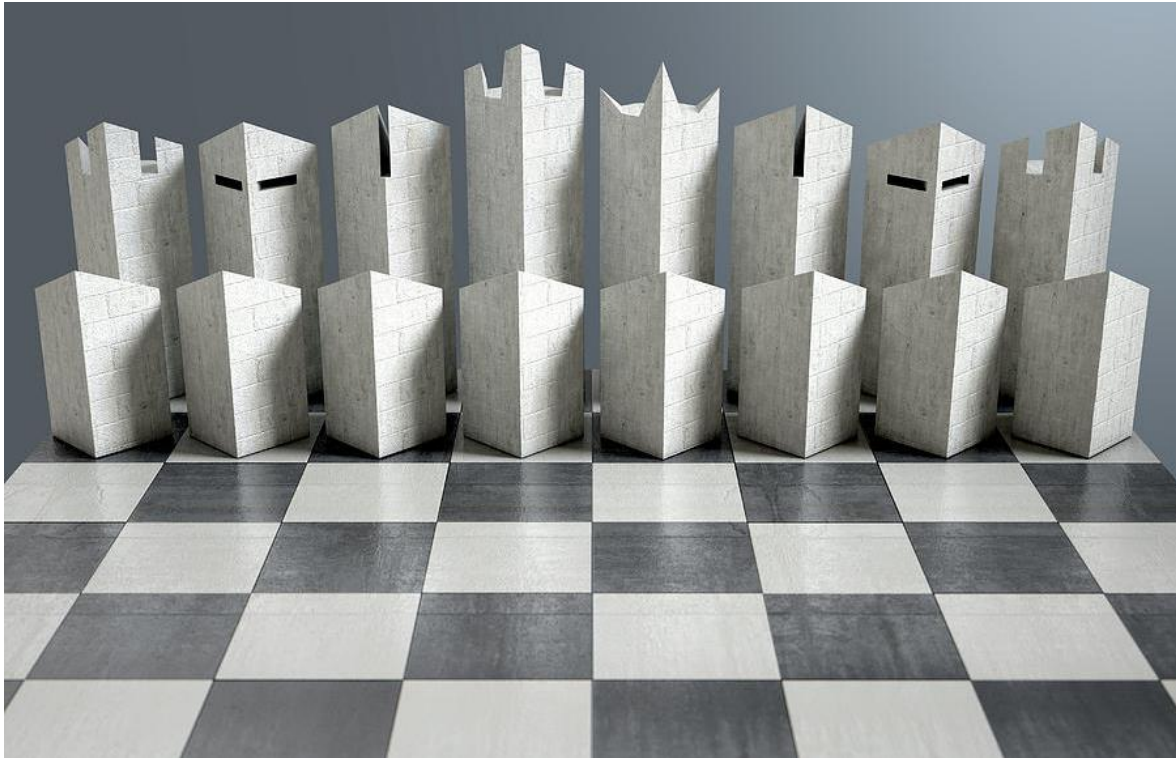


Fig 69. Metal and Wood men, gama alta



### 1.4.2 AJEDREZ DE DISEÑO ALTERNATIVO

Allan Swart.



Daniel Skoták.



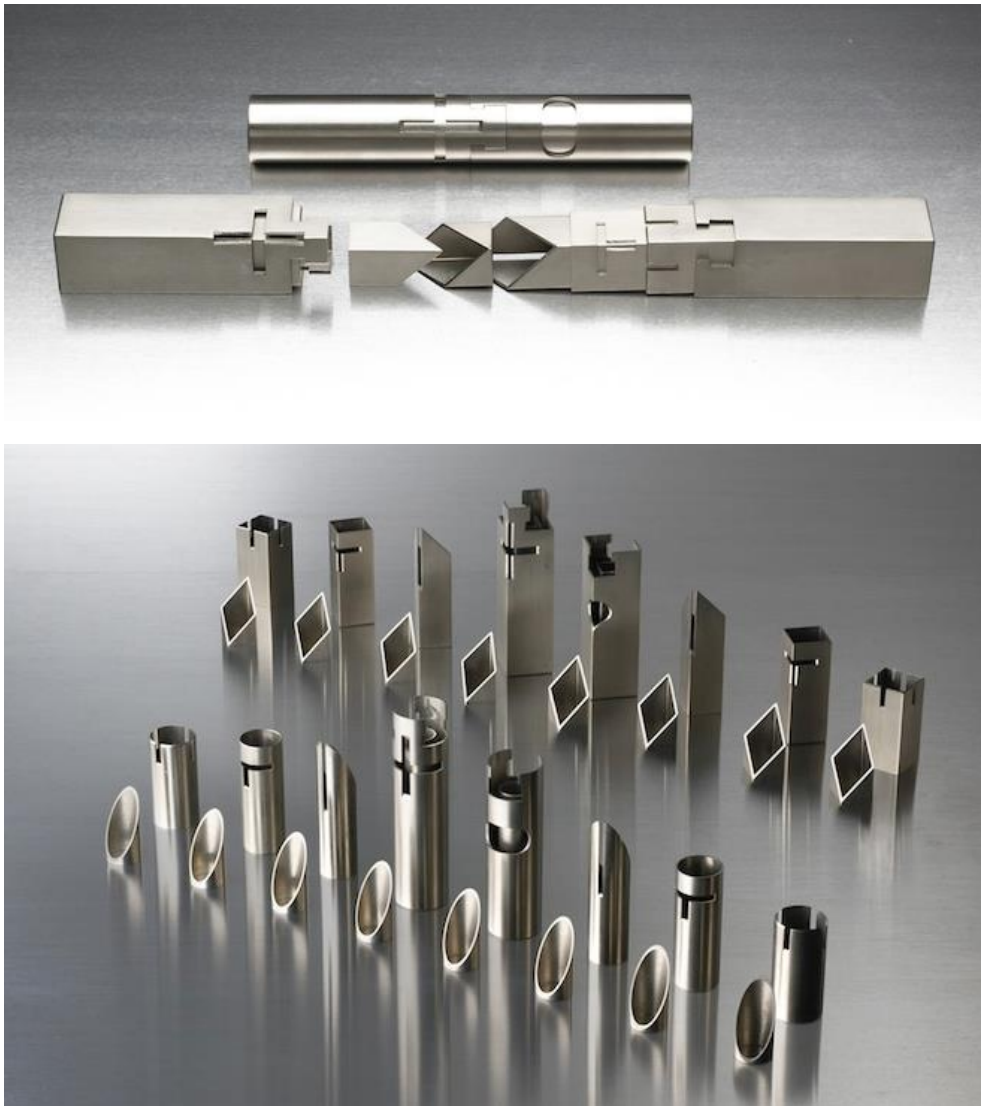




Austin Industries chess set.

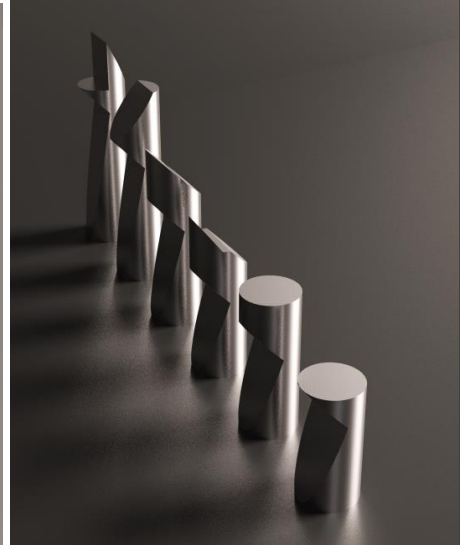
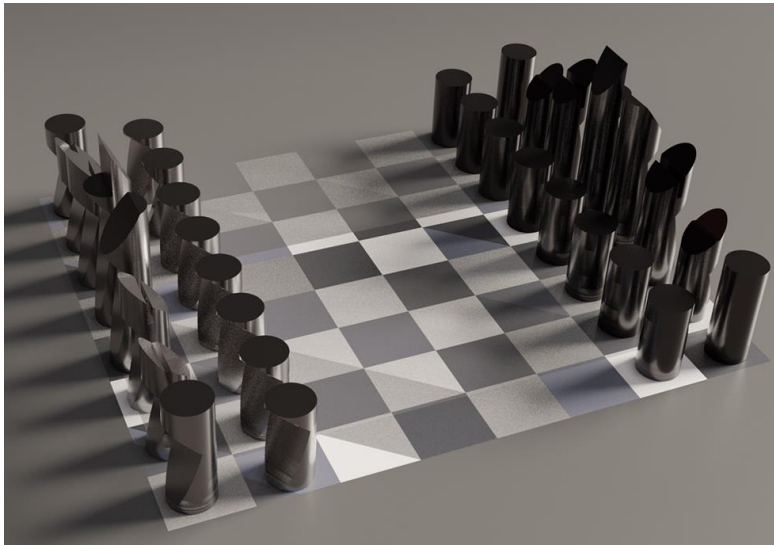


Moma Collection.





Adria Benaiges

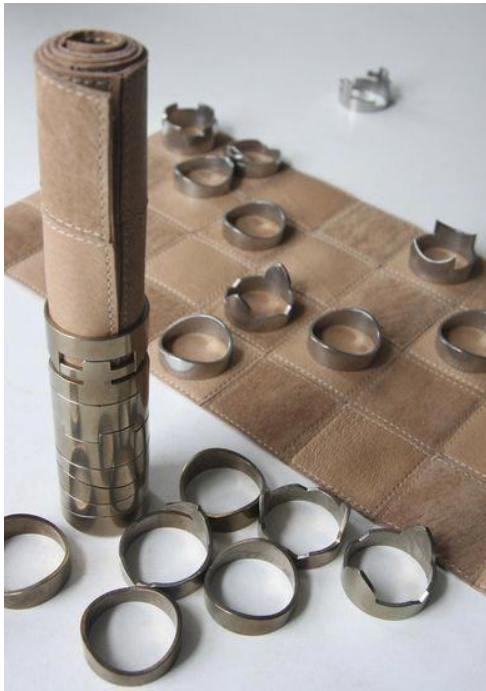


Crowness Chess





## Raw Studio



## Hinz and Kunst







Ode World CC .9 calibre.



Luft Chess



3DPrint EYF Design







Podemos encontrar infinidad de ajedreces sobre tematicas esteticas según nuestro gusto o afición, he encontrado incluso ajedreces para personas invidentes a pesar de ser un juego muy visual, alguno diseños mas innovadores hasta el punto de simplificar al maximo la representacion de la pieza, como otros mas conservadores y clasicos.



Battle Chess Sets



Civil War Chess Sets



Egyptian Themed Chess Sets



Medieval Chess Sets



Metal And Pewter Chess Sets



Roman Themed Chess Sets



Animal Chess Sets



Dragon Chess Sets



Military Chess Sets



European Themed Chess Sets



Historical Themed Chess Sets



Fantasy Chess Sets



Golf Themed Chess Sets



Sports Themed Chess Sets



Studio Anne Carlton Chess Sets



Isle Of Lewis Chess Sets

Concluido este punto, se creo una encuesta de cara al diseño desarrollado en este proyecto.



## 2 NORMAS Y REFERENCIAS

### 2.1 DEFINICION Y ABREVIATURAS

Ahogado: Posición donde el rey no puede realizar una jugada legal sin entrar en jaque por la amenaza de otra pieza contraria sin ser mate.

Alfil bueno: Alfil con buena movilidad, no está interrumpida su diagonal.

Alfil malo: Alfil que se encuentra restringido normalmente por sus propios peones.

Alúmina: Oxido de aluminio

Apertura: Primera fase de la partida donde se realizan los primeros movimientos y ponen a salvo a su rey.

Blitz: Partida donde el jugador tiene 3-5 minutos para todas sus jugadas.

Cafetero: Persona que juega agresiva y con riesgo, poca precisión.

Caissa: Reina o dama en ajedrez.

Captura al paso: Cuando un peón oponente avanza 2 casillas de salida y nuestro peón se encuentra en quinta fila, podemos capturarlo al paso.

Electrolisis ígnea: Técnica de extracción de metales, separa los elementos por electricidad.

Elo: Sistema para medir la fuerza de los jugadores inventado por Arpad Elo,

Enroque: Movimiento especial donde el rey y la torre se mueven a la vez.

Escaque: Cuadrado individual de los 64 que forma el tablero.

Gambito: Coloquialmente trampa, se sacrifica un peón o incluso una pieza de mayor peso, para desarrollar piezas más rápido o adquirir ventaja táctica.

GM: Abreviatura de gran maestro, se necesita 2500 de elo para llegar a ello.

Jaque: Jugada en la que se amenaza el rey enemigo.

Jaque doble/Tenedor: Jugada en la que se amenaza al rey y otra pieza.

MI: Mastro internacinal, son jugadores fuertes por debajo del nivel de gran maestro, pero por encima de nivel de maestro FIDE. Peón retrasado: peón potencialmente débil ya que ningún otro puede protegerle.

Peón doblado: Peón que se encuentra delante de otro peón.

Pieza tocada: Pieza que en partidas oficiales si es tocada con la mano debe ser movida.

Proceso Bayer: Método industrial para producir alúmina a partir de bauxita por medio de disoluciones.



Regla de las 50 jugadas: Cuando se realizan 50 jugadas sin capturas ni movimientos de peón cualquier jugador puede reclamar tablas.

Talar madera: Termino coloquial de continuo intercambio de piezas.

## 2.2 NORMATIVA

Norma **UNE-EN12890**, Modelos, herramientas y caja de machos para la producción de moldes.

Norma **UNE-EN 388:2016** se aplica a aquellos guantes de protección destinados a proteger de los riesgos mecánicos y físicos ocasionados por abrasión, corte por cuchilla, perforación y desgarro.

Norma **UNE 18-108-81** para calcular el par de apriete de los tornillos.

Norma **ROHS, UNE 50581**, sustancias peligrosas para el medio ambiente, en el diseño de un producto no puede llevar más de 1% en peso en sustancias catalogadas como peligrosas.

Normativa **MIL-STD 14541** Anodizados

Normativa **MIL-A-8625F** Especificaciones para seis tipos y dos clases de recubrimientos anódicos electrolíticamente en aluminio.

Normativa **MIL-DTL-5541F**, Especificaciones de películas de conversión química.

Normativa **UNE 38019** Vocabulario sobre anodizado.

Normativa **UNE-EN 12890** Fundicion.

Normativa **UNE-EN ISO/ASTM 52911**, fabricación aditiva sobre lecho de polvo, beneficios, limitaciones y terminología.

Norma **UNE 38201** Aleaciones de aluminio para moldeo, equivalencias oficiales.

Norma **UNE 38242** Aleación de aluminio para moldeo L-2653



## 2.3 ANTROPOMETRIA Y ERGONOMIA

Al ser un producto que la interacción producto-humano se realiza completamente con las manos, se tienen en cuenta las medidas antropométricas de ellas.

La mano, es una prolongación del antebrazo y forma parte de las extremidades superiores. Se extiende desde la muñeca hasta la punta de los dedos, su complejidad estructural permite abarcar acciones de una gran fuerza a otras que requieren gran delicadeza.

También ejecuta acciones sensitivas ya que esta inervada por tres nervios periféricos, por las que somos capaces de obtener información a través del tacto. Por tanto, tiene la capacidad de acción e información.

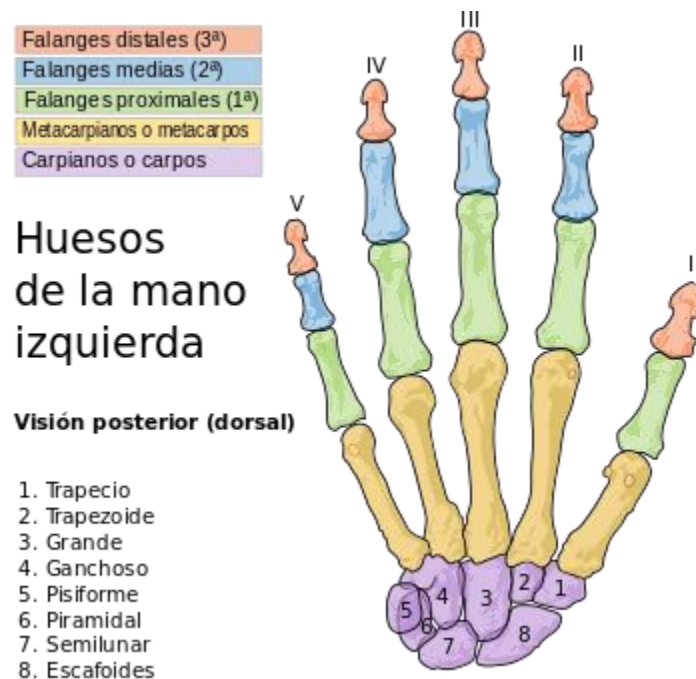


Fig 70. Huesos de la mano

Podemos encontrar:

- 8 huesos carpianos
- 5 huesos largos a nivel palmar, metacarpos
- 9 huesos medios, que forman los dedos, divididos en proximales y medios, falange y falangina respectivamente.
- 5 falangetas, forman las yemas de los dedos, falange distal.

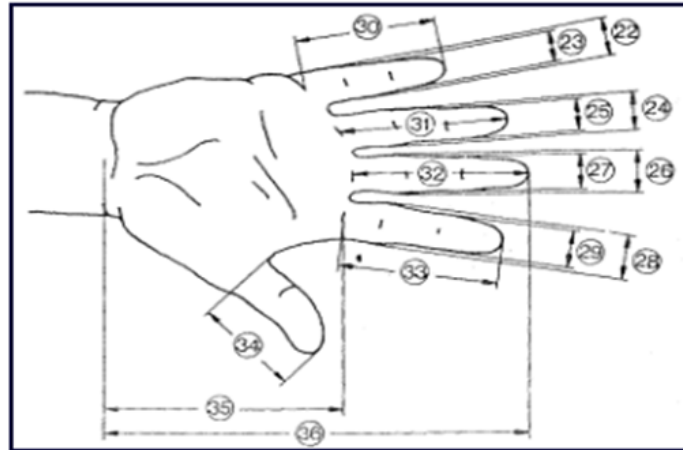
El primer metacarpiano, que forma parte del pulgar, está dotado de gran variedad de movimientos palmares, el más importante en nuestro caso es la pinza. La pluralidad de gestos que es capaz de hacer la mano se logra gracias a la colaboración de los músculos del antebrazo y la propia mano.





Las función más importantes en referencia al proyecto, sería la función pensil, que permite agarrar un objeto y sostenerlo, se dividen en agarres de fuerza o de precisión. El tablero se necesitará asir y manipular para su colocación antes de jugar.

Sin embargo, las piezas, tendrán un agarre de mayor precisión transversal, ya que son piezas más pequeñas. Normalmente las piezas son manipuladas por los dedos índice, corazón y pulgar. Se ha tenido en cuenta el percentil 50 a la hora de dimensionar las piezas.



Dimensiones En cm.	PERCENTIL						
	Hombres			Mujeres			
	5 %	50 %	95 %	5 %	50 %	95 %	
22	Ancho del meñique en la palma de la mano	1,8	1,7	1,8	1,2	1,5	1,7
23	Ancho del meñique próximo de la yema	1,4	1,5	1,7	1,1	1,3	1,5
24	Ancho del dedo anular en la palma de la mano	1,8	2,0	2,1	1,5	1,6	1,8
25	Ancho del dedeo anular próximo a la yema	1,5	1,7	1,9	1,3	1,4	1,6
26	Ancho del dedo mayor en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
27	Ancho del dedo mayor próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,4	1,5	1,7
28	Ancho del dedo índice en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
29	Ancho del dedo índice próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,3	1,5	1,7
30	Largo del dedo meñique	5,6	6,2	7,0	5,2	5,8	6,6
31	Largo del dedo anular	7,0	7,7	8,6	6,5	7,3	8,0
32	Largo del dedo mayor	7,5	8,3	9,2	6,9	7,7	8,5
33	Largo del dedo índice	6,8	7,5	8,3	6,2	6,9	7,6
34	Largo del dedo pulgar	6,0	6,7	7,6	5,2	6,0	6,9
35	Largo de la palma de la mano	10,1	10,9	11,7	9,1	10,0	10,8
36	Largo total de la mano	17,0	18,6	20,1	15,9	17,4	19,0

Fig 71. Medidas población europea.



## 2.4 PROGRAMAS INFORMATICOS

El desarrollo del presente proyecto ha requerido del uso de diferentes softwares informáticos los cuales se enuncian a continuación:

Microsoft Word: Procesador de texto para redactar y maquetar la memoria.

Adobe Illustrator: Graficos vectorial.

Adobe Photoshop: Editor de imágenes y creador de gráficos rasterizados.

SolidWorks: Modelado 3D y creación de planos.

Zbrush: Modelado 3D orgánico y texturizado.

KeyShot: Renderizado

3DMax + Vray: Renderizado final de producto.

CES Edupack: Información sobre materiales.

Tobii pro LAB: Estudio de seguimiento ocular.

CURA: Slicer para prototipos impresión FFF.

Chitubox: Slicer para prototipos en impresión DLP.

TruTrops Bost: Programa de corte laser TRUMPF.

Magic Mark: Programa utilizado para el grabado laser.

FAGOR CNC: Programa CAM de generación de Gcode para mecanizados.

ANSYS: Programa CAE. Simulación y análisis estructural.

HP Smart Stream 3D Build Manager: Slicer para prototipos MJF.

Lightroom: Edición de fotografías de producto y transformación de formato CR2.



## 2.5 BIBLIOGRAFIA

Informacion:

[https://historia.nationalgeographic.com.es/a/historia-ajedrez-juego-milenario\\_15981](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/historia-ajedrez-juego-milenario_15981)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Leyendas\\_sobre\\_el\\_origen\\_del\\_ajedrez](https://es.wikipedia.org/wiki/Leyendas_sobre_el_origen_del_ajedrez)

<https://tiroporquemetoca.com/tablero-ajedrez-madera/>

Estudio de mercado:

<https://www.chesshouse.com/>

<https://www.regencychess.co.uk/>

<https://www.wholesalechess.com/>

<https://tiendaajedrezescacimat.es/ca/>

Escultura:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_de\\_la\\_escultura](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_escultura)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Escultura\\_en\\_bronce](https://es.wikipedia.org/wiki/Escultura_en_bronce)

<https://es.wikipedia.org/wiki/Escultura#Prehistoria>

Modelado digital:

Digital: <http://pixologic.com/interview/archive/weta/>

<https://www.artedigital.top/escultura-digital-3d/>

Mecanizado:

<https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/26079-Conos-porta-herramientas-para-mecanizado-de-alta-velocidad.html>

<https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>

Portapinzas: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/machine-tooling-solutions/tooling-considerations/pages/chuck-selection.aspx>



Conos: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/machine-tooling-solutions/tooling-considerations/pages/spindle-selection.aspx?Country=bz>

Centros de mecanizado: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/machine-tooling-solutions/machines/pages/turning-centres.aspx>

Brocas: <https://www.montec.es/blog/productos/brocas-cual-usar-para-cada-material-y-a-que-revoluciones>

Resina DLP: <https://www.3dprintersbay.com/anycubic-resin>

Filamentos: <https://www.smartmaterials3d.com/>  
<https://sakata3d.com/es/>

PWB: <http://mizaradditive.com/fabricacion-aditiva-powder-bed-fusion/>  
<https://facfox.com>

<https://ficeps3.com/plasticos-avanzados/#:~:text=El%20PA12%20se%20presenta%20en,vegetal%2C%20principalmente%20aceite%20de%20ricino.>

MJF: <https://www.materialise.com/es>

[https://www.materialise.com/es/manufacturing/tecnologia-de-impresion-3d/multi-jet-fusion?gclid=Cj0KCQjwyZmEBhCpARIsALizmnK9pN\\_EyfUCqP8aX1NxdHoxRBbvUzzUH5piJZ6z4sSUxNXRIilCMQ4aAqUpEALw\\_wcB](https://www.materialise.com/es/manufacturing/tecnologia-de-impresion-3d/multi-jet-fusion?gclid=Cj0KCQjwyZmEBhCpARIsALizmnK9pN_EyfUCqP8aX1NxdHoxRBbvUzzUH5piJZ6z4sSUxNXRIilCMQ4aAqUpEALw_wcB)

Corte laser: [https://es.wikipedia.org/wiki/Corte\\_con\\_l%C3%A1ser](https://es.wikipedia.org/wiki/Corte_con_l%C3%A1ser)

<https://www.troteclaser.com/es/faqs/como-cortar-con-laser/>

[https://www.trumpf.com/es\\_ES/productos/maquinas-sistemas/?gclid=Cj0KCQjwyZmEBhCpARIsALizmnKSdHC1JizWNn2YmpLtVKnuI08alwTptTBIWr\\_sZghhHC5GGwatIXPYaAo8IEALw\\_wcB](https://www.trumpf.com/es_ES/productos/maquinas-sistemas/?gclid=Cj0KCQjwyZmEBhCpARIsALizmnKSdHC1JizWNn2YmpLtVKnuI08alwTptTBIWr_sZghhHC5GGwatIXPYaAo8IEALw_wcB)





## MATERIALES

<https://www.teknika4.com/es/aluminio-aeronautico>

<https://www.lumetalplastic.com/>

<https://www.electrocome.com/p-1-71/LATON.htm>

<http://alsimet.es/es/noticias/cuales-son-las-principales-aplicaciones-y-los-distintos-tipos-de-laton>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Lat%C3%B3n>

<http://www.goodfellow.com/S/Bronce.html>

<https://www.rocasym minerales.net/bronze/>

Miniserie:

Gambito de dama (2021)



## 3 REQUISITOS DEL DISEÑO

### 3.1 DESCRIPCION DE LAS NECESIDADES Y FUNCIONES

#### 3.1.1 FUNCIONES BASICAS

El proyecto ha de cumplir ciertas funciones y requisitos. Su función principal es decorativa, ya que es una escultura a pesar de añadir la funcionalidad de juego de mesa.

Como necesidades principales son:

- Funcional
- Decorativa
- Protectora

**MANTENIMIENTO:** Se han planteado mecanismos simples con fácil acceso para minimizar el mantenimiento o las reparaciones y en caso de estas, se han tenido en cuenta en el diseño para para mejorar la accesibilidad.

**FIABILIDAD:** Se han seleccionado cuidadosamente materiales resistentes, para asegurar una larga duración y calidad de vida. Aumentando considerablemente la garantía de vida del producto.

**RESISTENCIA:** Se contempla que las piezas se puedan caer sin ocasionarle daño aparente ni rotura manteniendo un uso adecuado, cumpliendo así la vida útil del producto.

**FABRICACION:** Se han considerado criterios para cada proceso industrial seleccionado en cada fase del diseño.

**SIMPLICIDAD:** Se ha tenido en cuenta simplificar el ensamblaje. Diseño a prueba y error con piezas que solo encajan en una posición facilitando así la manipulación y relación producto-usuario.

**COMPRESION:** Se ha optado por un diseño claro, para evitar confusión entre las piezas a la hora de jugar.

**LIMPIEZA:** Los materiales aplicados, deben resistir la acción de los productos de limpieza.

**ENTORNO:** Materiales totalmente reciclables, además de la interacción con el entorno, por ejemplo, no debe rayar la superficie de la mesa atendiendo a ello se integraron patas de goma.

**EMBALAJE:** El producto puede ir montado o parcialmente desmontado, ira albergado dentro de una caja de madera de mayor dimensión que el producto y acolchado por gomaespuma protectora.

**ALMACENAJE:** Se debe considerar la mejor optimización de las cajas de madera en pallets.

**MONTAJE USUARIO:** Se ha homogenizado el mayor número de tornillería y herramientas.

**JERARQUIA SIMPLE**

NECESIDADES	IMPORTANCIA
Funcional	10
Atractivo a la venta	10
Innovador	9
Fabricación	9
Identificación	9
Resistencia	9
Acabados	9
Fiabilidad	9
Formas simples	8
Unión y ensamblaje	8
Estabilidad	8
Limpieza	7
Entorno	7
Ergonomía	7
Precio	6
Peso	5
Embalaje	5
Almacenaje	4
Dimensiones	4
Para ambos sexos	4

Tabla 4. Necesidades del producto.

**3.1.2 PRODUCTO DE COLECCIÓN**

Este producto, al ir destinado a personas con un alto poder adquisitivo, puede ser considerado un objeto de colección. Coleccionar es una actividad, emocional y personal. Cada persona le otorga un grado de importancia según su ideología.

**Valor personal**, definen una personalidad, pueden recordar distintos aspectos o facetas de una persona.

**Valor histórico**, por la tradición y popularización, cuando algo está de moda todo el mundo muestra interés por adquirirlo.

**Valor emocional**, mucha gente adquiere un producto, por nostalgia, por recuerdo con algún familiar o vivencia del pasado, creando una conexión entre el usuario y el objeto. El ajedrez se encuentra muy reflejado en la vida cotidiana por lo que puede causar este impacto en el comprador.

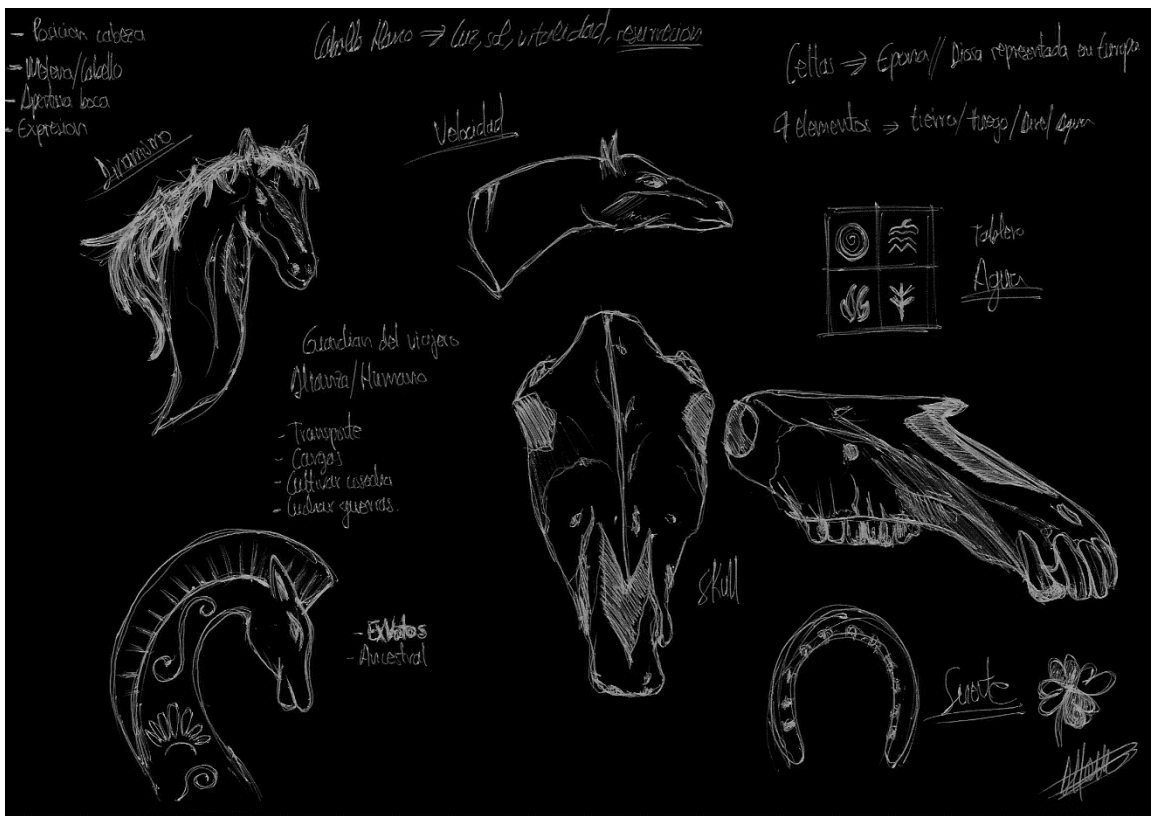
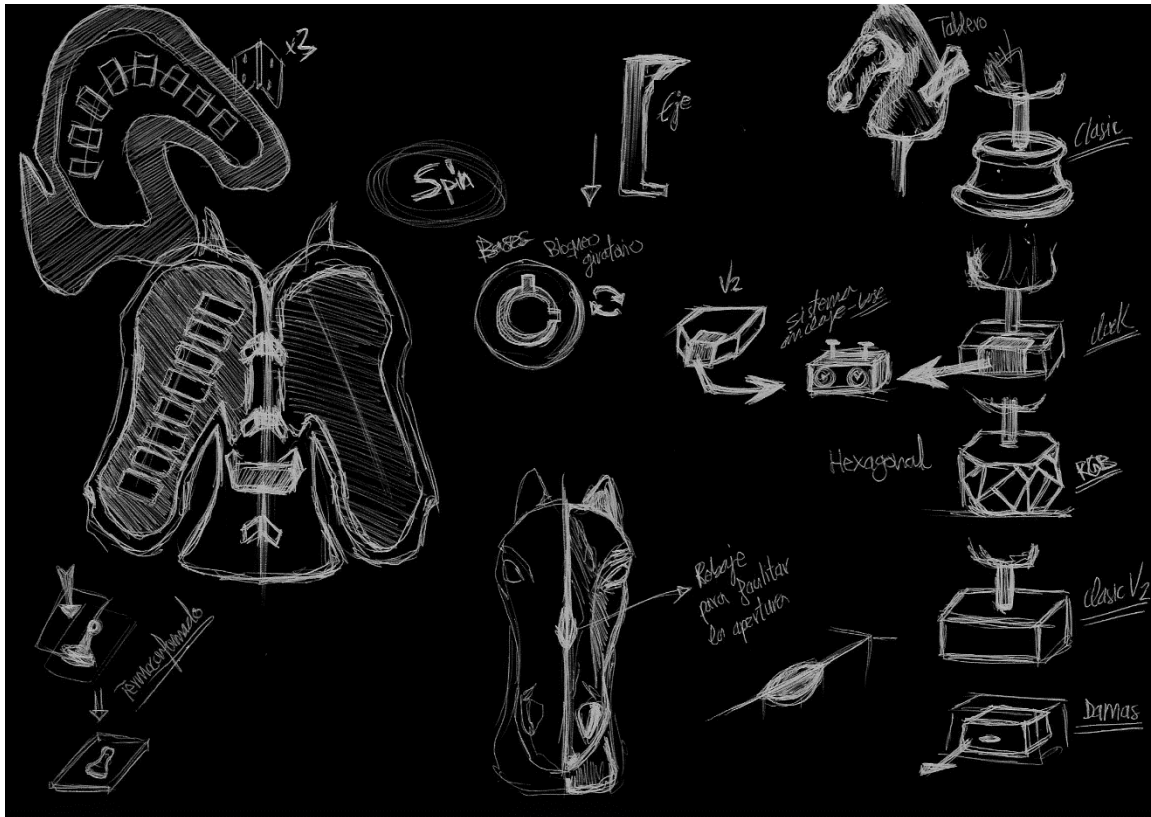
**Valor económico**, un producto con un precio alto siempre llama la atención, lo hace exclusivo, difícil de conseguir para ciertas personas y posicionándolo en un estatus social elevado a quien lo posee.

**Valor técnico**, debido a la calidad, a sus cuidados en el diseño, mecanismos y fabricación. Aunque no todos los coleccionistas se fijan en estos detalles.

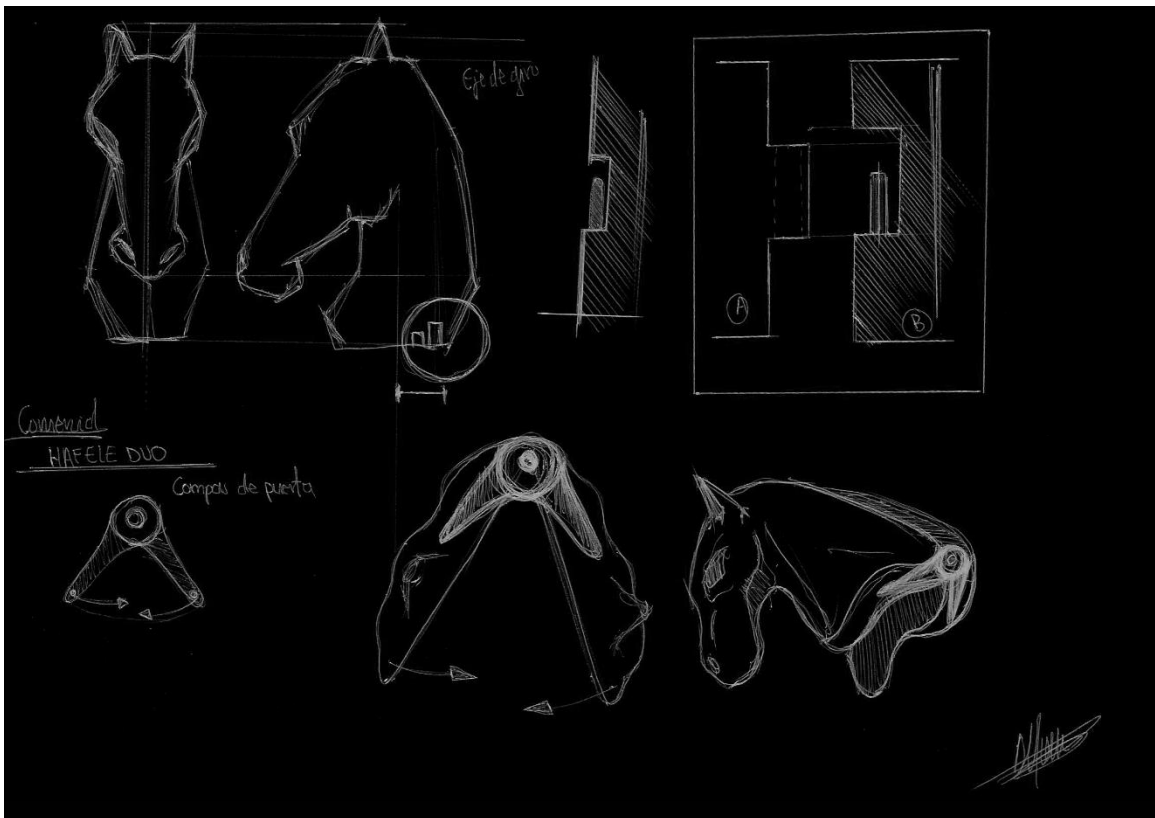
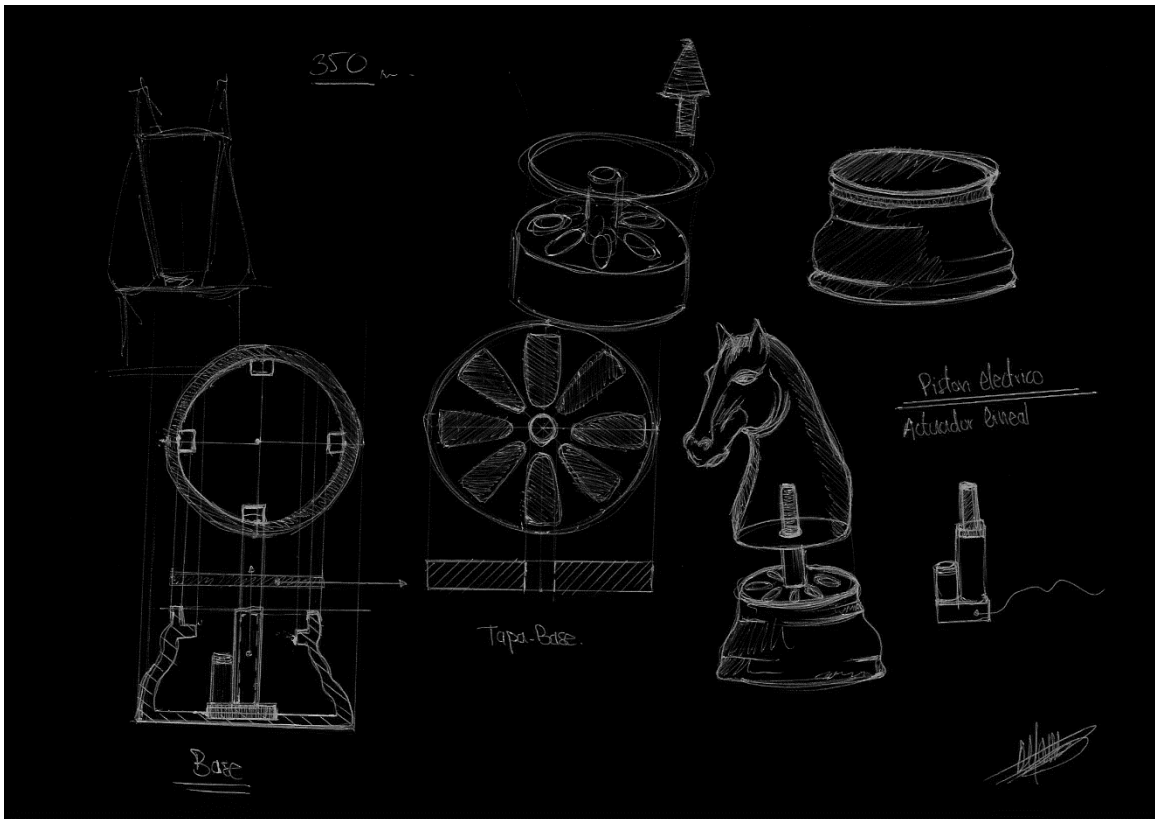


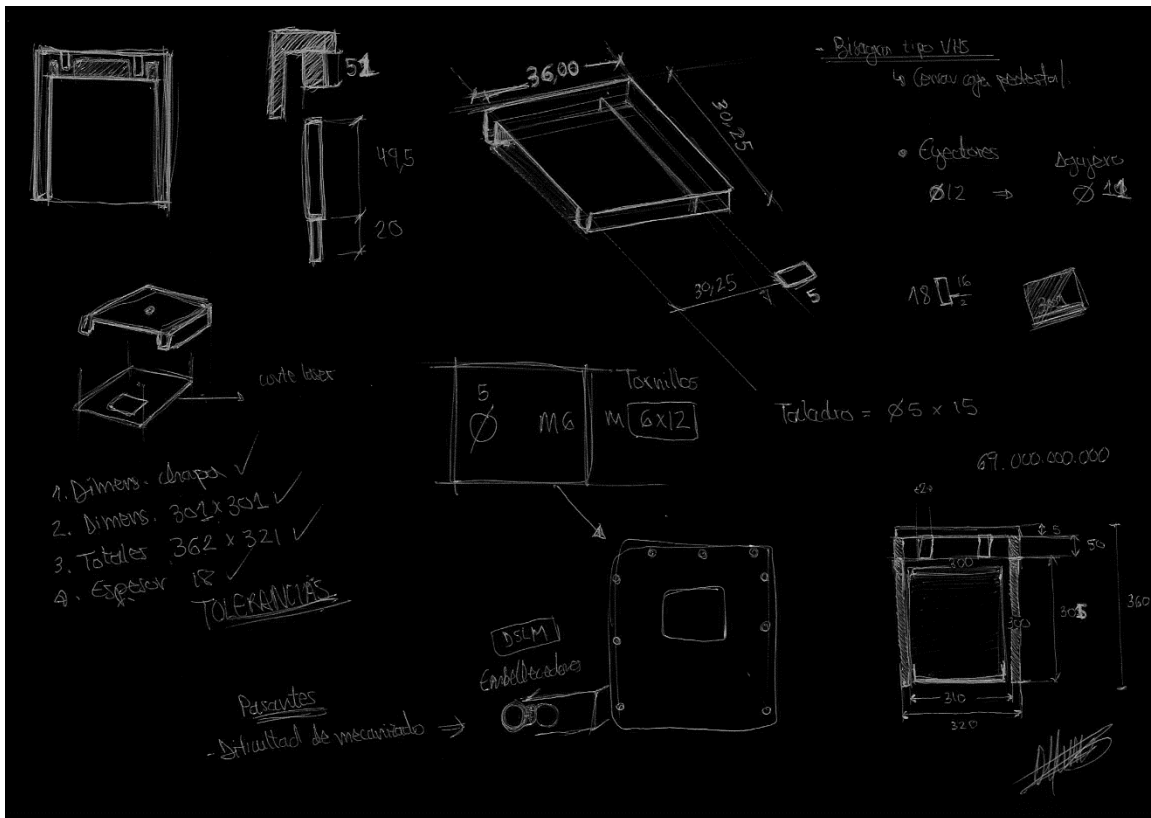
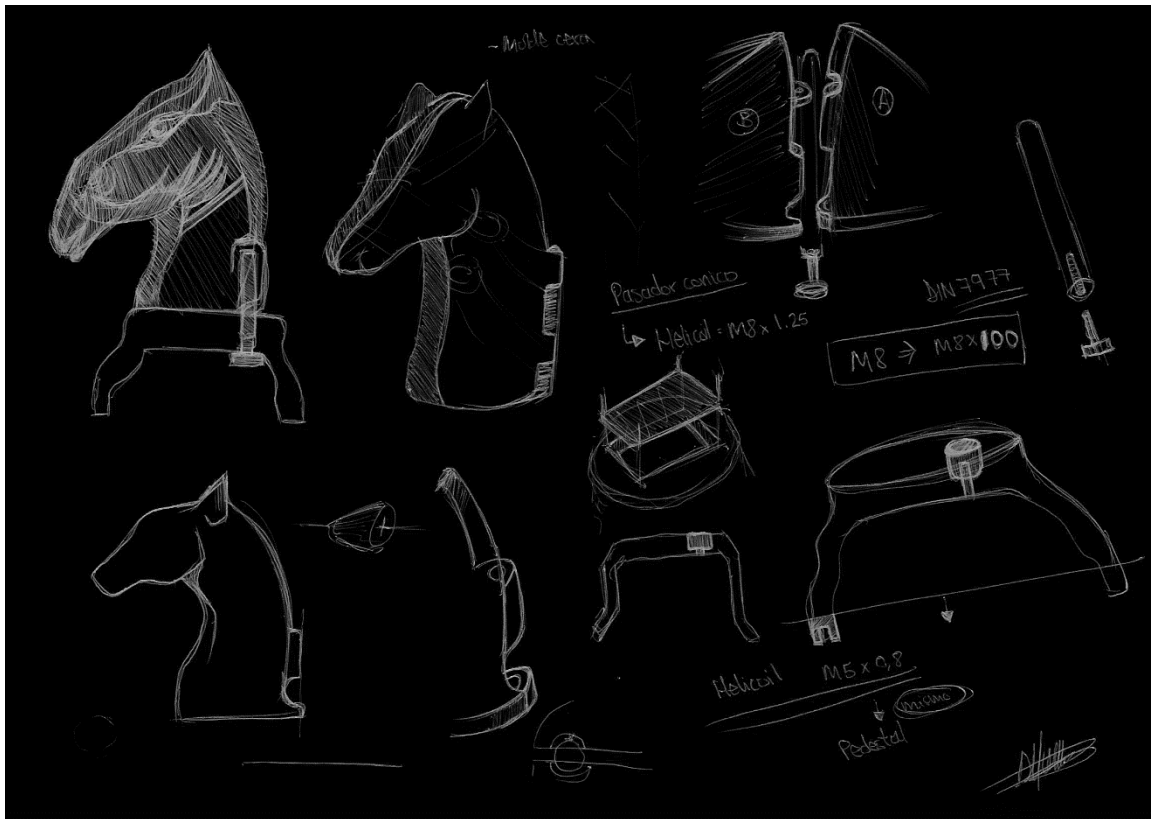
## 4 PROCESO DE IDEACIÓN

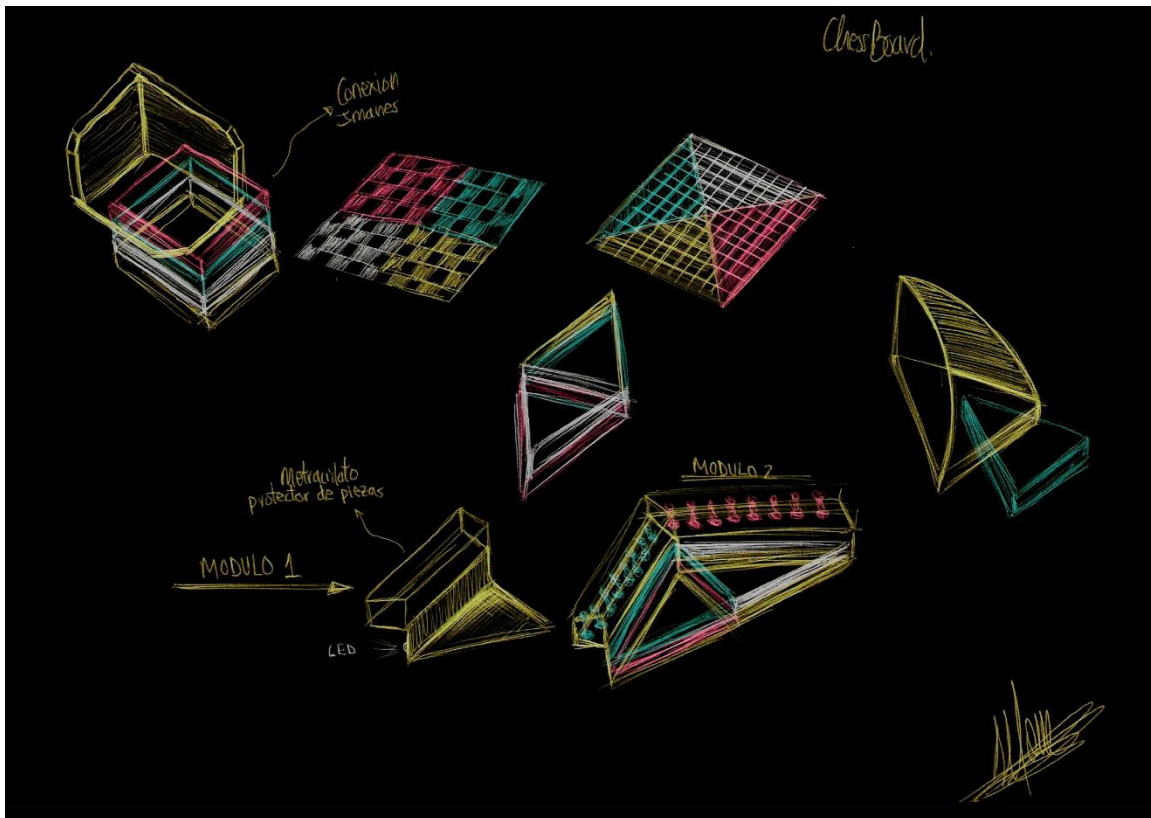
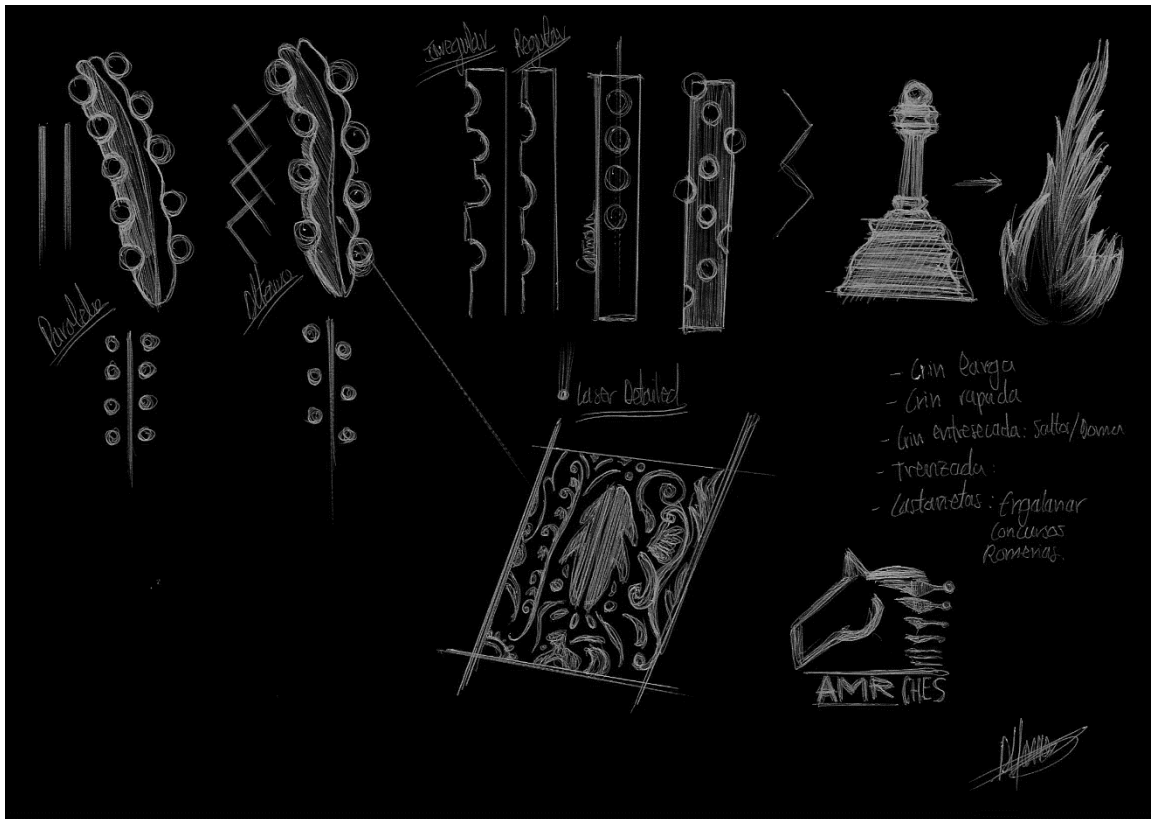
### 4.1 BOCETOS/SKETCH

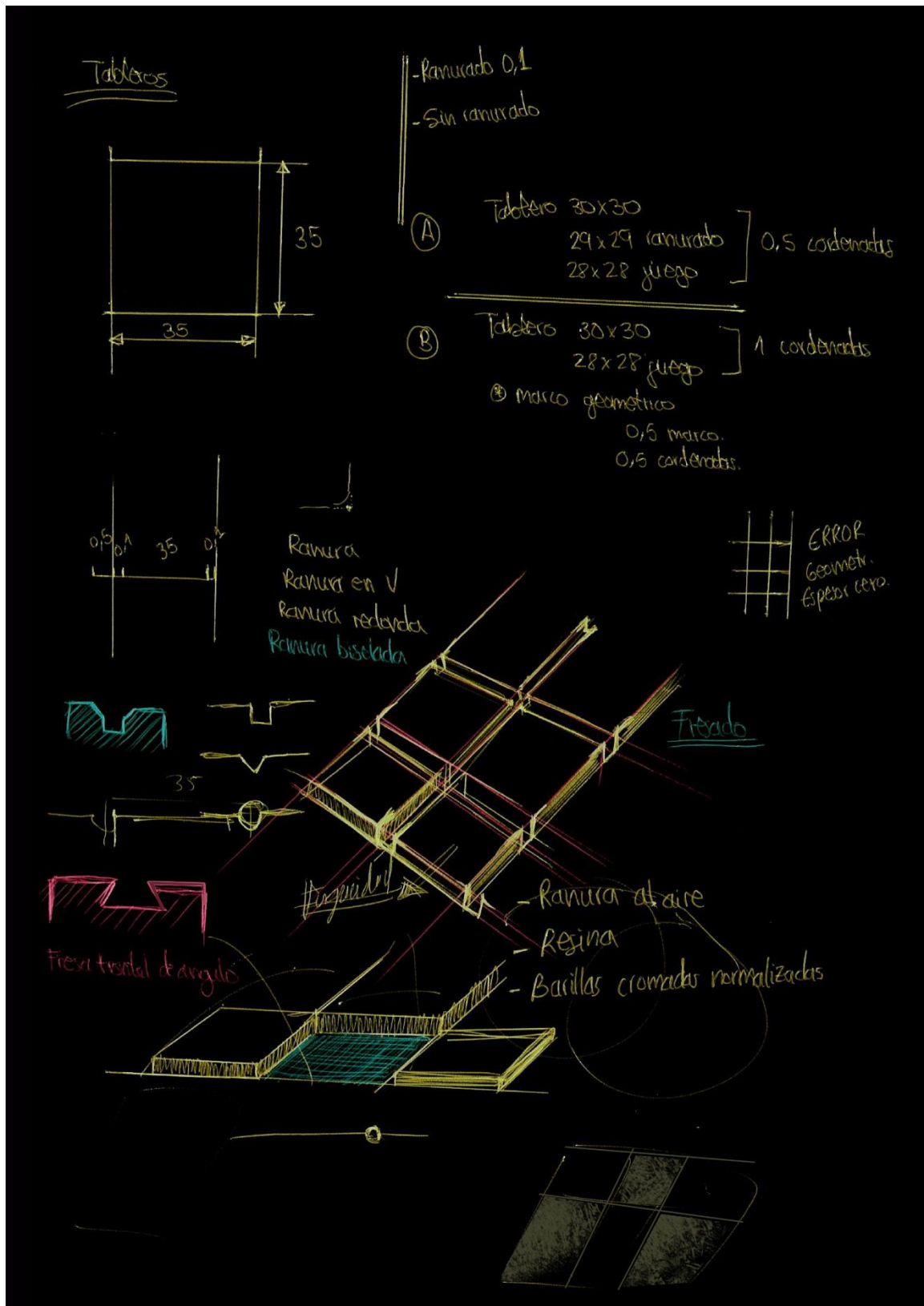




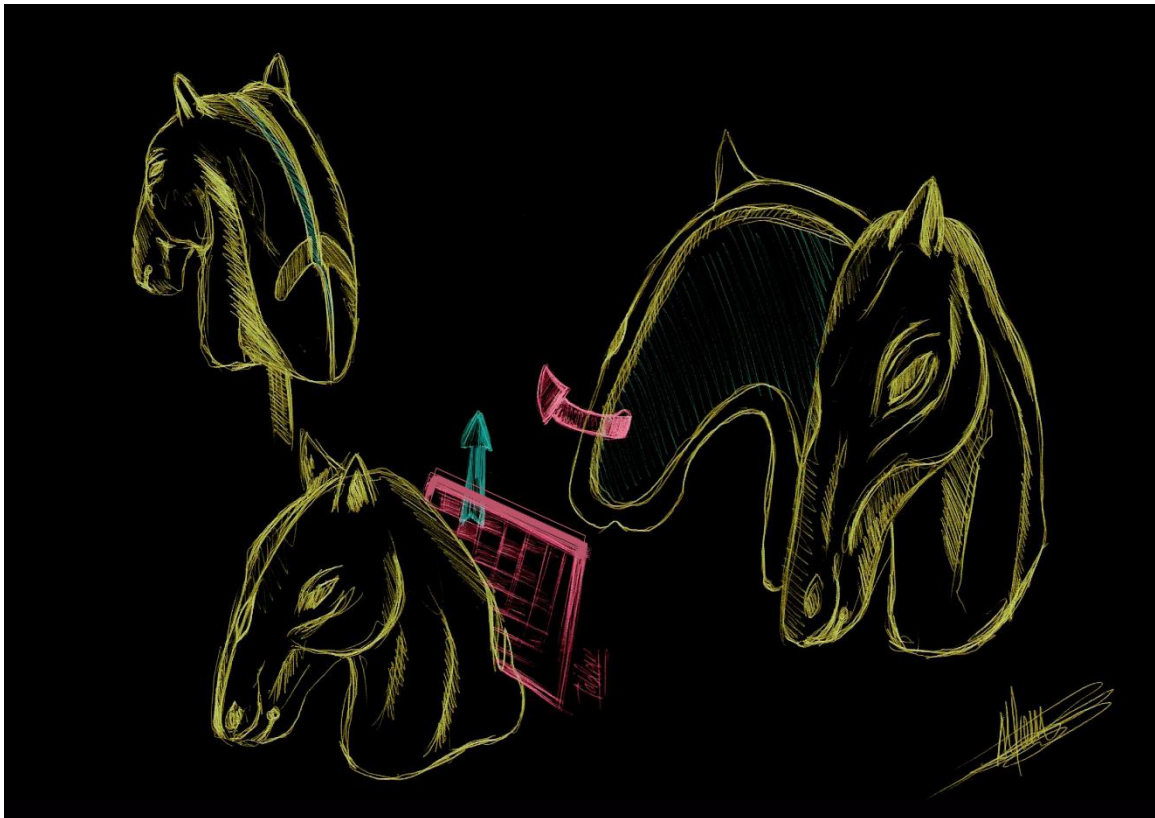
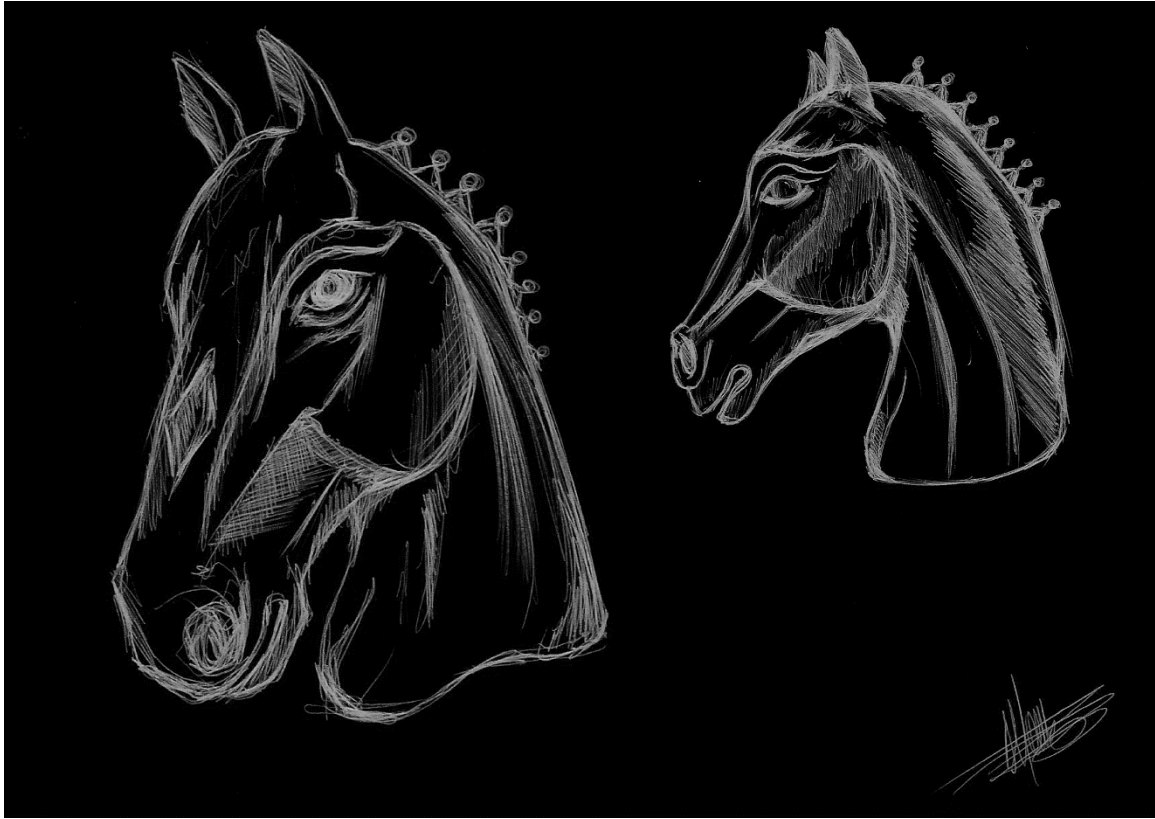






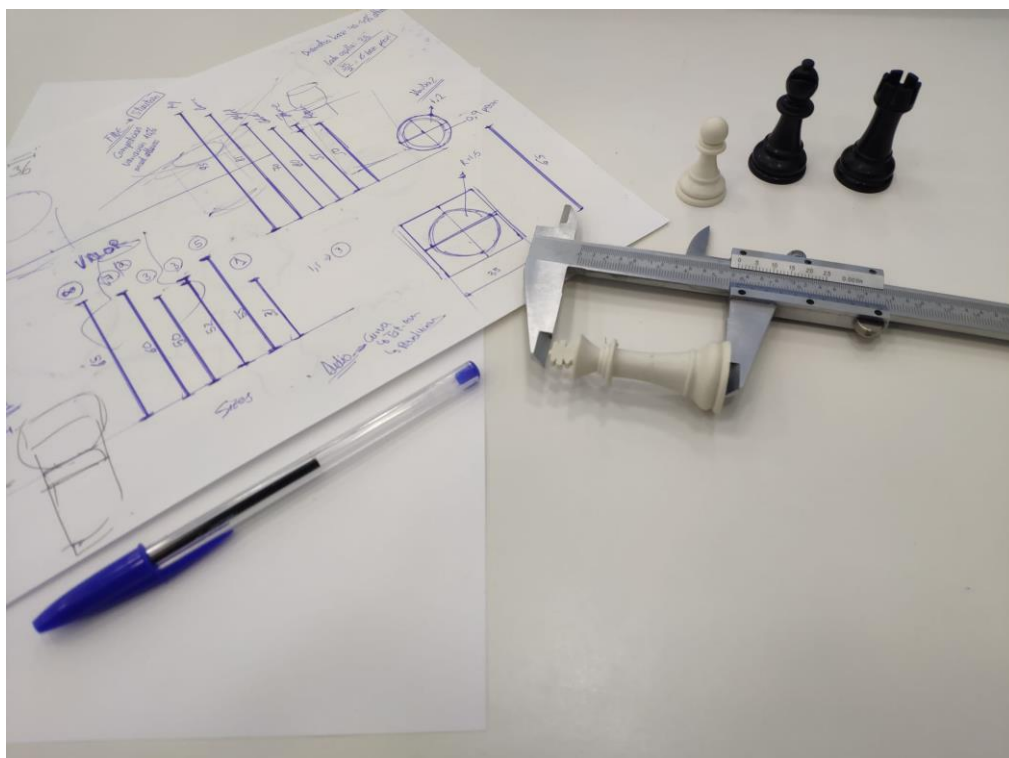






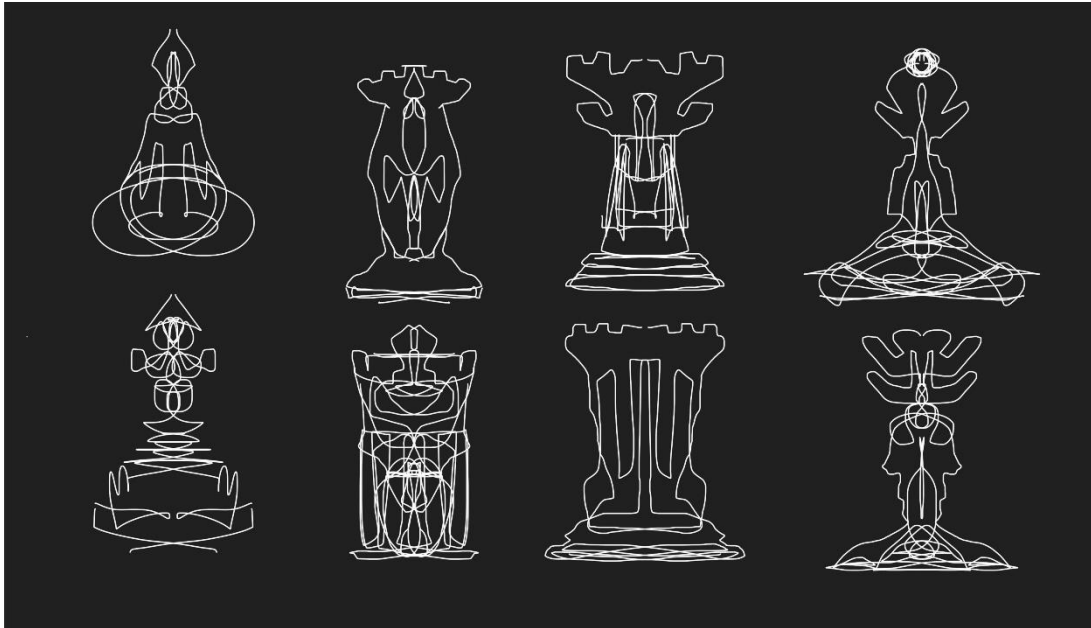


Se plantearon diferentes alturas para las piezas planteadas según la jerarquía o valor en el juego, todas ellas correspondientes a un tamaño de escaque previamente definido. Al igual que se pensó plomar cada pieza con un peso aparente en el juego, es decir si la torre tiene vale 5 puntos, un peso de 50gramos, para mantener un equilibrio.



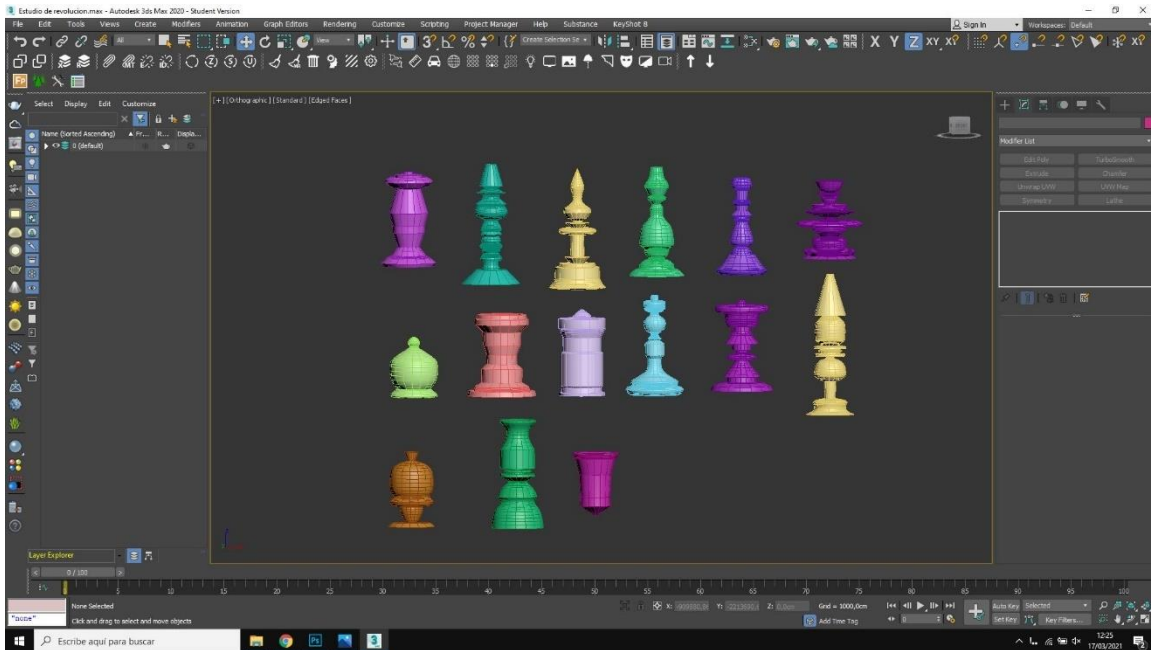


Se digitalizaron muchos contornos para la elección de la forma de las piezas, aquí muestro algunas de ellas:



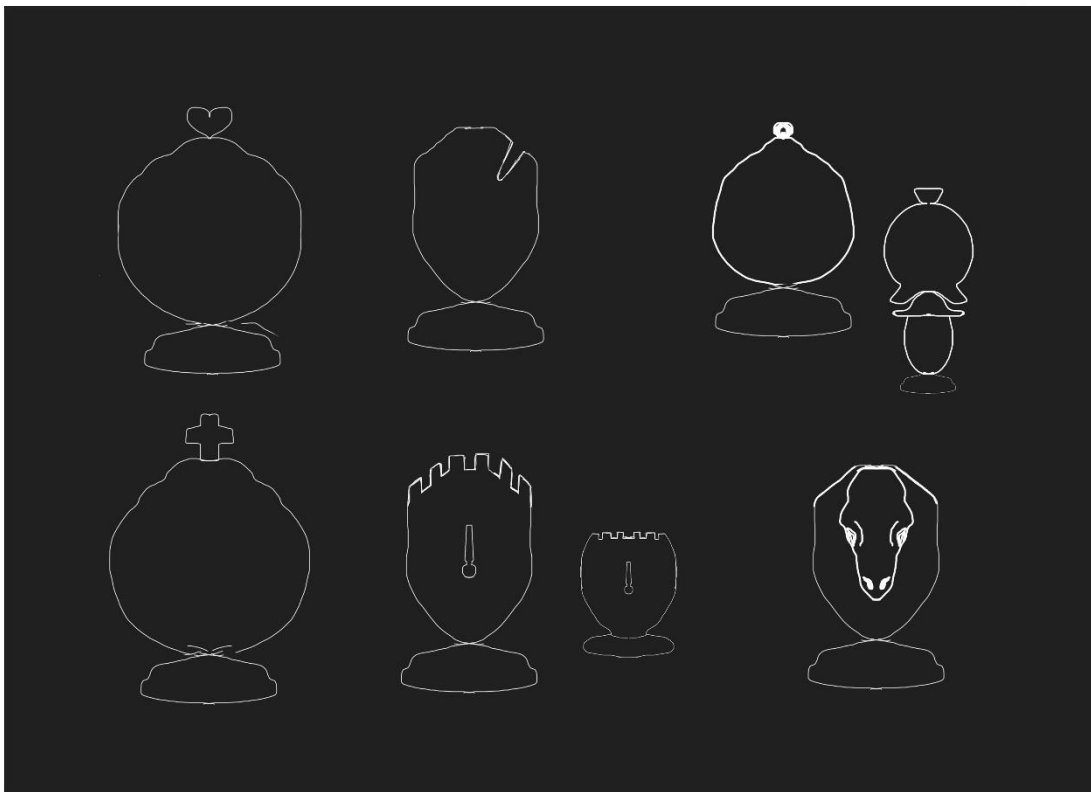


Tras un estudio 2D, realice un estudio de revolución en 3DMax, ya que algunas piezas perdían potencia visual al ser revolucionadas.



Finalmente desarrolle 4 familias de las formas que más me gustaron, manteniendo entre ellas una conexión, estilo y forma :

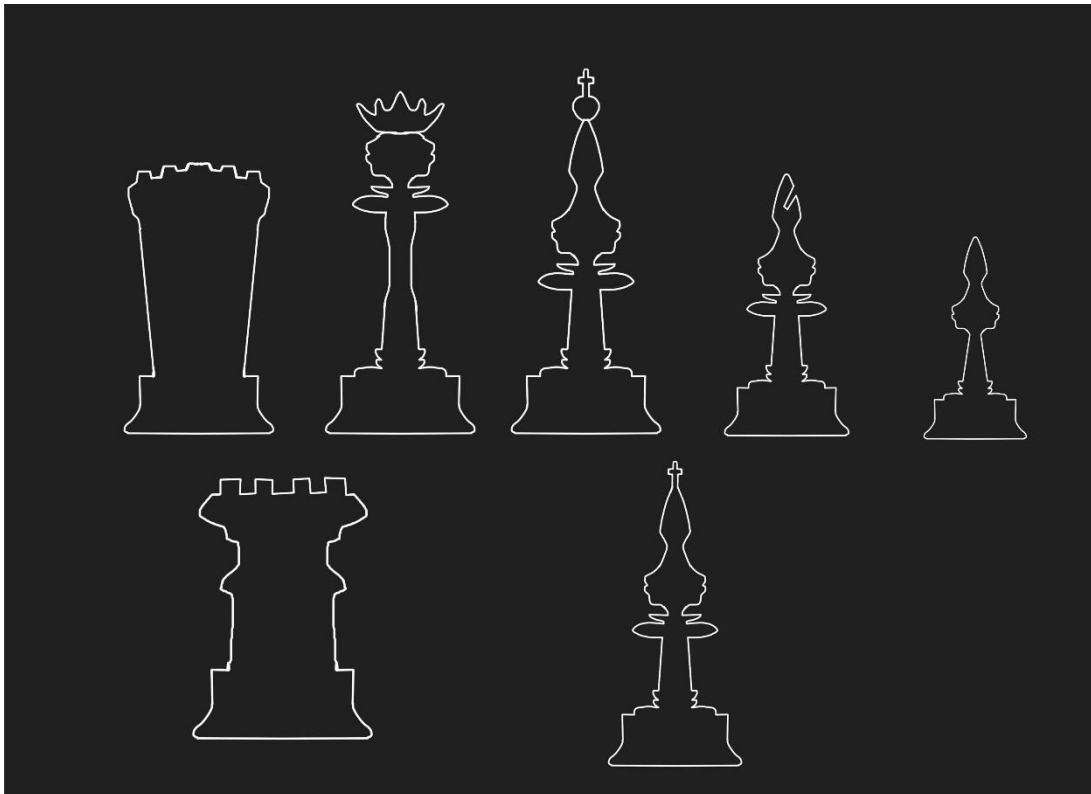
#### Familia 1



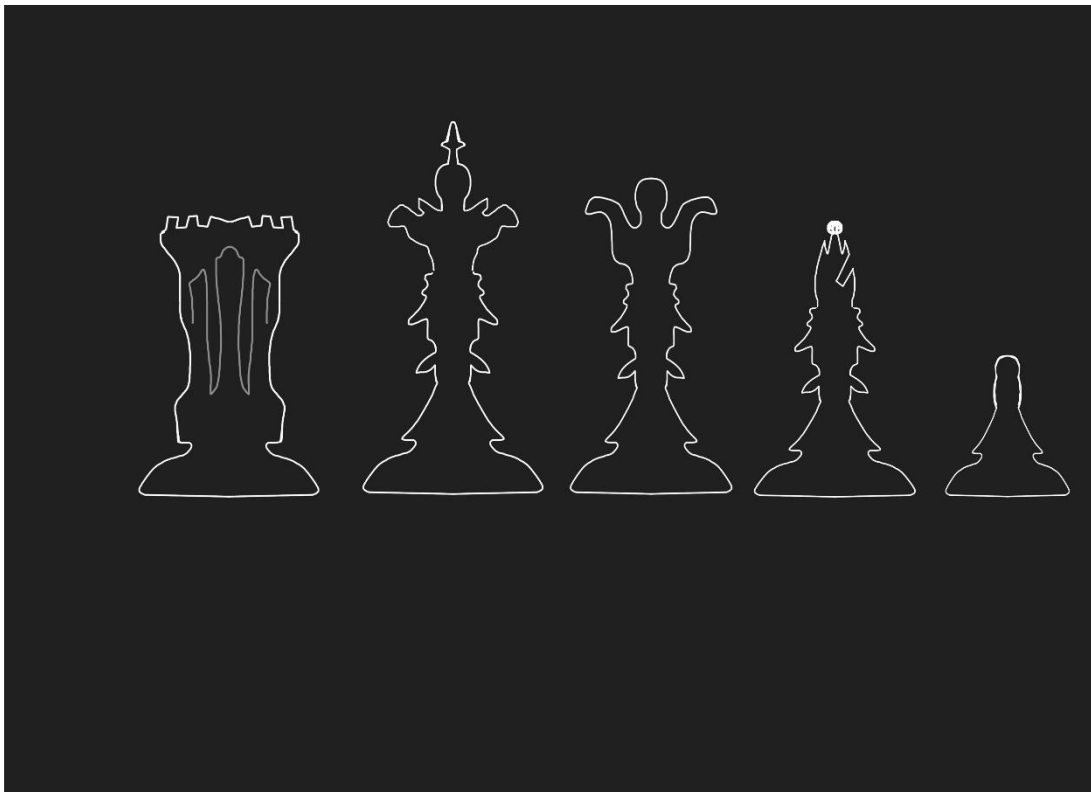




Familia 2

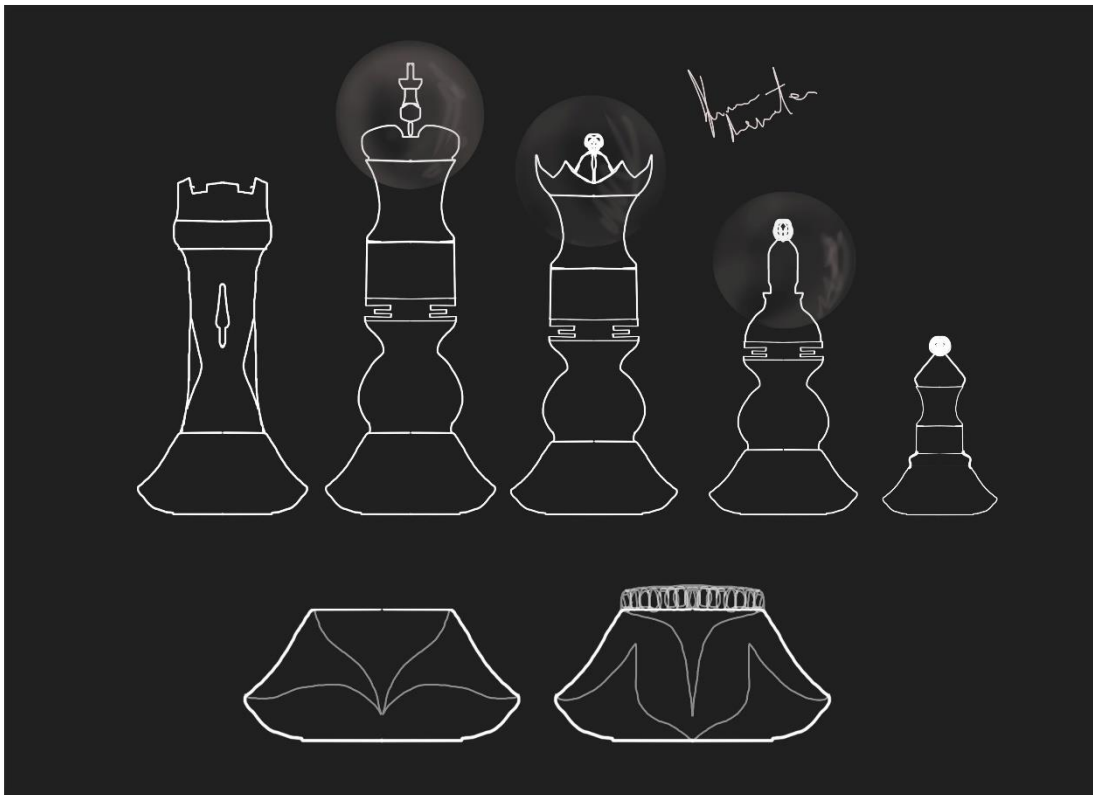


Familia 3

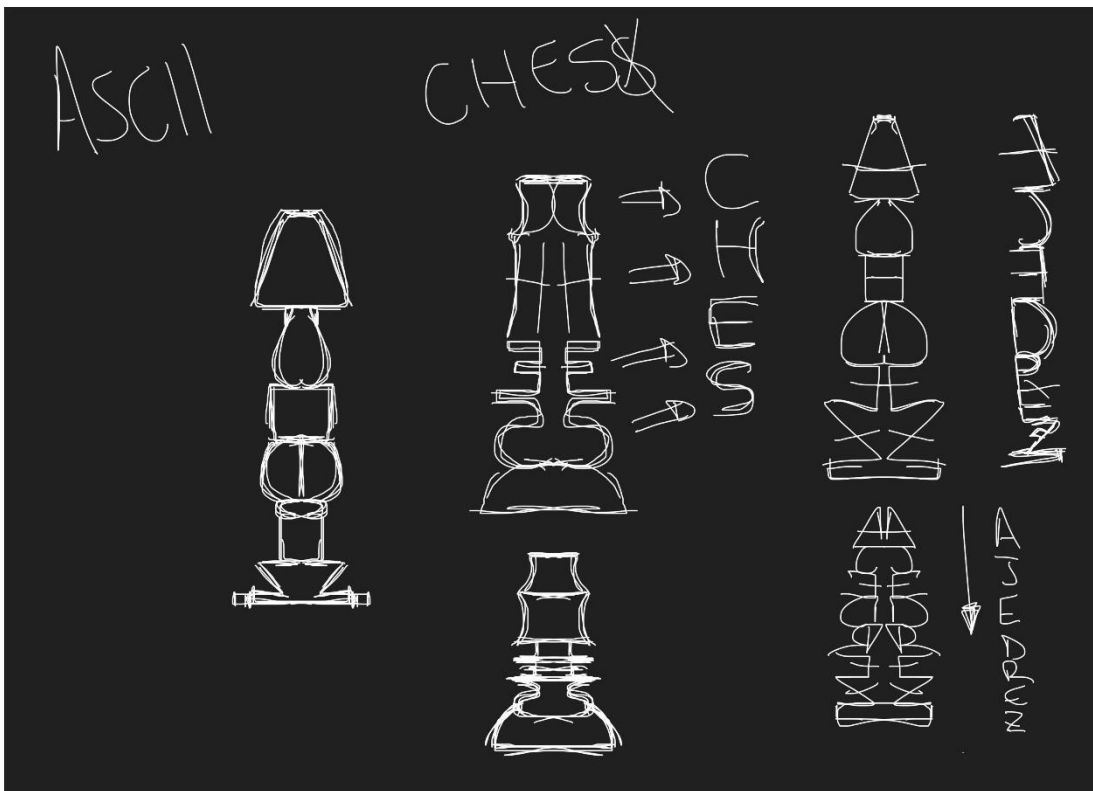




Familia 4



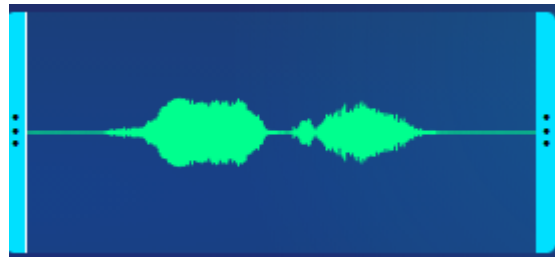
Esta familia, su fuste viene de un anagrama, con la palabra ajedrez en inglés. *CHESS*.



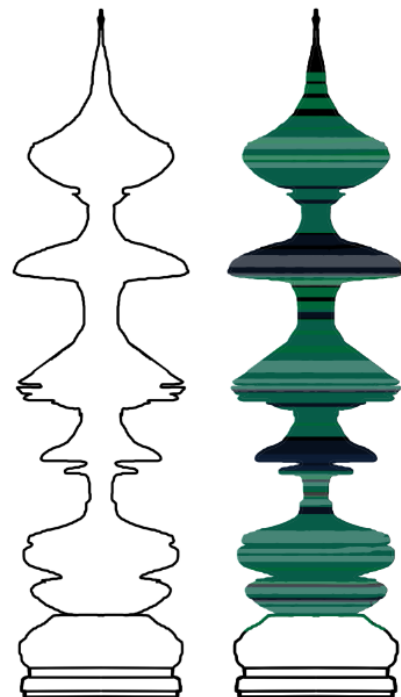


Con la idea del ultimo diseño, guio un camino para unas piezas alternativas que no seguían un patrón de forma, pero si tenían un sentido en común. La idea planteada fue grabar mi voz diciendo una palabra relacionada con el campo de ajedrez, por ejemplo:

Rey – En indio es *Raaja* (राजा), Extrayendo su curva de sonido, nos crea un contorno, el cual se puede modelar para crear el cuerpo de la pieza, en este caso el rey.

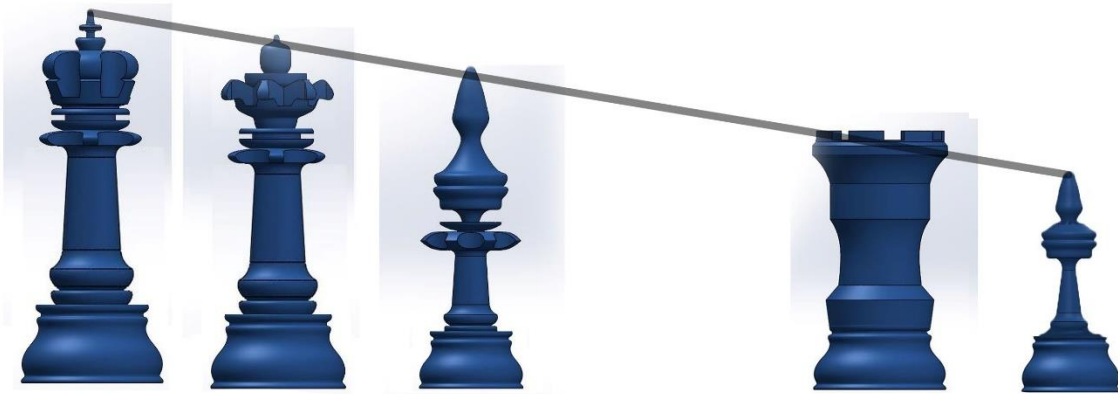


Jaque mate al rey – chekamet da King, (चेकमेट द किंग). Esta metodología consiste ir buscando ondas de palabras en relación con el ajedrez que originen un cuerpo bonito y adaptándolo, en mi caso he elegido el idioma indio ya que surgió allí como hemos visto en el apartado 1.3.





Finalmente opte por una línea mas clasica, una vez seleccionada la forma final de las piezas, paso a formarse la familia, un avance preliminar fue este, pero la base del alfil era demasiado fina, la torre demasiado ancha y el peon demasiado similar al alfil, por lo que se continuo trabajando. El caballo no aparece en esta imagen ya que es la unica pieza que no se diseñaba por revolución y requeria de un mayor trabajo.



**Piezas definitivas:**







En cuanto a los acabados para las piezas se previsualizaron en render y después se realizó un estudio más enfocado en los materiales adecuados para su proceso de fabricación. Se utilizó una pieza preliminar de reina.

- **Aluminio, Cromo, Magnesio, Titanio**



- **Pinturas metalizadas orange peel, Grey, Cool grey, Dark grey, Slate grey.**





- **Aluminio anodizado, anodizado brillo, pulido y acabado rugoso.**

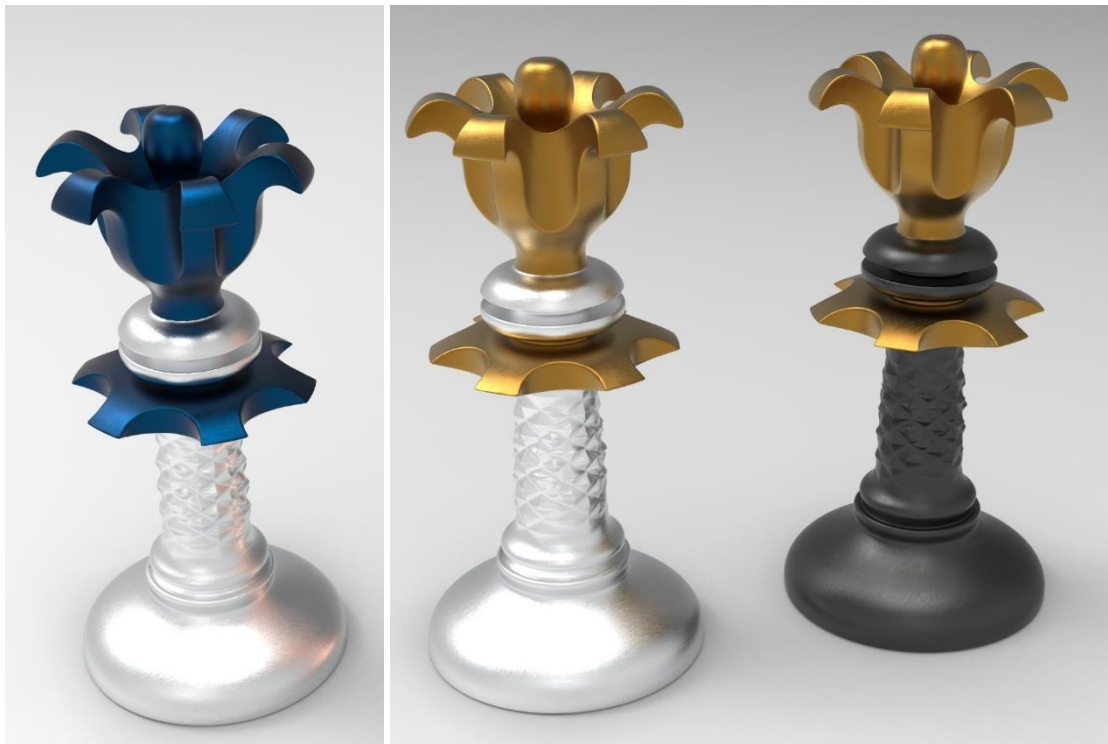




- Pinturas metalizadas candy orange peel uber, candy peel red, mate y glosiness

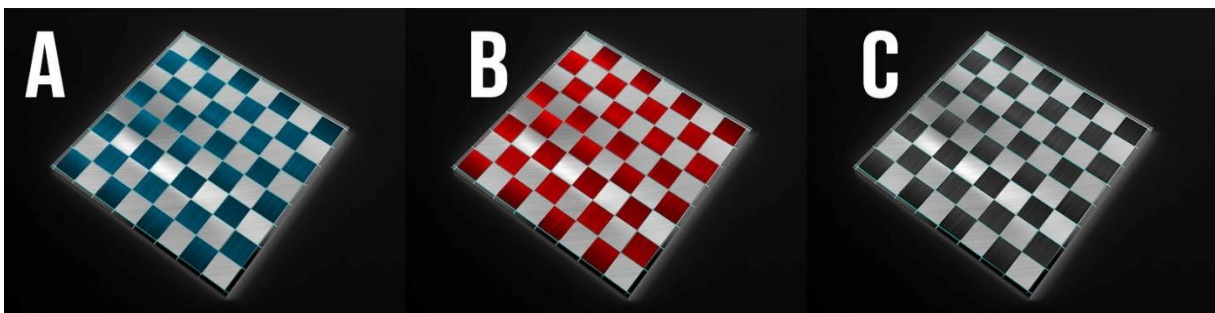
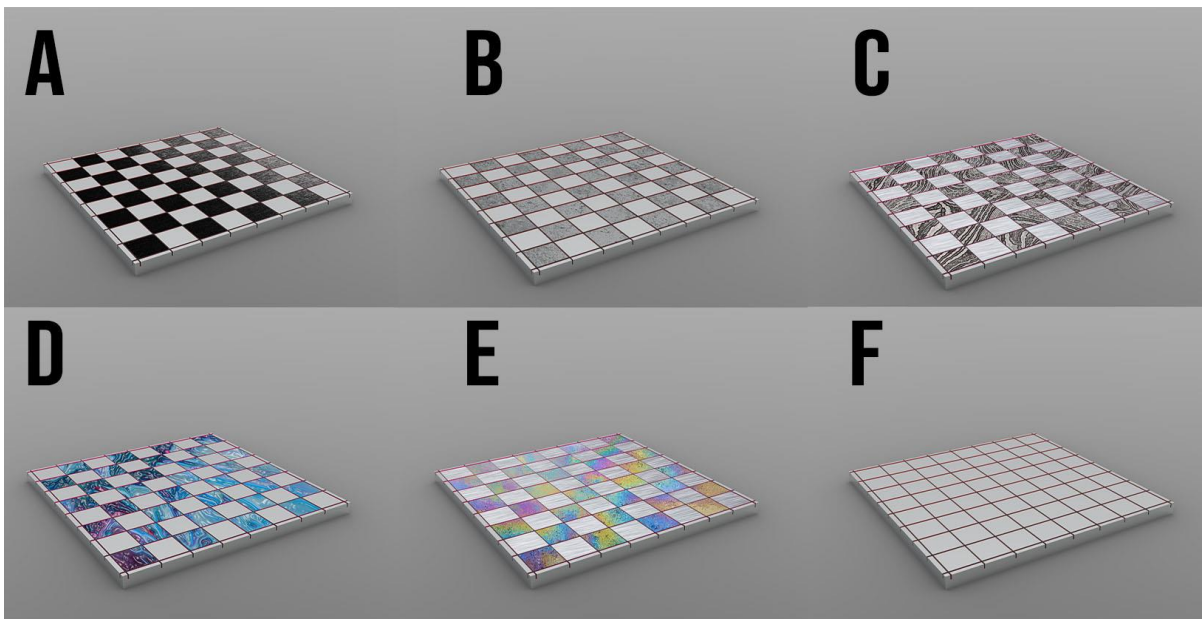
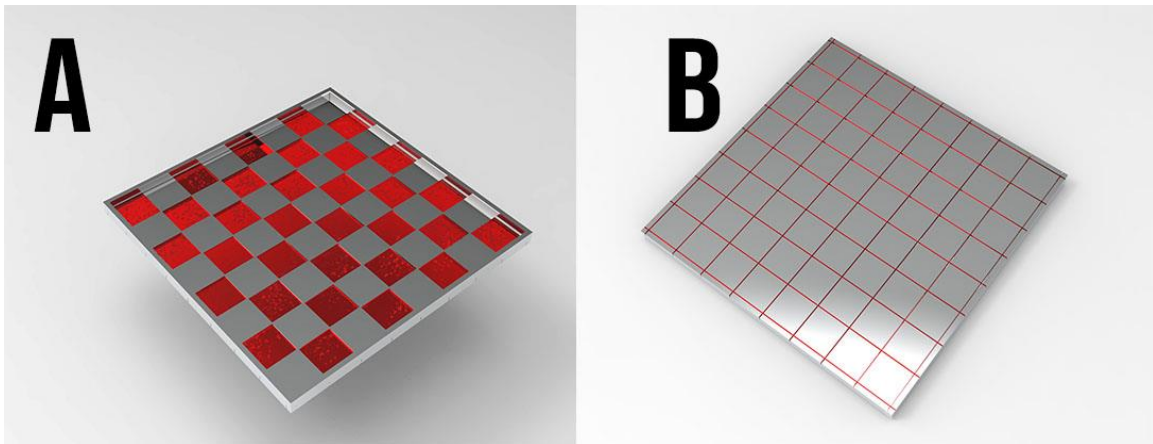


- Combinacion de colores





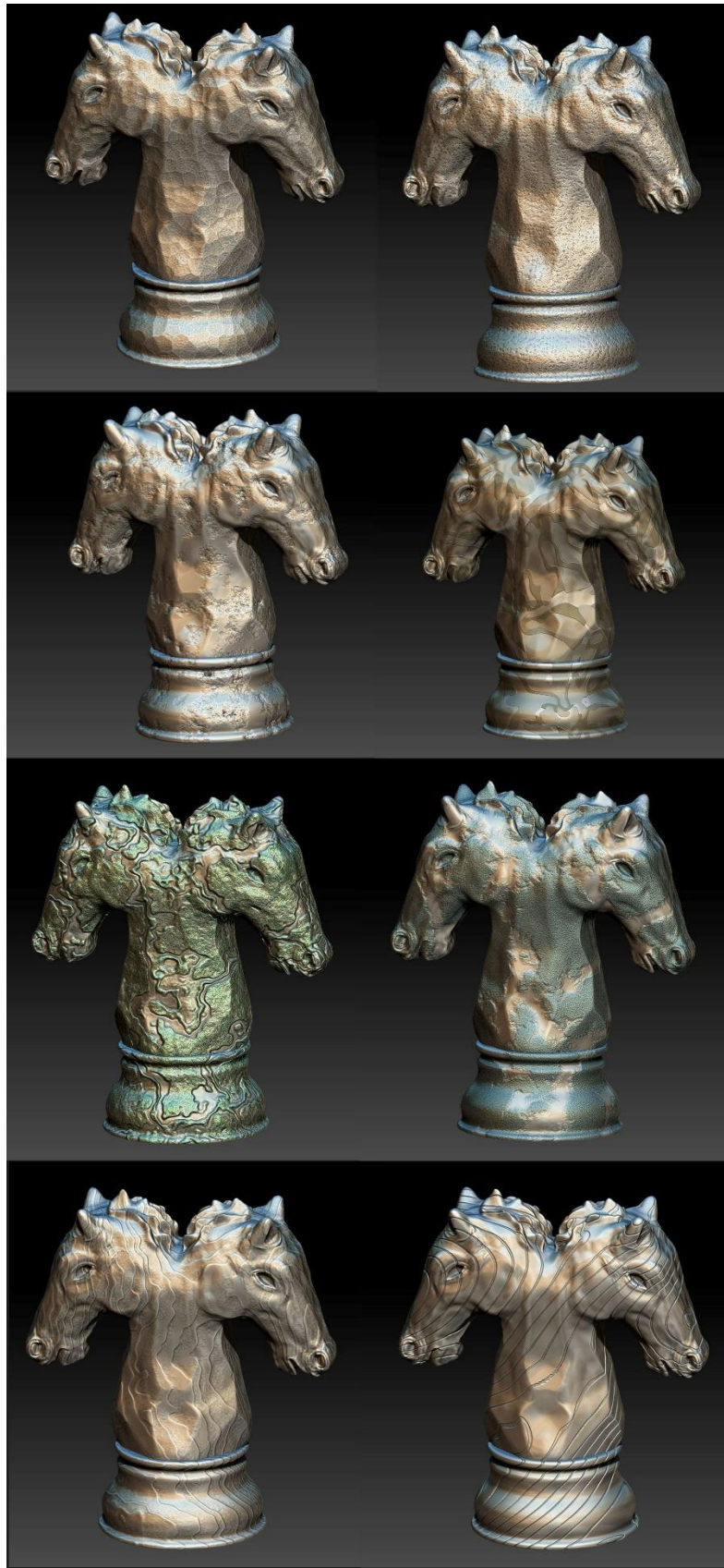
Variantes propuestas para tableros.







Texturizados en las piezas: Se aplicaron diferentes texturizados al modelado, para fabricar con esa trama.

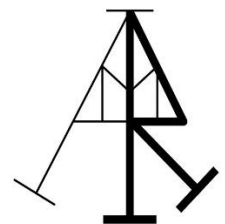
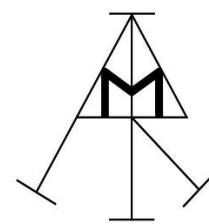
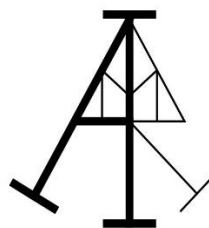
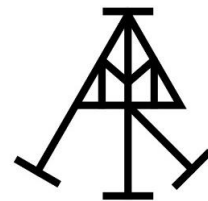
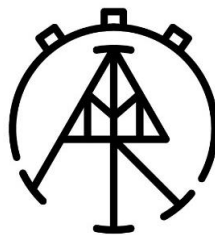
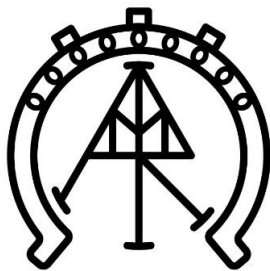




Una de las texturas que más me gusto, se desarrolló a todo el set de ajedrez:

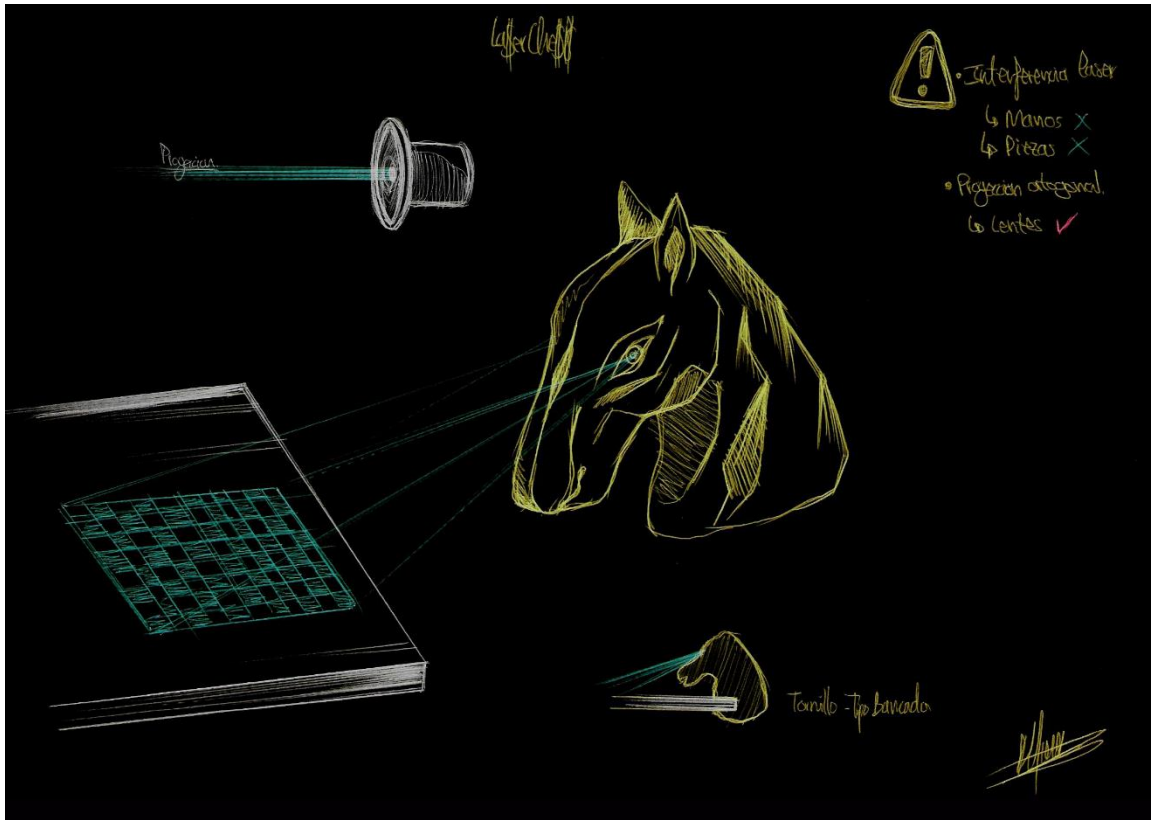


El producto, se debía identificar, se creó un isologo, aquí muestro 3 propuestas, se trató de vincular lo máximo posible a la referencia temática, por lo que me enfoqué a un hierro de ganadería. Hace relación a mis iniciales. AMR. Desarrollo del logo:





### Escultura -proyector.



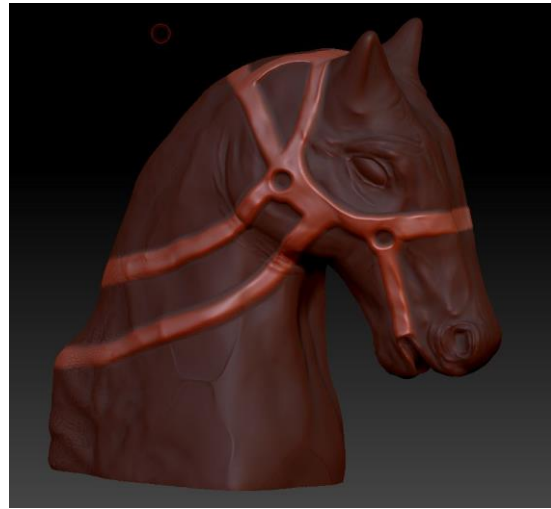
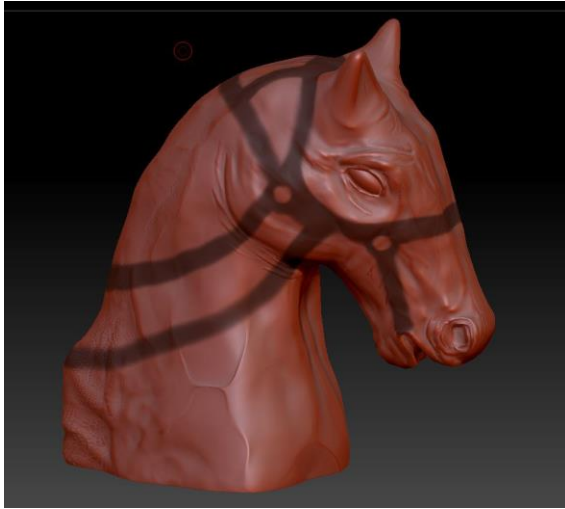
### Bases intercambiables. Ej. Translúcida con luces RGB en su interior.







Riendas sobre el caballo para proporcionale de mayor detalle en el proceso de fundicion, solo sería posible trabajadas sobre la cera, creando un molde de silicona. Este diseño era orientativo, ya que las riendas no irían pegadas sobre la figura, sino al aire.



La familia 1, llamo mucho la atención en los estudios de Eye tracking, por lo que se rediseño el remate por algo más detallado, pero el conjunto no acompañaba con el caballo escultórico y se descartó aunque tiene mucha potencia visual.







## 4.2 RENDERS FINALES







Alternativas de colores:









### 4.3 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES

- Se descartaron diseños no viables, como la lente albergada en los ojos del caballo que actuase a modo de proyector y plasmara el tablero sobre una superficie plana, ya que las propias piezas crearían sombras impidiendo la correcta proyección y distorsionarían el tablero.
- La apertura del caballo se planteó tanto horizontal como vertical, pero al apostar por la fijación de manera vertical a la base, se descartó la apertura horizontal además de ser más antiestético, se continuo con el finalmente desarrollado.
- Para la apertura del caballo, se pensó una pequeña bola de acero o rodamiento en la parte inferior del caballo y un surco en la base, para facilitar y reducir la fricción en la apertura además de que no rayase la base con un uso continuado ya que produciríamos un desplazamiento de metal con metal.
- También se planteó un diseño más automatizado, con un elevador hidráulico conectado a la red eléctrica, que elevase el caballo y apareciesen las piezas en la base de forma radial, por una mayor complejidad se descartó esa opción.
- Otra ideas, también descartas por el aumento de complejidad, al querer dotar la escultura con mayor funcionalidad, se pensaron objetos cotidianos como altavoz, para poder reproducir música, una lampara para iluminar la estancia donde se encuentre alojada la escultura, tras esa idea surgió la base con luz RGB expuesta en el punto 4.2, enfocado hacia los *gamers* actuales, a pesar de que el ajedrez es un juego muy tradicional y no tan tecnológico se introduce el concepto.
- A raíz de la anterior idea, surgieron las bases intercambiables, no desarrolladas hasta el final. Proporciona otorgar un estilo diferente y personalizar la escultura con ciertos límites. Se idearon diferentes bases, desde algunas muy clásicas similares a los porta-trofeos con la finalidad de albergar piezas para jugar a las damas hasta algunas más innovadoras.
- El modelado escultórico del caballo debía ser simétrico, ya que, de lo contrario, dificultaría mucho el proceso de apertura para sacar las piezas, aunque habría sido más estético que tuviese algún escorzo, dándole mayor potencia visual y artística.
- Se tuvo en cuenta colocarle riendas sobre el caballo para darle mayor detalle a la escultura. (Mostrado en punto 4.2)

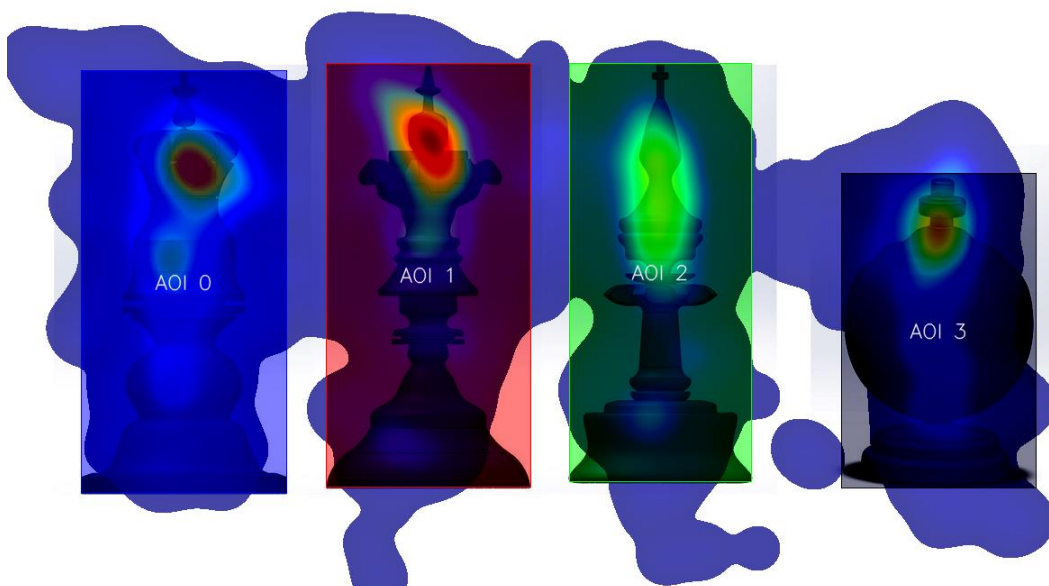


Se evaluaron las formas y acabados diseñadas por medio de seguimiento ocular, Eye tracking. Se crearon áreas de interés, perimetrando las figuras, podemos distinguirlas por el color de su recuadro. Se analizaron las miradas y fijaciones de los usuarios. En este ejemplo, la pieza que causo mayor impacto visual fue AOI 3, por ser la mayor diferenciada, pero la pieza más observada y con mayor tiempo de visualización fue AOI 1, quizá por tener una silueta mas diferenciadora.

Name	Viewers	1st View (s)	Viewed Time (s)	Viewed Time (%)	Revisitors	Revisits
AOI 0	8 / 8	0.94	2.27	22.71	7 / 8	1.9
AOI 1	8 / 8	0.87	2.47	24.68	8 / 8	3.0
AOI 2	8 / 8	1.40	1.83	18.34	7 / 8	2.3
AOI 3	8 / 8	4.47	1.59	15.92	5 / 8	2.2



El mapa de calor nos aporta que la focalizacion se centra en la corona, asique decidi mantenerla en mi reina definitiva.





Analizando las variantes del rey. AOI 4 fue la que consiguió una mayor atención, además de ser también entre las primeras como primera visualización en los usuarios estudiados. Sobre AOI6 es la que tiene mayor vuelta de observación al no ser tan común.

Name	Viewers	1st View (s)	Viewed Time (s)	Viewed Time (%)	Revisitors	Revisits
AOI 4	8 / 8	2.28	2.32	23.22	8 / 8	3.5
AOI 5	8 / 8	0.76	1.61	16.11	8 / 8	4.1
AOI 6	8 / 8	0.61	2.08	20.82	7 / 8	5.0
AOI 7	8 / 8	2.80	1.52	15.19	6 / 8	3.0



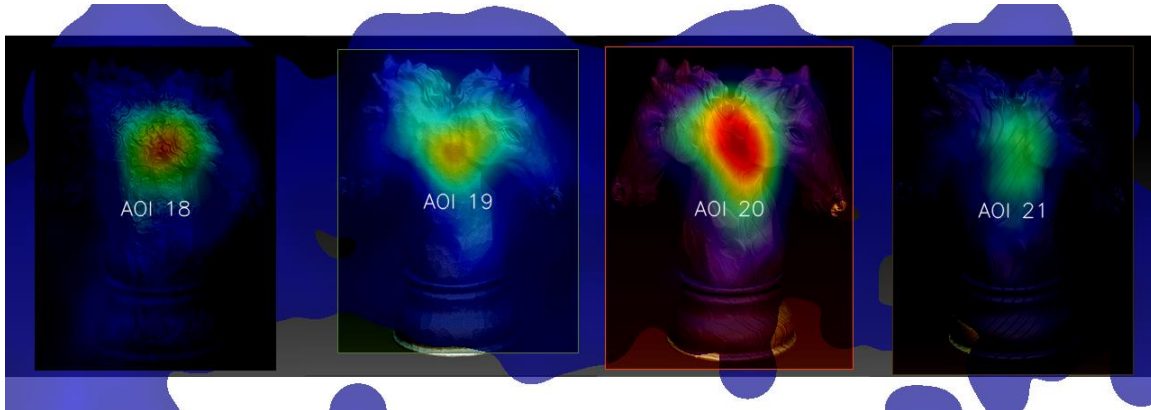
Caballos con texturizados diferentes, entre AOI21/22 son los más llamativos a primera vista.

Name	Viewers	1st View (s)	Viewed Time (s)	Viewed Time (%)	Revisitors	Revisits
AOI 18	8 / 8	1.22	2.35	23.46	8 / 8	2.0
AOI 19	8 / 8	0.07	2.22	22.17	8 / 8	3.4
AOI 20	8 / 8	2.80	2.30	23.04	7 / 8	3.7
AOI 21	8 / 8	3.65	1.30	12.98	6 / 8	1.3



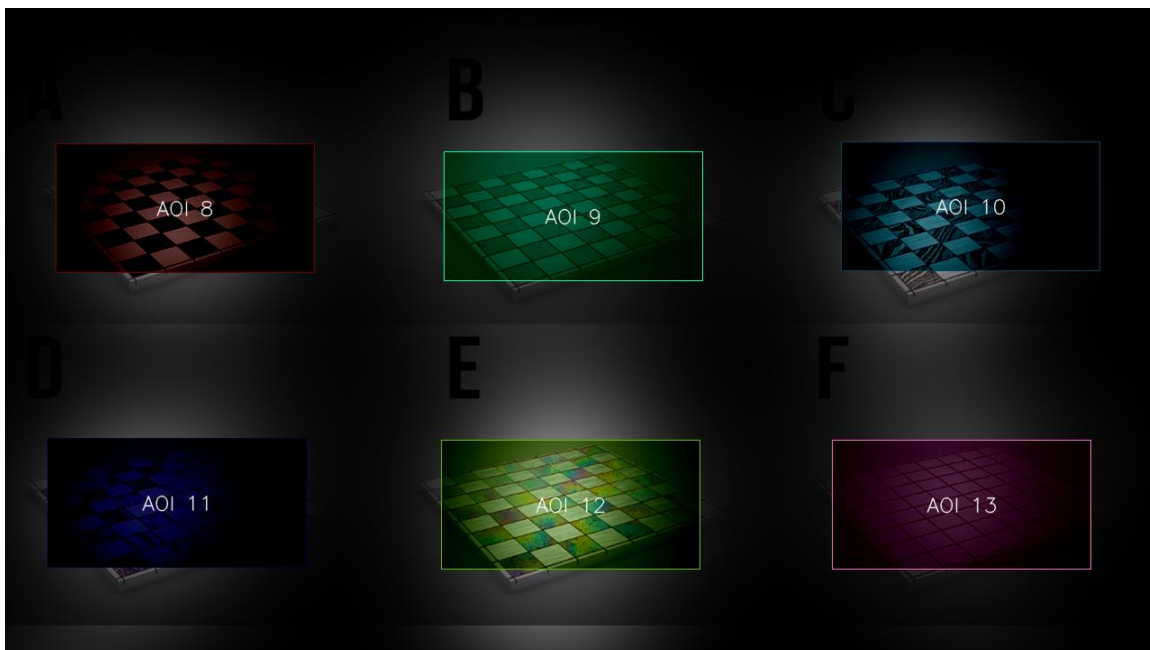


El mapa de calor muestra que AOI20, obtuvo mayor concentración. Por ello fue la unica familia texturizada que desarrolle al set completo. (pág 80)

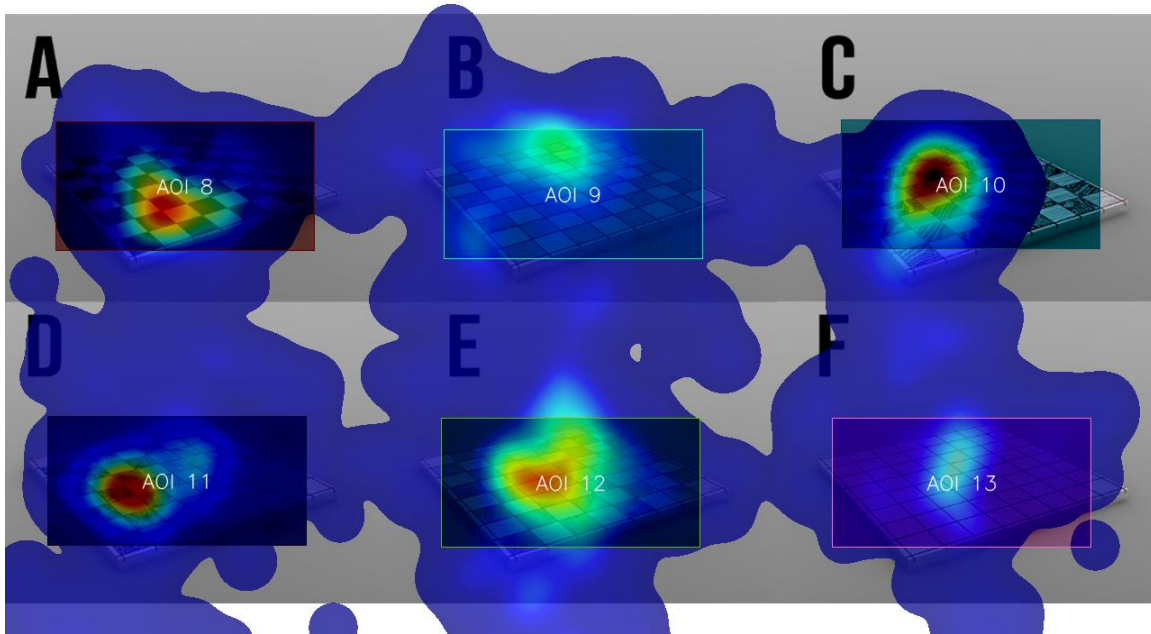


También se sometieron a prueba diferentes acabados para tableros, el tablero liso totalmente fue el que llamo la atención a primera vista, seguido de un tablero con resina, también indicar que es junto a AOI12 los que tienen colores más llamativos.

Name	Viewers	1st View (s)	Viewed Time (s)	Viewed Time (%)	Revisitors	Revisits
AOI 8	7 / 8	1.24	1.34	13.44	5 / 8	2.2
AOI 9	7 / 8	0.53	1.07	10.73	6 / 8	3.2
AOI 10	7 / 8	2.48	1.31	13.10	6 / 8	1.7
AOI 11	7 / 8	3.29	1.32	13.24	7 / 8	1.3
AOI 12	8 / 8	2.37	1.48	14.84	8 / 8	2.4
AOI 13	7 / 8	4.86	0.71	7.09	4 / 8	1.5







Para todas pequeño estudio se ha tenido en cuenta la disposición de las figuras, es decir por instinto en nuestra cultura occidental, como norma general, las imágenes centrales suelen verse primero e inconscientemente se leen de izquierda a derecha, pero como un estudio orientativo es suficiente.



## 5 RESULTADOS FINALES

### 5.1 ESTUDIO DE PROCESOS INDUSTRIALES

#### **Mecanizado**

El mecanizado es un conjunto de operaciones realizadas en una pieza de materia prima para darle una forma y tamaño final deseado eliminando material de forma controlada. Hoy en día, ha experimentado una gran evolución desde los tornos tradicionales hasta las máquinas de control numérico capaces de realizar operaciones de corte complejas mediante la ejecución de un programa.

Existen dos tipos de mecanizado:

Por abrasión: desgasta la pieza en pequeñas cantidades desprendiendo partículas de material.

Por arranque de viruta: arranca o corta el material con una herramienta dando lugar a un desperdicio llamado viruta.

Las operaciones de mecanizado se suelen clasificar en torneado, taladrado y fresado.

Cada material y aleación que pretendemos mecanizar posee sus propias características de maquinabilidad, que nos marcará los límites operativos del proceso. Existen materiales blandos como aluminio, cobre, magnesio, etc. y materiales duros, como aceros templados, titanio, níquel, etc.

Esto condiciona el proceso como velocidad de corte, velocidad de avance, profundidades de corte radial, etc.

En los procesos de corte, el 97% de la energía mecánica se transforma en térmica, a través del cizallamiento, corte y fricción entre viruta y herramienta, por ello se necesita:

- **Lubricación:** Su objetivo es reducir las fuerzas de corte y el desgaste de la herramienta, disminuye su fricción, normalmente se usa la taladrina que es compuesta por agua y aceites.
- **Refrigeración:** Mitiga el desequilibrio térmico del sistema durante el proceso.
- **Retirada de material:** La evacuación y transporte de viruta es una función muy importante de los fluidos lubricantes, si las virutas permanecen cerca de la zona de corte influyen en la precisión final de la pieza mecanizada.



Los límites del mecanizado están prácticamente en la herramienta, si las herramientas no son capaces de soportar las elevadas temperaturas de oxidación no sería posible. El desgaste de herramientas supone un factor clave en el mecanizado, como causas comunes por las que se desgastan las herramientas son:

- **Abrasión:** Producido por el contacto entre materiales más duros que la herramienta.
- **Adhesión:** Debido a la alta temperatura, el material de corte y la herramienta se sueldan y al separarse parte de la herramienta se desprende.
- **Difusión:** El aumento de temperatura de la herramienta produce difusión entre las redes cristalinas de la pieza y la herramienta, debilitando la superficie de esta.
- **Fallos mecánicos:** Fallos producidos por condiciones de corte inadecuados.

### **Materiales de la herramienta**

El material de la herramienta debe ser suficientemente duro para resistir el desgaste y la deformación, pero tenaz para resistir los cortes. Además de ser químicamente inerte, en relación con el material de la pieza de trabajo y estable para resistir la oxidación. Evitando filo recrecido y desgaste prematuro.

- Sustrato
- Aceros: Para trabajos en frío o en caliente
- Acero rápido: Una aleación de metales que contienen un 20% de partículas duras.
- Carburo cementado o metal duro: Hecho con partículas de carburo unidas por un aglomerante tras un proceso de sinterizado. Los carburos más comunes son carburo de tungsteno (WC), carburo de titanio (TiC), carburo de tantalio (TaC), carburo de niobio (NbC). El aglomerante típico es el cobalto. Estas herramientas son adecuadas para el mecanizado de aluminio y silicio.
- Carburo cementado recubierto: La base de carburo cementada es recubierta por carburo de titanio, nitruro de titanio (TiN), óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). La adhesión del recubrimiento es por deposición química por vapor. Buen equilibrio entre tenacidad y desgaste.



- Cermets: Similares al carburo cementado, pero sus partículas base son de TiC, nitruro de titanio carbono (TiCN). El aglomerante es níquel-cobalto. Buena resistencia al desgaste, alta estabilidad química y dureza en caliente. Baja tendencia a la oxidación y formación del filo recocido. Se aplican mejor a materiales que producen viruta dúctil, aceros y fundiciones dúctiles.

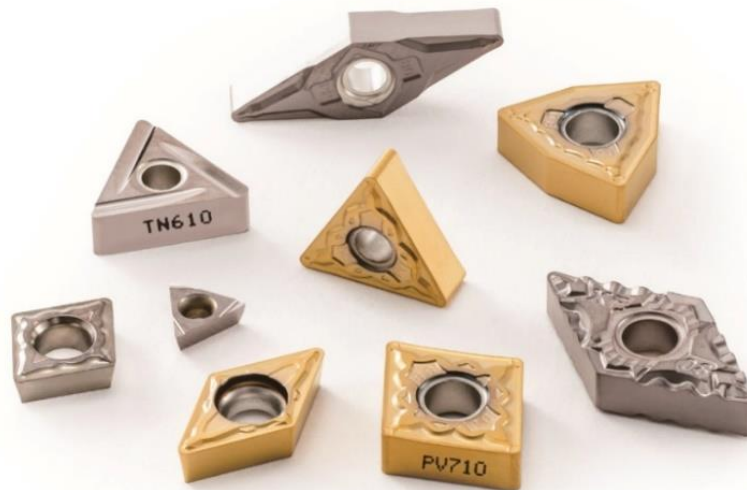


Fig 72. Plaquetas de cermets

- Cerámicos: Existen dos tipos básicos, basadas en óxido de aluminio y las de nitruro de silicio. Son duras con alta dureza en caliente, sin embargo, son muy frágiles.

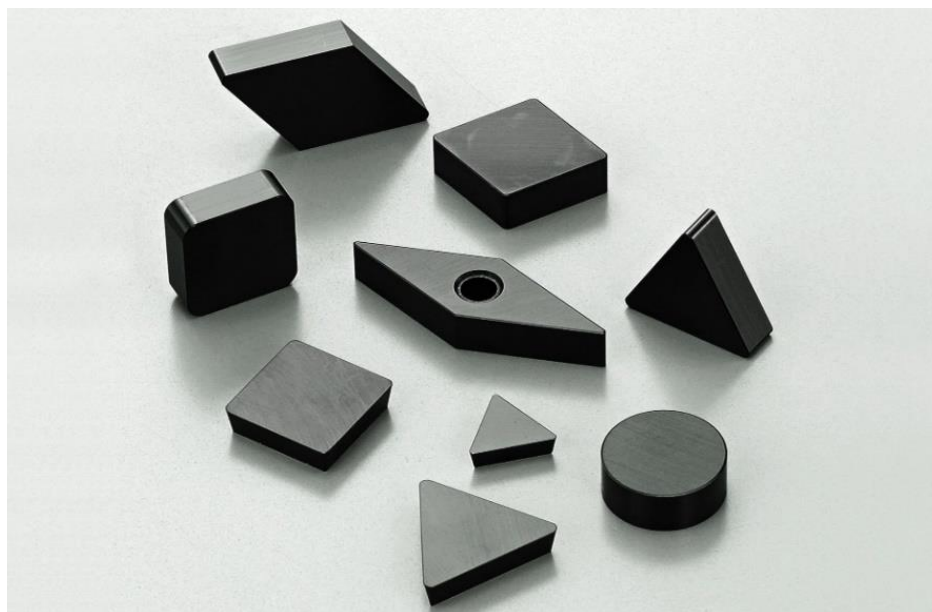


Fig 73. Plaquetas cerámicas





- Nitruro de boro: Uno de los materiales más duros, ocupa el segundo lugar después del diamante, dureza extrema en caliente, excelente resistencia al desgaste y buena estabilidad química. Frágil, pero más tenaz que los cerámicos.



Fig 74. Plaquetas de nitruro de boro

- Diamante policristalino: Casi tan duro como el diamante natural, es un diamante sintético con increíble resistencia al desgaste, baja conductividad térmica, aunque es muy frágil. La vida de la herramienta es hasta cien veces mayor que la de carburo cementado. Su temperatura de corte no debe exceder los 600°C, no puede ser usado para cortar materiales ferrosos (base principalmente de hierro).

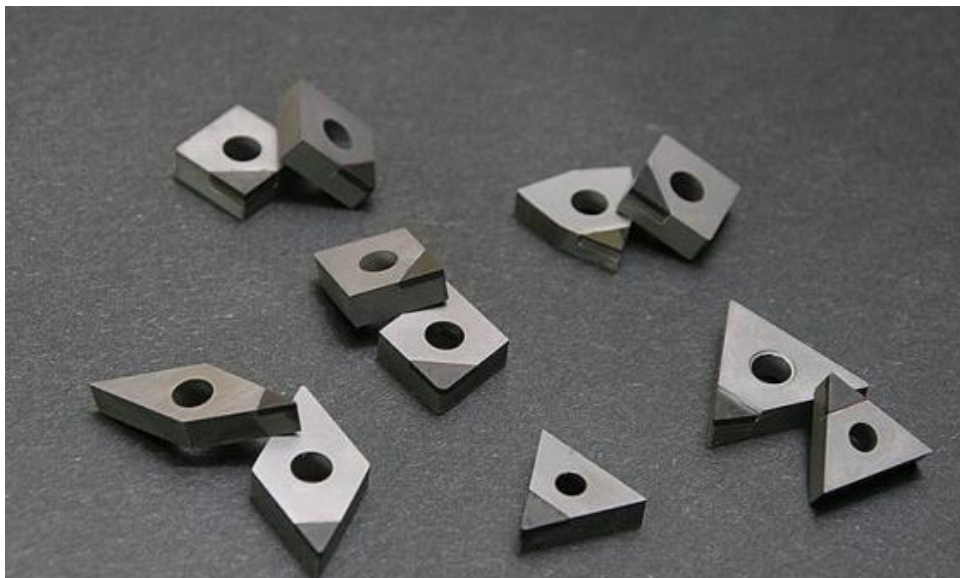


Fig 75. Plaquetas de diamante sintético



Los recubrimientos, tienen como características principales:

- Aumentar la dureza en los filos de corte
- Facilitar la disipación del calor acumulado
- Baja conductividad térmica que favorece la eliminación del calor a través de la viruta.
- Aumentan la resistencia a la abrasión. Disminuyen la afinidad herramienta-pieza.

RECUBRIMIENTO	TiN	TiCN	WC/C	TiALN + WC/C (monocapa)	TiALN (multicapa)	TiAlN (monocapa)
Micro dureza	2300	3000	1000	2600-1000	3000	3500
Coefficiente de rozamiento contra el acero	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	0.4
Temperatura máx. de trabajo	600	400	300	1000	800	800
Color	Oro	Azul-gris		Gris oscuro	Violeta – gris	Purpura-gris
Espesor del recubrimiento	1-4	1-4	1-4	2-6	1-5	1-3

Tabla 5. Propiedades mecánicas según recubrimiento en plaquitas.

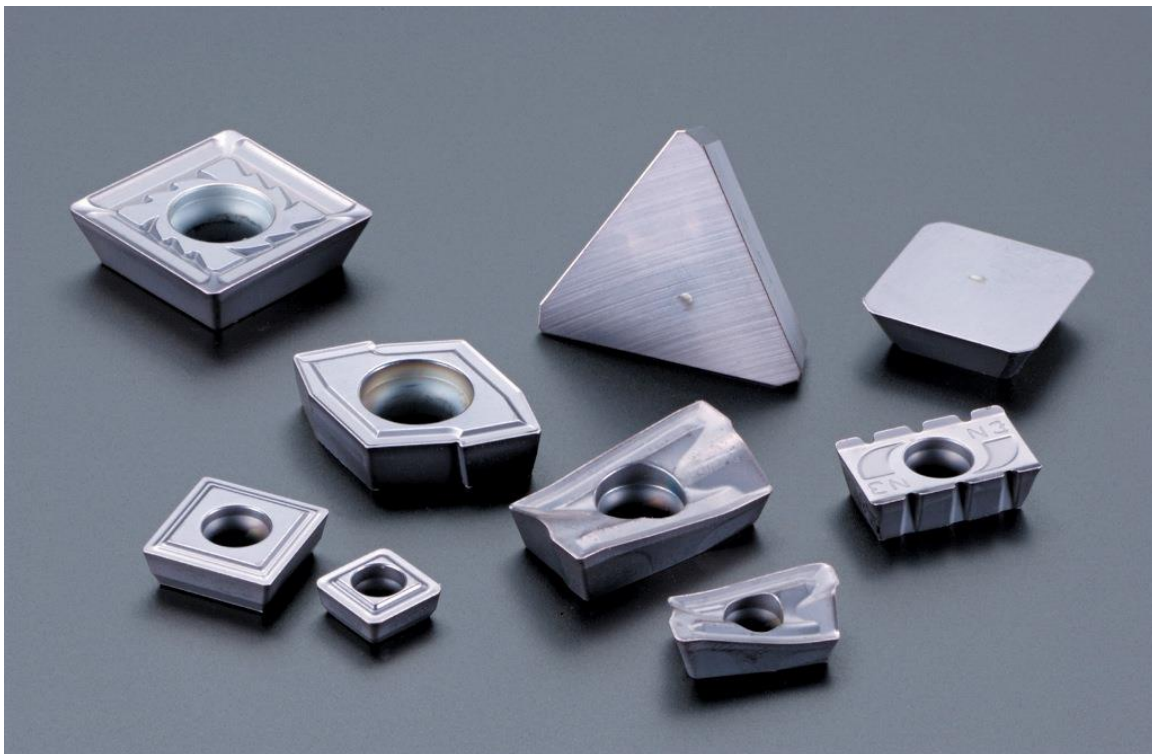


Fig 76. Plaquitas con recubrimiento



El mecanizado a alta velocidad (MAV) consiste en la optimización del mecanizado con las posibilidades de la pieza/material a mecanizar y las herramientas/maquinas disponibles. Puede aumentar la velocidad de corte entre 5-10 veces que las usadas de manera convencional.

Este proceso, requiere mayor tiempo en CAD/CAM que, en máquina, las características que nos ofrece son:

- Disminución de fuerzas de corte en los materiales dúctiles
- Mayor precisión de los contornos, mejor calidad superficial y tolerancias dimensionales
- Reducción del tiempo de pulido
- Mecanizado de una sola pasada para desbaste y acabado
- Mecanizado de paredes finas
- Reducción de tiempo y coste global
- Disminución del coeficiente de rozamiento viruta-herramienta

El mecanizado de alta velocidad requiere altas precisiones de concentricidad de la herramienta con el fin de evitar errores, actualmente los conos portaherramientas más utilizados son los tipo HSK. Los conos MAV por el gran incremento de velocidad desde 6.000rpm en el convencional hasta 40.000rpm, ha obligado a unir el cono con el husillo. Debido a que la fuerza centrífuga depende de la velocidad.



DIN69893HSK100



Portapinzas DIN69893 HSK A



No obstante, encontramos más portaherramientas en el mercado.

	Ángulo del cono	Contacto mediante brida	Método de sujeción	Transmisión del par
Cono	16.26°	No	Tirante	Chaveta de arrastre en el contacto mediante brida
BIG-PLUS®	16.26°	Sí	Tirante	Chaveta de arrastre en el contacto mediante brida
HSK-A	5.7°	Sí	Sujeción de segmento interior	Chaveta de arrastre en el cono
Coromant Capto®	2.88°	Sí	Sujeción de segmento interior	Polígono



**Cono 7/24:** Los conos siempre tienen el mismo ángulo, la ranura de agarre y rosca pueden variar. (7/24 es por su conicidad en diámetro)

**Big-plus:** El cono y la ranura son iguales que los conos tradicionales, pero aumenta la resistencia a la flexión. Se suele encontrar en centros de mecanizado verticales.

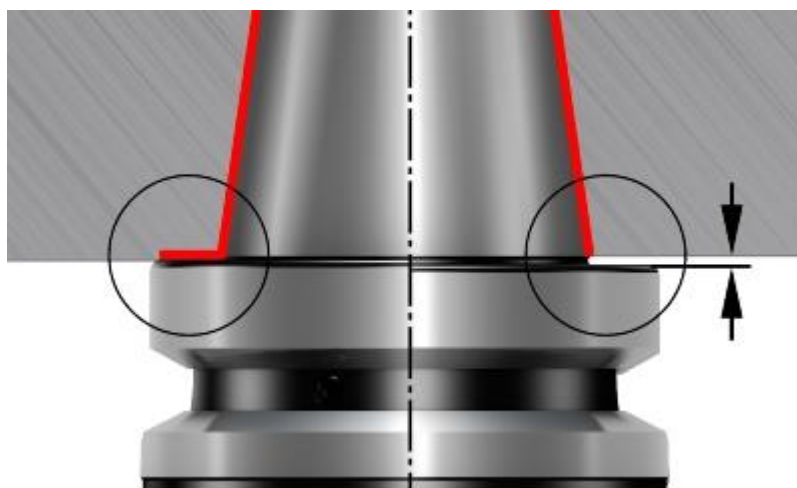
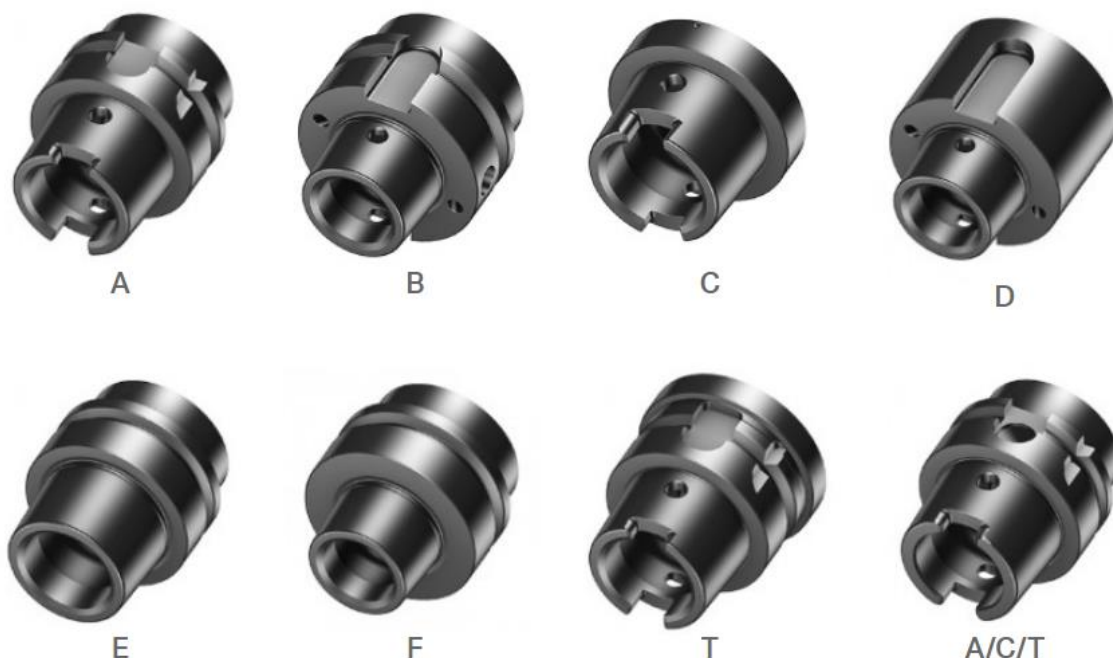


Fig 77. Contacto de cono en contorno rojo y brida con Big-Plus





**HSK:** Usado en centros de mecanizado de 5 ejes. Incorpora contacto entre brida y sujeción de segmento mediante cono hueco. Existen diferentes adaptadores.



- **Tipo A:** mecanizado general, cargas de flexión elevadas y par moderado, cambio automático de herramientas
- **Tipo B:** aplicación fija, cargas de flexión moderadas, par elevado, aplicaciones especiales, cambio de herramientas automático
- **Tipo C:** mecanizado general, cargas de flexión elevadas y par moderado, cambio de herramientas manual (ref. Tipo A)
- **Tipo D:** aplicación fija, cargas de flexión moderadas, par elevado, aplicaciones especiales, cambio de herramientas manual (ref. Tipo B)
- **Tipo E:** aplicación de alta velocidad, husillos ligeros y rápidos, momentos de flexión y par reducidos, cambio automático de herramientas, equilibrio sencillo
- **Tipo F:** aplicaciones de velocidad moderada, mecanizado de materiales blandos, momentos de flexión y par medios, cambio automático de herramientas, equilibrio sencillo
- **Tipo T:** aplicaciones giratorias y estáticas con tolerancias más estrechas en la ranura guía (para el posicionamiento de la herramienta). No se precisa ningún "cuello" y, por tanto, la capacidad del momento de flexión es mayor








**Capto:** Cubre las ventajas de HSK y Big-Plus, ha eliminado el uso de chavetas de arrastre (ranuras donde empuja la herramienta) por el uso de un polígono cónico con contacto frontal. Aporta fuerza de sujeción proporcionando resistencia a la flexión.

Acoplamiento	Tamaño y tipo de sujeción	Fuerza de sujeción (tirantes)		Max rpm (En función del husillo y los rodamientos)
		N	lbs	
BIG-PLUS® ISO/CAT/BT Cono 7/24	Cono 40	12000	2703	16000
	Cono 50	24000	5405	12000
HSK-A	HSK-A 63	18000	4054	20500
	HSK-A 100	45000	10135	12500
	HSK-A 125	70000	15766	9500
Coromant Capto®	C5	32000	7207	28000
	C6	41000	9234	20000
	C8	50000	11261	14000
	C10	70000	15766	10000



Los tipos de adaptadores son:

					
	Portapinzas hidráulico de gran precisión	Ajuste por contracción térmica	Portapinzas	Portapinzas ER	Weldon
Seguridad de extracción, transmisión del par	Muy buena	Muy buena	Buena	Aceptable	Muy buena
Manipulación sencilla	Muy buena	Aceptable	Buena	Buena	Muy buena
Alta precisión	Muy buena	Muy buena	Buena	Aceptable	Aceptable
Flexibilidad	Muy buena	Buena	Muy buena	Muy buena	Aceptable
Accesibilidad	Muy buena	Muy buena	Aceptable	Buena	Aceptable

**Hidraulico:** La membrana hidraulica proporciona gran fuerza de sujecion y alta precision. Pueden utilizarse boquillas lo que reduce el numero de portapinzas, ademas puede suministrar refrigerante a traves del interior de la herramienta.

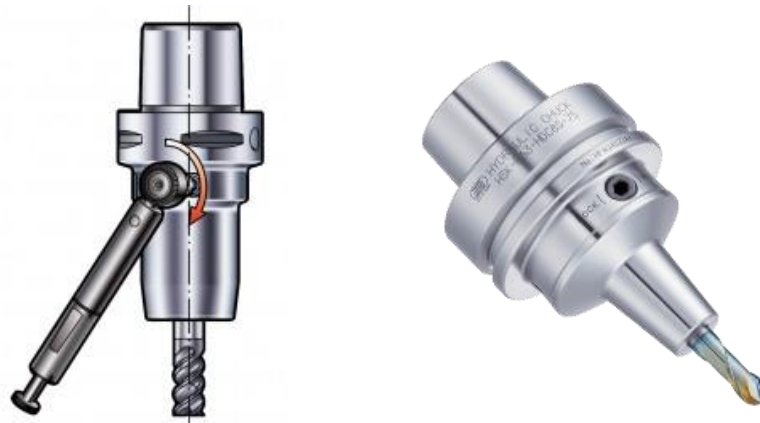


Fig 78. Portapinzas hidraulico



**Termico:** El agujero es ligeramente mas pequeño que el diametro de la herramienta, el portapinzas se calienta y se dilata debido a la expansion termica, por contraccion la herramienta queda fijada. Se precisa un equipo de calentamiento especifico.

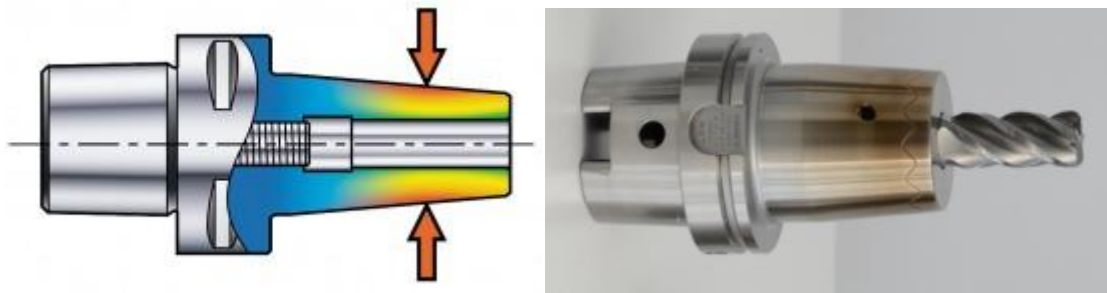


Fig 79. portapinzas termico

**Weldon:** Portapinzas tradicional hasta la fecha, utilizado para aplicaciones de fresado. El inconveniente es la precision de desviacion, factor muy importante en herramientas de fresado. Estan siendo sustituidos por termicos o hidraulicos.



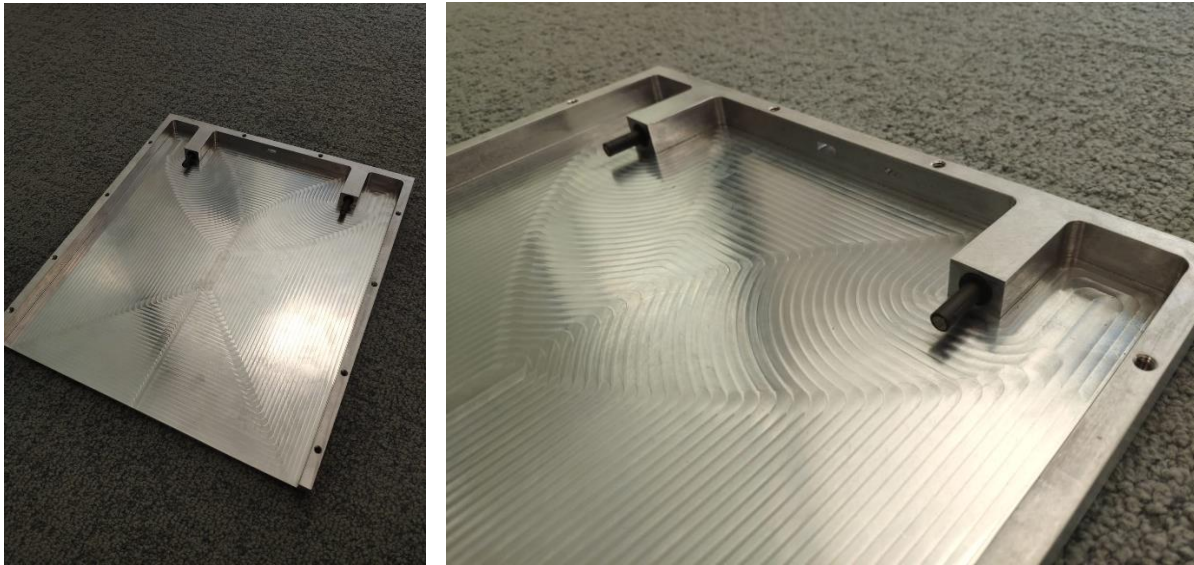
Fig 80. Portapinzas tradicional

He profundizado mucho sobre este tema, ya que inicialmente, iba a ser el único proceso utilizado en mi proyecto, ya que las piezas de ajedrez se pueden fabricar en un torno, y las demás piezas podrían fabricarse en una fresadora, el caballo escultórico se podría fabricar con un ciclo de copiado. Además, me parece muy interesante y he querido aprender más sobre él.





Mediante este proceso, se fabricó el tablero y el pedestal:







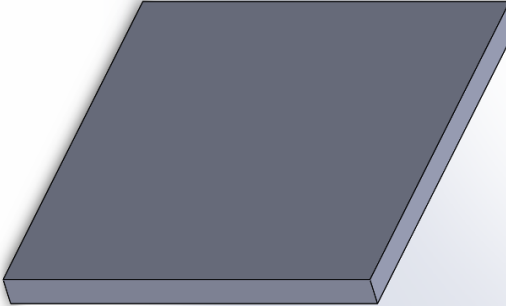
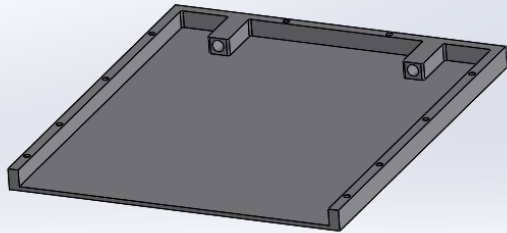
Tablero en pedestal con los expulsores, posición máxima y mínima permitida.



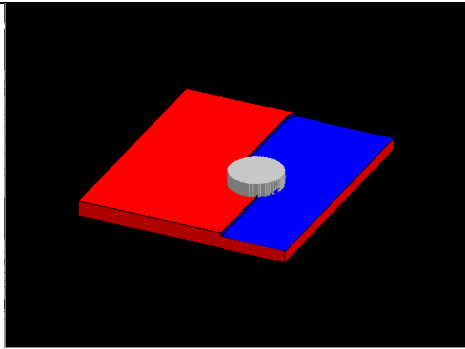
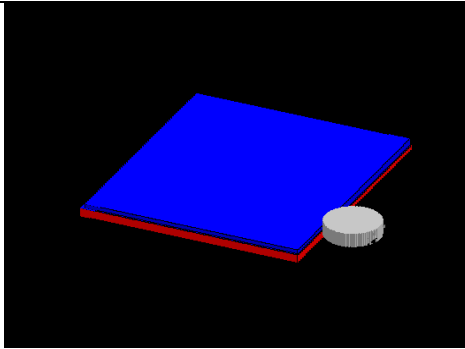
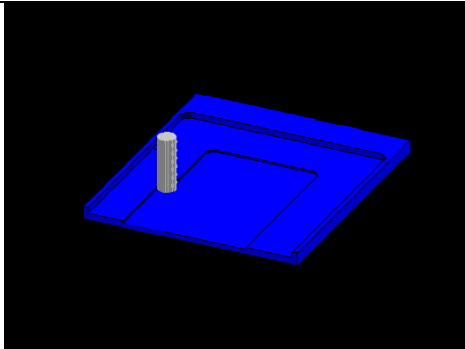


**PROGRAMA CNC PEDESTAL:**

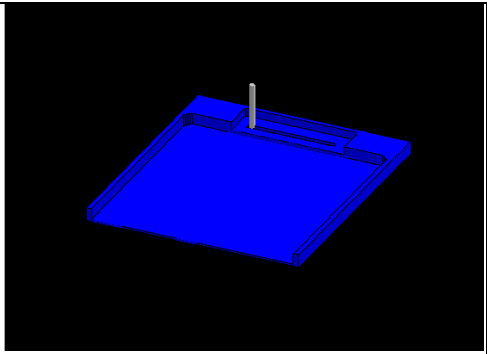
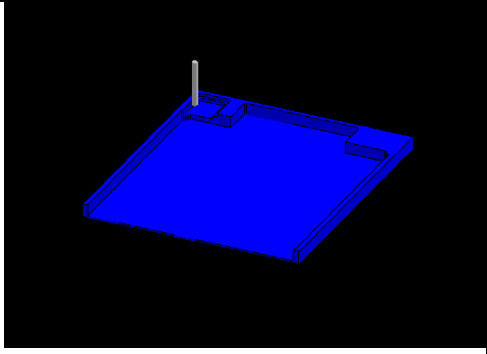
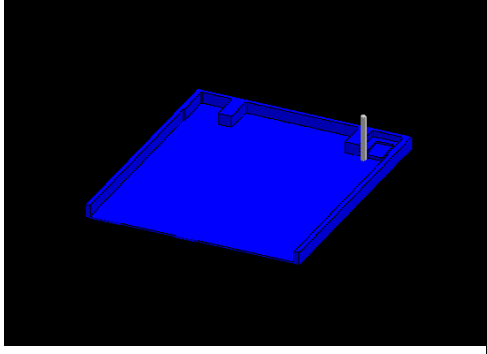
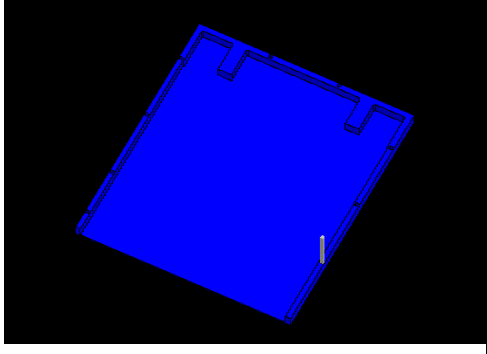
<b>Tabla de Herramientas</b>		
<b>Denominación</b>		<b>Descripción</b>
	T3 D1	Broca de taladrado 5,2 $\varnothing$
	T4 D1	Fresa plana 8 mm $\varnothing$
	T5 D5	Fresa plana 12.5 mm $\varnothing$
	T6 D1	Herramienta de planeado y contorneado de 80mm $\varnothing$

<b>BRUTO</b>	<b>DISEÑO</b>
<p>Se parte de un bruto de 365x323x25</p> 	<p>Dimensiones de pieza 362x321x20</p> 



<b>Denominación</b> Pedestal <b>N de plano</b> AMR_01F <b>Material</b> Aluminio 6082 <b>Cantidad</b> 1		<b>HOJA DE PROCESO</b>	
Fase/Op	Designación	Herram.	Croquis
<b>FASE 1</b>			
Operación 1	Fresado superior. Planeado de 5 mm	T6D1	
Operación 2	Fresado perimetral. Contorneado. 3mm en Y, 2mm en X	T6 D1	
Operación 3	Cajeado central G87	T5 D1	

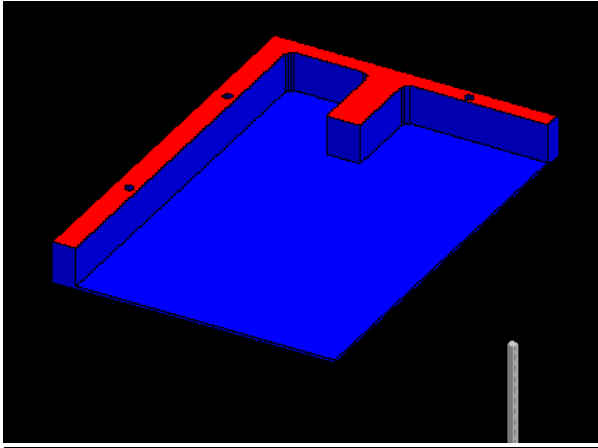


<i>Operación 4</i>	Cajeado superior G87	<i>T4 D1</i>	
<i>Operación 5</i>	Cajeado izquierdo G87	<i>T4 D4</i>	
<i>Operación 6</i>	Cajeado derecho G87	<i>T8 D8</i>	
<i>Operación 7</i>	Taladrado G81	<i>T3D1</i>	





## Imagen 2, operación 7: Taladrados.



## PROGRAMA

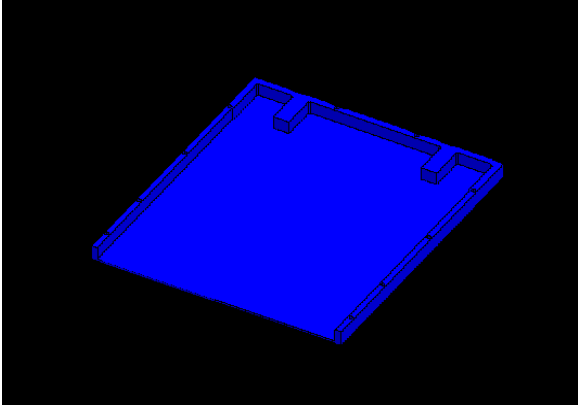
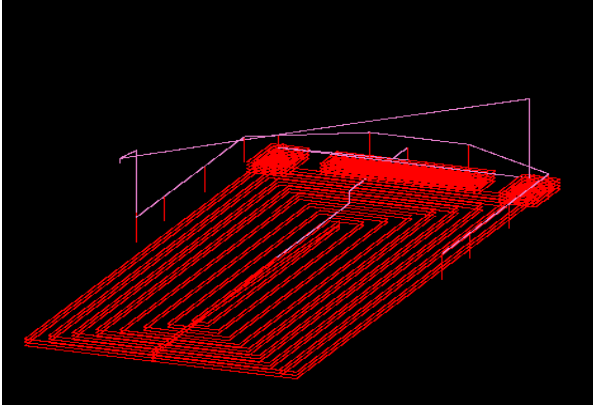
### FASE 1

```
#DGWZ [0,325,0,365,-20,5]
G00 X-60 Y20 Z100
T6 D1; PLANEADO SUPERIOR
M6
G94 G97 F600 S1000 M3
Z0
N1:
G1 X60I
G1 Y365I
G1 X60I
G1 Y-365I
N2:
#RPT[N1, N2,2]
G00 X-60 Y 20 Z100
Z-5; FRESADO PERIMETRAL
N3:
X-38.5
Y403
X359.5
Y-38
X0
Z-5I
N4:
#RPT[N3,N4,3]
G00 Z100
```



T5D1; CAMBIO DE HERRAMIENTA  
M6  
G94 G97 F380 S1900 M3  
G1 X160.5 Y182.5  
G92 X0 Y0; PUNTO COORDENADAS CENTRO PIEZA  
G0 X0 Y181; PUNTO CENTRAL CAJERA  
G99 Z20  
G87 Z5 I-16 D5 J150.5 K307 M0 B5 V300; CAJERA INTERNA  
G80  
G00 X0 Y0  
T4D1; FRESA 4  
M6  
M6 G94 G97 F380 S1900 M3  
G0 X0 Y-145.5; PUNTO CENTRAL CAJERA 2  
G99 Z20  
G87 Z5 I-16 D5 J84.5 K25.5 M0 B5 V300  
G80  
G0 X127.5 Y-136; PUNTO CENTRAL CAJERA 3  
G99 Z20  
G87 Z5 I-16 D5 J23 K35 M0 B5 V300  
G0 X-127.5 Y-136; PUNTO CENTRAL CAJERA 4  
G80  
G00 Z100  
G00 X0 Y0  
G92 X-160.5 Y-181; CAMBIO DE COORDENADA A ESQ. INF. IZQD  
X0 Y0  
T3D1; FRESA TALADRAR 5,2  
M6  
G94 G97 F294 S1470 M3  
G00 G90 Z100  
X-5.2 Y-30  
Z25; PLANO DE PARTIDA  
G81 Z20 I-9.8 K1  
Y-100  
Y-200  
Y-300  
X-110 Y-357  
X-210 Y-357  
X-315 Y-300  
Y-200  
Y-100  
Y-30  
M30





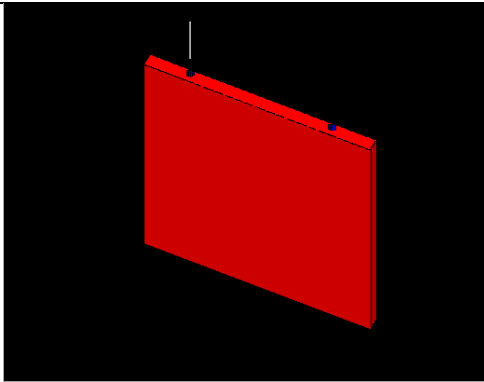
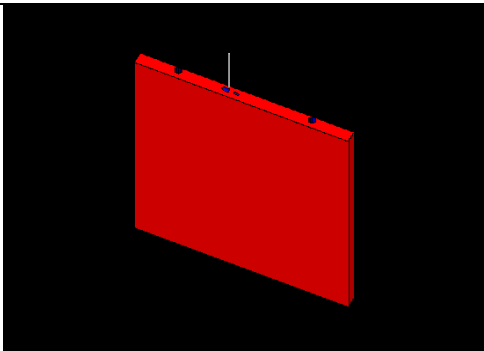
<b>Resultado</b>	
<b>Pieza acabada</b>	<b>Trayectorias</b>
	

## FASE 2

#DGWZ [0,20,0,321,-362,0] ;PIEZA EN VERTICAL  
T2D1 ;FRESA TALADRAR 5,5  
M6  
G94 G97 F294 S1470 M3  
G90 Z3 X12.5 Y60  
Z5; PLANO DE PARTIDA  
G81 I-55 K1  
Y261  
T1D1; FRESA 2,6  
M6  
G94 G97 F380 S1900 M3  
G01 X9.9 Y170.4 Z-2  
Y5.8I  
Z-4 Y-5.8I  
Y5.8I  
Z-6 Y-5.8I  
Y5.8I  
Z-8 Y5.8I  
Y5.8I  
Z-10 Y-5.8I  
Y5.8I  
Z5  
G01 X8 Y184.1 Z-2  
Z-4 X12.6 Y196.3  
Z-6 Y184.1  
Z-8 Y196.3  
Z-10 Y184.1  
Z6  
M30

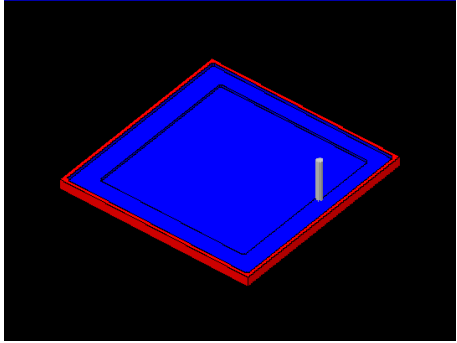
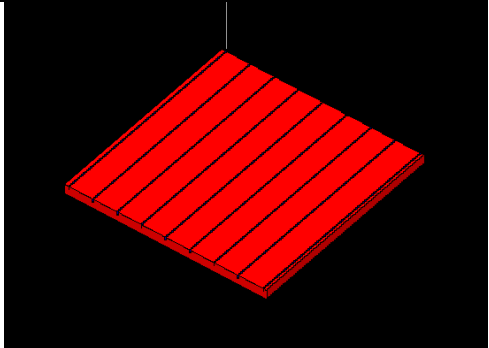
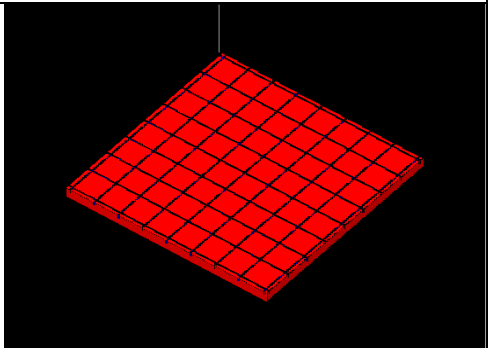


<b>Tabla de Herramientas</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>	
	T2 D1	Broca de taladrado 5,5 Ø
	T4 D1	Fresa plana 2.6 mm

<b>Denominación</b>		<b>HOJA DE PROCESO</b>	
<b>N de plano</b>	Pedestal		
<b>Material</b>	AMR_01F		
<b>Cantidad</b>	Aluminio 6082		
	1		
<b>Fase/Op</b>	<b>Designación</b>	<b>Herram.</b>	<b>Croquis</b>
<b>FASE 2</b>			
Operación 1	Taladrado expulsores.	T2D1	
Operación 2	Fresado ranuras tipo c y USB	T4 D1	





**PROGRAMA CNC TABLERO:**

<b>Denominación</b> Tablero <b>N de plano</b> AMR_02F <b>Material</b> Aluminio 6082 <b>Cantidad</b> 1		<b>HOJA DE PROCESO</b>	
Fase/Op	Designación	Herram.	Croquis
<b>FASE 1</b>  Operación 1	Vaciado superior.  Fresado de 7.5 mm	<i>T8D1</i>	
<b>FASE 2</b>  Operación 1	Fresado en X	<i>T7 D1</i>	
Operación 2	Fresado en Y	<i>T7 D1</i>	





<b>Tabla de Herramientas</b>		
<b>Denominación</b>		<b>Descripción</b>
	T8 D1	Fresa de 10 $\emptyset$
	T7 D1	Fresa plana 1.1 mm $\emptyset$

**FASE 1:**

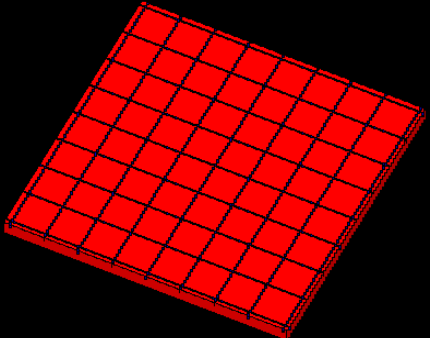
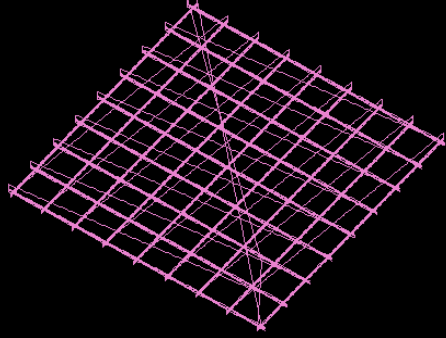
```
#DGWZ [0,300,0,300,-15,0] ;BRUTO
G00 X0 Y0 Z100
T8D1; FRESADO CAJERA INTERNA
M6
G94 G97 F600 S1000 M3
G0 X150 Y150 ;PUNTO CENTRAL CAJERA
G99 Z20
G87 Z5 I-7.5 D5 J145 K145 M0 B5 V300
G80
M30
```

**FASE 2:**

```
#DGWZ [0,300,0,300,-15,0] ;BRUTO
G00 X0 Y0 Z100
T7D1 ;FRESA 1
M6
X0 Y5 Z0
N1:
X300 Z-1
X0 Z-1I
X300 Z-1I
X0 Z-1I
X300 Z-1I
Z5
N2:
X0 Y36.1I Z0
#RPT[N1,N2,1]
N3:
X0 Y36.1I Z0
#RPT[N1,N3,6]
X0 Y0 Z5
X5 Y0 Z0
```



N4:  
Y300 Z-1  
Y0 Z-1I  
Y300 Z-1I  
Y0 Z-1I  
Y300 Z-1I  
Z5  
N5:  
X36.1I Y0 Z0  
#RPT[N4,N5,1]  
N6:  
X36.1I Y0 Z0  
#RPT[N4,N6,6]  
M30

<b>Resultado</b>	
<b>Pieza acabada</b>	<b>Trayectorias</b>
	



## FUNDICIÓN

Se denomina fundición al proceso de fabricar piezas comúnmente metálicas, consiste en elevar la temperatura hasta el punto de fusión del metal utilizado hasta que sus moléculas se modifican cambian de estado sólido a líquido para introducirlo en una cavidad llamada molde donde se deja enfriar y solidifica.

Existen dos tipos de fundición, en molde desechable el cual debe ser destruido para retirar la pieza, normalmente se hacen de arena, yeso o materiales similares y mantienen su forma usando aglomerantes. Molde permanente, puede usarse muchas veces para producir fundiciones en cantidad, está hecho de metal o de alguna cerámica refractaria, soporta temperaturas más altas y consta de dos o más secciones para permitir la extracción de la pieza, es mucho más complejo y caro.

Para ambos se debe partir de un modelo que define la cavidad que se pretende reproducir y se ha de sobredimensionar, debido a la contracción del modelo una vez enfriado a temperatura ambiente. Las superficies del modelo deben respetar ciertos ángulos de salida mínimos para su desmoldeo, normalmente entre  $0,5$  y  $2^\circ$ .



Fig 81. Proceso de fundición.



Ventajas:

- Permite producir piezas con formas muy complejas.
- Permite metales y aleaciones no aptos para el conformado por deformación o soldadura.
- Reduce material.

Factores que influyen

- Tiempo de solidificación: Regla de Chvorinov.

TST: Tiempo de solidificación (min)

V: Volumen de fundición (cm<sup>3</sup>)

A: área de fundición (cm<sup>2</sup>)

Cm: Constante del molde

N: Exponente generalmente 2

$$TST = Cm \left( \frac{V}{A} \right)^n$$

- Contracción.
- Solidificación direccional.
- Diseño de mazarotas: Similar a los respiraderos.

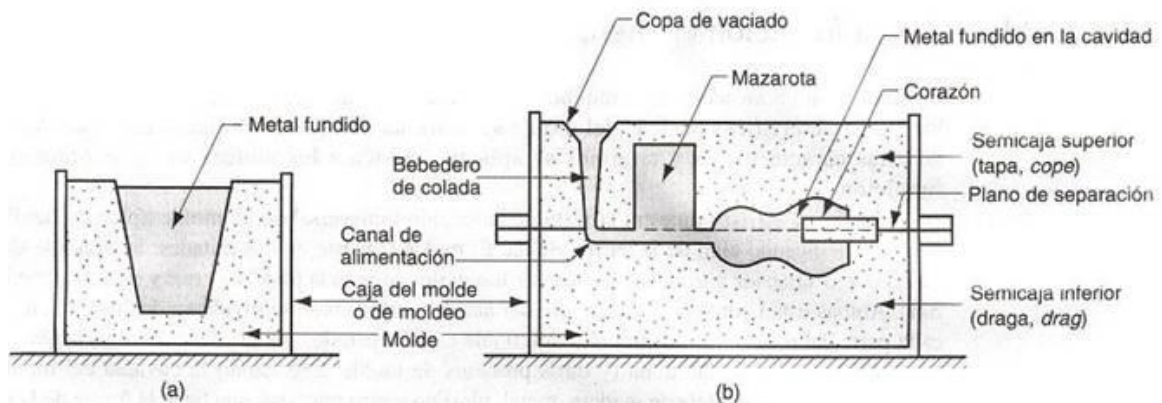


Fig 82. Molde simple y molde compuesto.



Valores de referencia para las contracciones lineales de las piezas fundidas.

Tabla B.1

Material	Contracción en %
Fundición gris	1,0
Fundiciones de grafito esferoidal, no recocidas	1,2
Fundiciones de grafito esferoidal, recocidas	0,5
Fundiciones austeníticas (fundiciones resistentes al desgaste)	2,5
Aceros fundidos	2,0
Aceros fundidos austeníticos al manganeso	2,3
Fundiciones maleables de corazón blanco	1,6
Fundiciones maleables de corazón negro	0,5
Aleaciones de aluminio fundidas	1,2
Aleaciones de magnesio fundidas	1,2
Cobre fundido	1,9
Aleaciones de cobre-estaño fundidas (bronces fundidos)	1,5
Aleaciones de cobre-estaño-cinc fundidas (metal de amas)	1,3
Aleaciones de cobre-cinc fundidas (latones fundidos)	1,2
Aleaciones de cobre-cinc-(Mn, Fe, Al) fundidas (latones especiales fundidos)	2,0
Aleaciones de cobre-aluminio-(Ni, Fe, Mn) fundidas (bronce-aluminio fundidos)	1,9
Aleaciones de zinc fundidas	1,3
Aleaciones fundidas para cojinetes (metales blancos)	0,5
Aleaciones de níquel fundidas	2,1

Fig 83. Tabla de contracciones normativa UNE 12890

Este proceso, es interesante por su relación calidad-precio en función de la producción que iba a realizar. Por eso he decidió avanzar mi producto a través de este proceso industrial.





## Imágenes del proceso empleado en fundición.

Moldes de silicona usando los prototipos de las piezas.







Cera Ibercer para sacar las copias, se deposita sobre el molde de silicona y se deja enfriar.



Se dio espesor a la pieza y se cegaron los agujeros para evitar contrasalidas, que fueron marcados para su posterior taladrado.





Piezas finales en bronce sin trabajar, las piezas se fundieron a modo de arbol, para optimizar el espacio.







Las piezas de bronce se fueron trabajando con limas, lijas y herramientas tipo dremel, para rectificar los defectos de fundición, como pequeñas burbujas de aire, alinear anillos con cinces continuando con la forma de la figura, en algunas zonas se aportó material, con una pequeña soldadura de bronce.





La base se corto por la mitad, con el fin de simplificar el molde. Una vez fundidas las dos partes en aluminio se soldó y se rectificó.



El proceso de fundición del caballo, fue en arena. Se creó un cajón de madera de dimensiones aptas para el modelo, en su interior contenía una primera cama de arena de diferente tamaño de grano. La mezcla se compone de arena de silice y un aglutinante que proporciona la consistencia del molde. La arena de silice concede la refractariedad necesaria para resistir las altas temperaturas de trabajo, existe de diferente gramaje, el grano gordo en la parte inferior para mejorar la permeabilidad, y el grano fino en la parte superior, en contacto con el modelo, para proporcionar un mejor acabado superficial. El molde contiene una línea de separación que lo divide en semimole superior e inferior, así como una serie de claves para fijar las dos partes. El ángulo de salida para el desmoldeo para moldes de madera se encuentra entre  $3^\circ$  y  $0,5^\circ$  según indica UNE EN 12890:2001.

La arena ha de compactarse, se realiza según el nivel de producción, para alta producción se realizan procesos automatizados con máquinas especializadas de apisonamiento, para baja producción se realiza de forma manual, el apisonamiento es progresivo, mayor en las proximidades al modelo proporcionando capas de densidad variable verticalmente.

Para la creación del orificio de colara, bebedero y respiraderos se usaron unas guías. Se abre el molde y se retira el modelo original y las guías. Con esto obtenemos el negativo de la pieza en el molde de arena preparado para vertido del metal líquido.





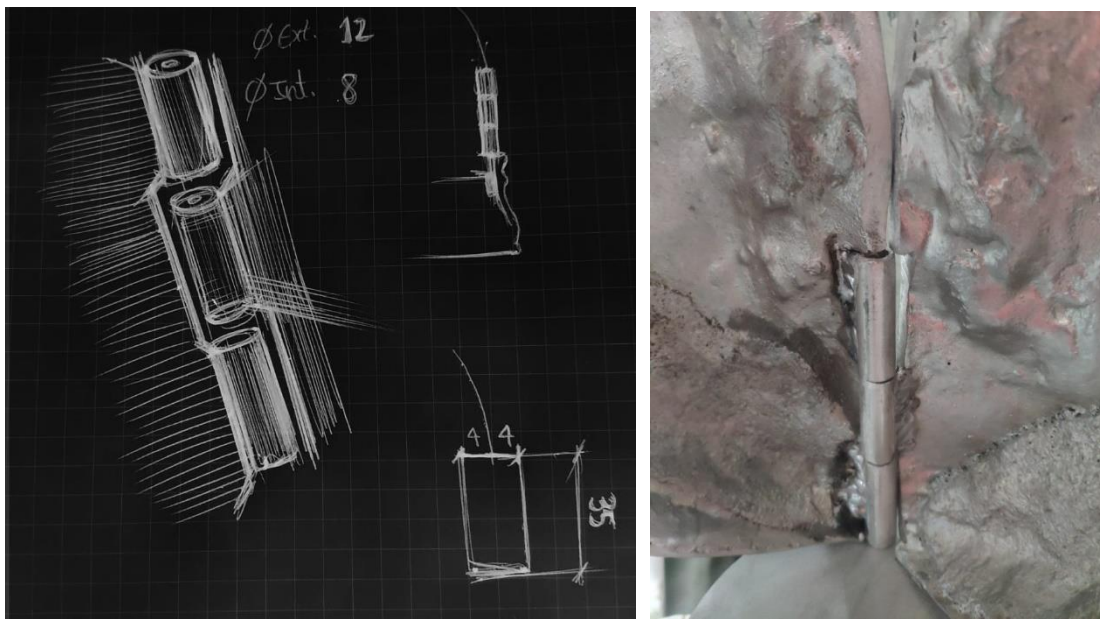
Para el vertido del metal, se hace por gravedad, la velocidad de vaciado debe ser adecuada y constante para no crear turbulencias, estas turbulencias suelen generar oxidados metalicos que dificultan la solidificacion.



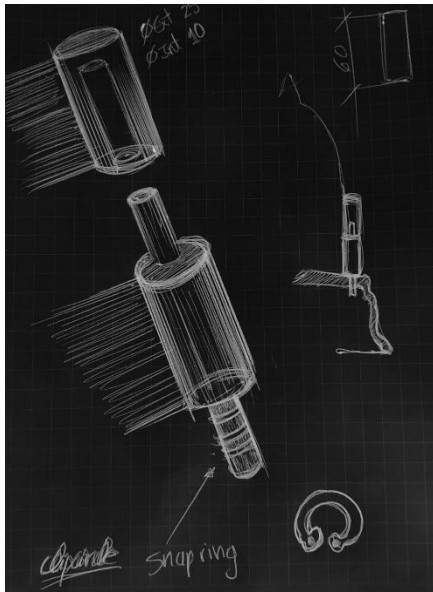
El mayor problema estuvo en el diseño de la bisagra, al trabajar con un taller mas artesano que tecnico, la bisagra no quedo con el resultado esperado.

Originalmente debia ir trabajado en cera, se le añadia una masa de cera y se moldeaba para crear la bisagra de una manera mucho mas integrada por el propio caballo, por problemas tecnicos de la fundicion no se pudo realizar por este metodo, asique se buscaron alternativas.

La primera opcion, fue crear unos cilindros de 12mm de medida externa y 8mm de medida interna, con una longitud de 35mm. Dos de estos cilindros irian soldados a la parte izquierda del caballo y el restante en la parte derecha. Esta bisagra estaba situada en la linea vertical del caballo, 4mm dentro y 4mm fuera por lo que de disimulaba muy bien pero chocaba ligeramente en algunos puntos y el caballo no cerraba completamente. Por dentro de estos cilindros pasaba el tornillo DIN 912 de M8 que roscaba en la base.



La segunda opción que se planteó fue una bisagra mucho más rígida, creando un pernio, con el pinet superior ciego y el inferior con doble eje, uno que encastraría al superior y el otro a la base, este eje es pasante y tiene ranuras para colocar un *snap ring* impidiendo que el caballo se desorenda. El mayor inconveniente era que desplazaba el caballo hacia delante, y no era el diseño originalmente planteado. Las medidas de la bisagra han debido de ser muy estrictas, con una calidad IT10

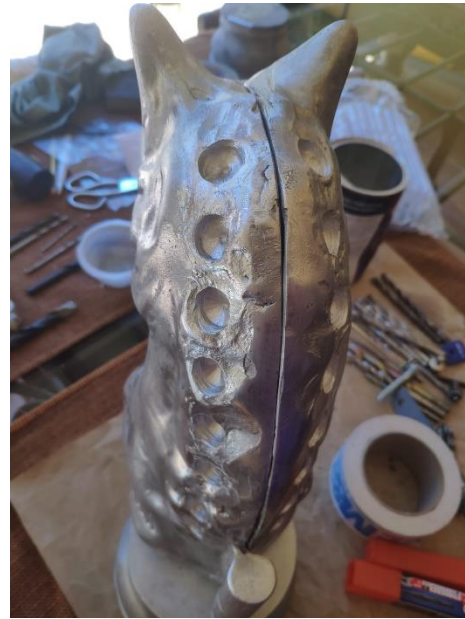
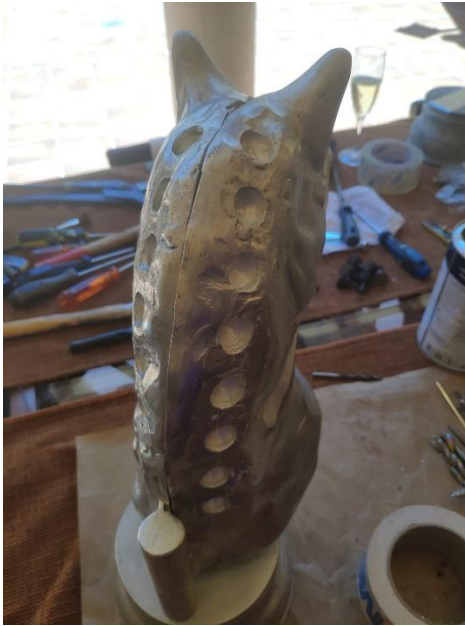


Grupos de Diámetros (mm)	CALIDADES																	
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
$d \leq 3$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$3 < d \leq 6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$6 < d \leq 10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
$10 < d \leq 18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
$18 < d \leq 30$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
$30 < d \leq 50$	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
$50 < d \leq 80$	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
$80 < d \leq 120$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
$120 < d \leq 180$	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
$180 < d \leq 250$	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
$250 < d \leq 315$	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
$315 < d \leq 400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
$400 < d \leq 500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
	Ultrapre- -cisión		Calibre y piezas de gran precisión			Piezas o elementos destinados a ajustar						Piezas o elementos que no han de ajustar						

Fig 84. Tabla de calidades según diámetro.

Respecto a los agujeros, para alojar los peones, finalmente se hizo un agujero a 15mm, para alojar un imán 15x5. Se fue taladrando progresivamente hasta alcanzar el diámetro deseado. La broca final fue una DIN 338 HSS( High Steel Speed), OX(Acabado vaporizado), con mango reducido a 12,70mm.





Para el taladrado de los peones, se uso una broca DIN 338 HSS de 10mm. Se creo un util, para insertar el peon sobre una madera, ademas se aumento la estabilizacion con una llave de fontaneria, protegiendo el peon con un caucho.





## INYECCIÓN

El moldeo por inyección es un proceso semicontinuo, consiste en inyectar un polímero o un metal en estado fundido en un molde a presión.

Las ventajas de este proceso es la versatilidad, tiene una gran rapidez de fabricación, alto nivel de producción a bajo coste, posibilidad de crear geometrías muy complejas imposibles para otros procesos industriales. Buenos acabados superficiales, gran variedad de colores, transparencias u opacidades.

En mi caso, elegiría una inyección de metal, MIM (Metal injection moulding) combina la flexibilidad y alta productividad de inyección de los termoplásticos con las prestaciones mecánicas de una pieza metálica.

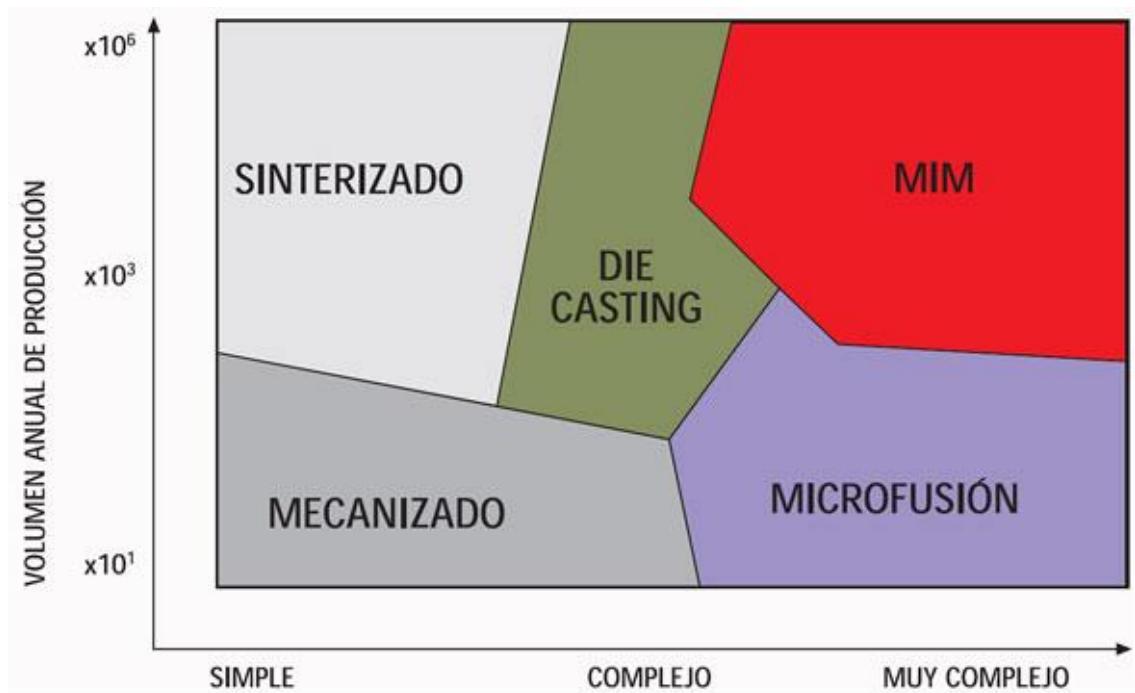


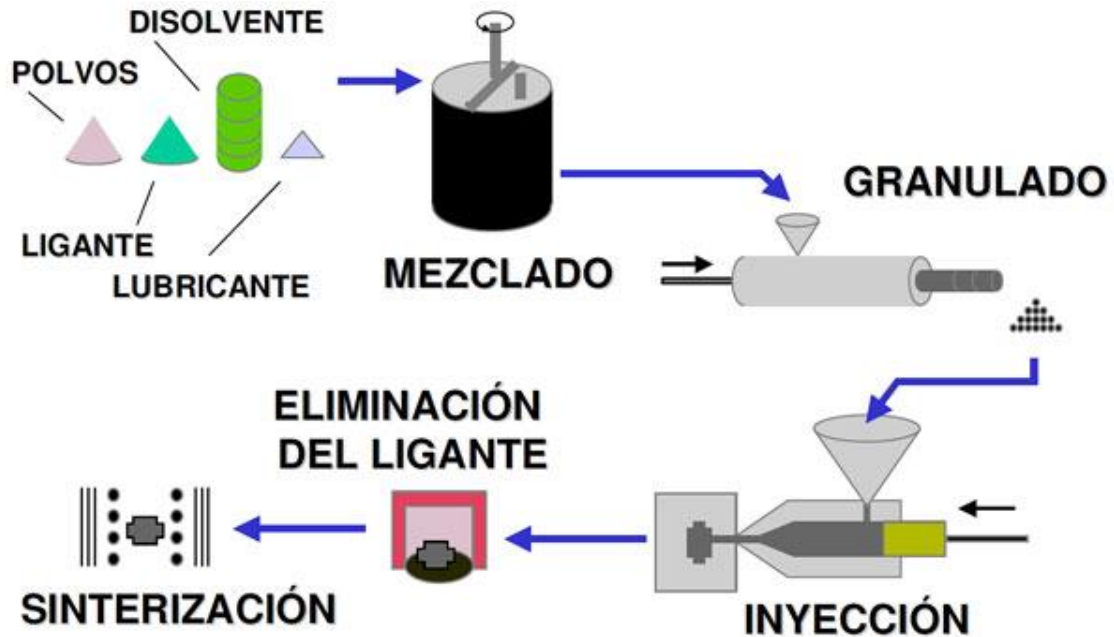
Fig 85. Relación volumen-complejidad en diferentes procesos.

El mayor inconveniente en mi producto a la hora de escoger este proceso, que comienza a ser rentable a grandes lotes, en mi caso, al ser enfocado a coleccionistas, se harían menos unidades a un precio mayor, aunque se podría realizar un buen estudio para fabricar en masa a un coste mucho menor. Existe la posibilidad de inyectar aluminios serie 6 y serie 7.





El proceso es muy similar al de inyección de plástico, solo que finalmente tiene una sinterización para fortalecer las uniones, como es el caso del prototipado rápido BJ.



Características técnicas de este proceso:

ATRIBUTO	NORMAL	MAXIMO	MINIMO
Espesor de pared	3-9 mm	25 mm	0,3 mm
Variación del espesor	X1,5	X5	-
Peso	5-20g	120g	0,05g
Diámetro de agujeros	5-10 mm	-	0,2 mm
Rugosidad superficial	8 $\mu$ m	4 $\mu$ m	20 $\mu$ m
Tolerancia general	+/- 0,5%	+/- 0,3%	-
Radios	0,3 mm	-	0,1mm
Angulo de desmoldeo	1º	-	0, 5º
Densidad	98,5%	100%	97%
Complejidad geométrica	Media/Alta	Muy alta	-

Tabla 6. Características inyección.



## PWF

Las tecnologías de powder bed fusión, es una técnica de fabricación aditiva basada en la deposición de sucesivas capas de material en polvo, producen una parte solida utilizando una fuente térmica que induce la fusión o sinterización entre las partículas.

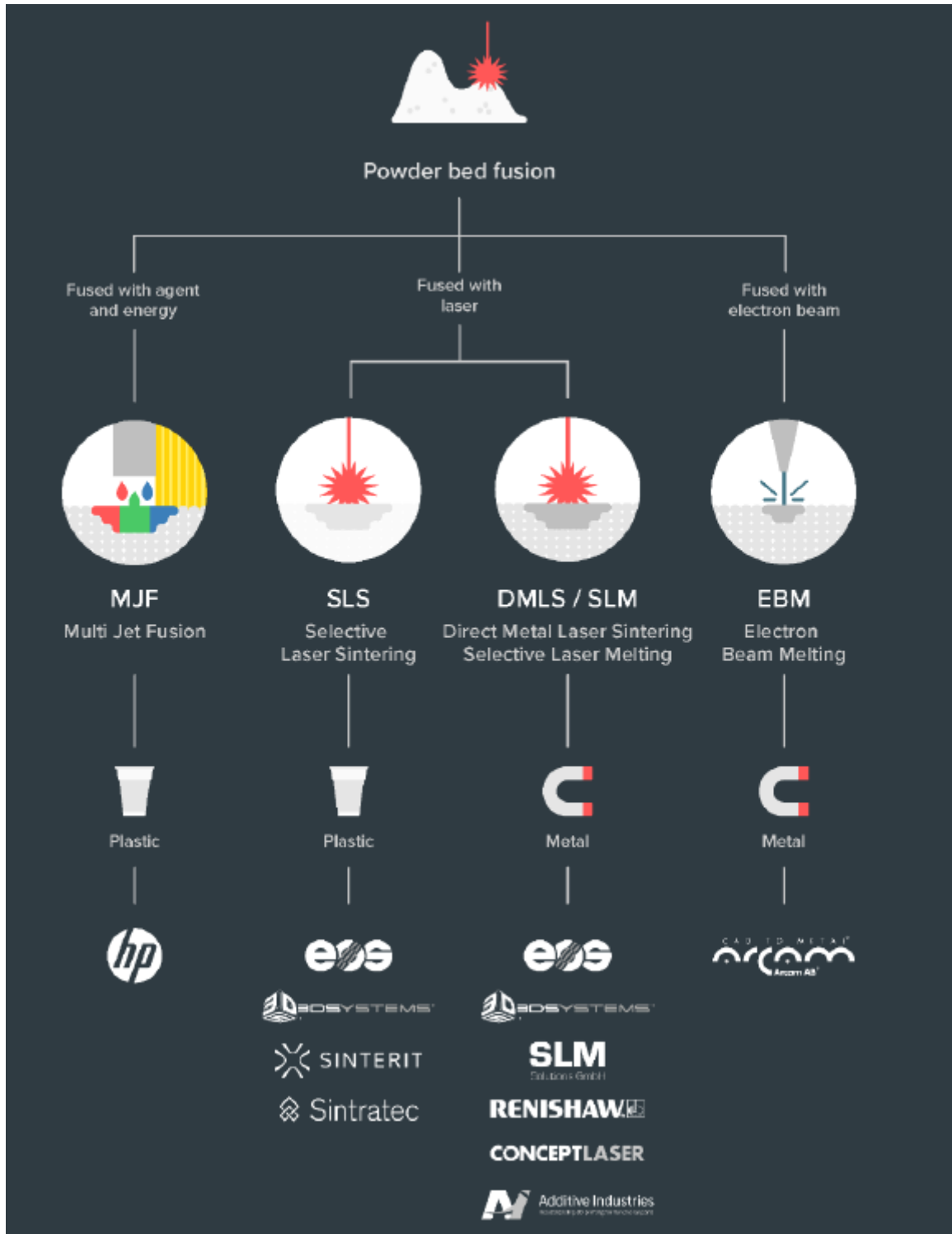


Fig 86. Tecnologías PWF



## MultiJet Fusión

MJF es una combinación entre la tecnología SLS y Material jetting, Un carro de boquillas de inyección de tinta pasa sobre el área de impresión, depositando un agente de fusión sobre una capa delgada de polvo plástico.

Una fuente de energía IR de alta potencia pasa por encima del lecho de construcción y sinteriza las áreas donde se dispense el agente de fusión, dejando el resto del polvo intacto, el proceso se repite hasta completas la pieza.

Los materiales utilizados en MJF como en SLS son polímeros termoplásticos, que vienen en forma granular. La principal diferencia es la fuente de calor.

SLS utiliza un láser para escanear y sinterizar cada sección transversal.

MJF dispensa una tinta (agente de fusión) y un agente de detalle sobre el polvo que promueve la absorción de la luz infrarroja. Una fuente de energía IR se desplaza sobre la plataforma de la cama fusionando únicamente las áreas entintadas por el agente.

## MULTI JET FUSION PROCESS:

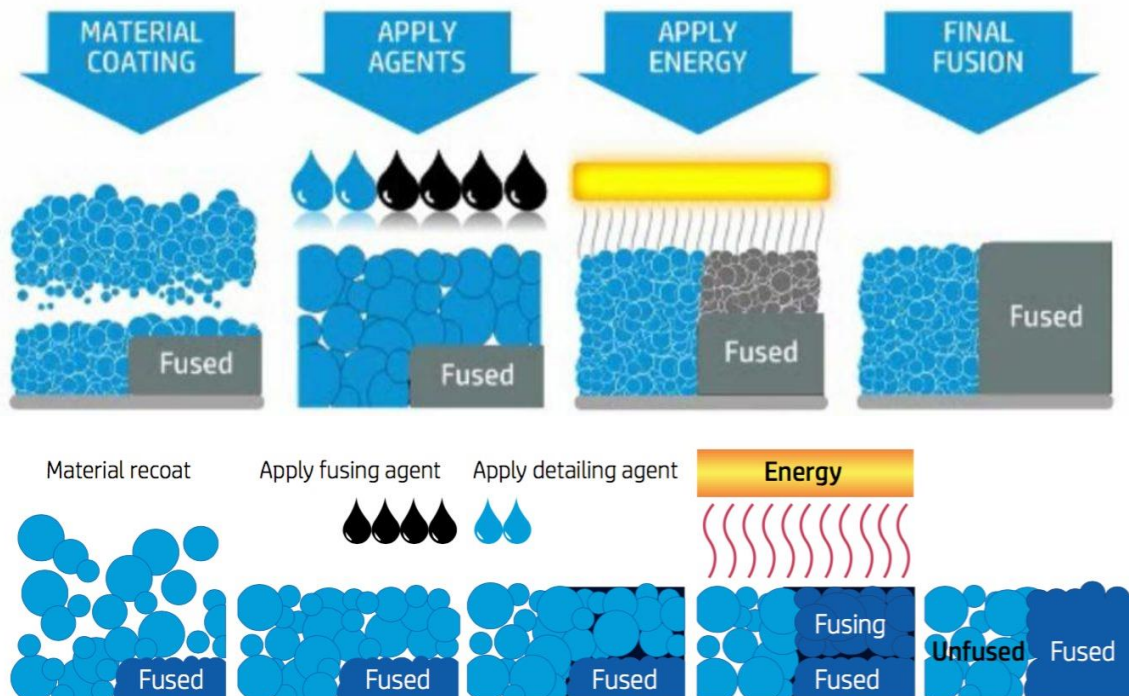


Fig 87. Proceso de MultiJetFusion

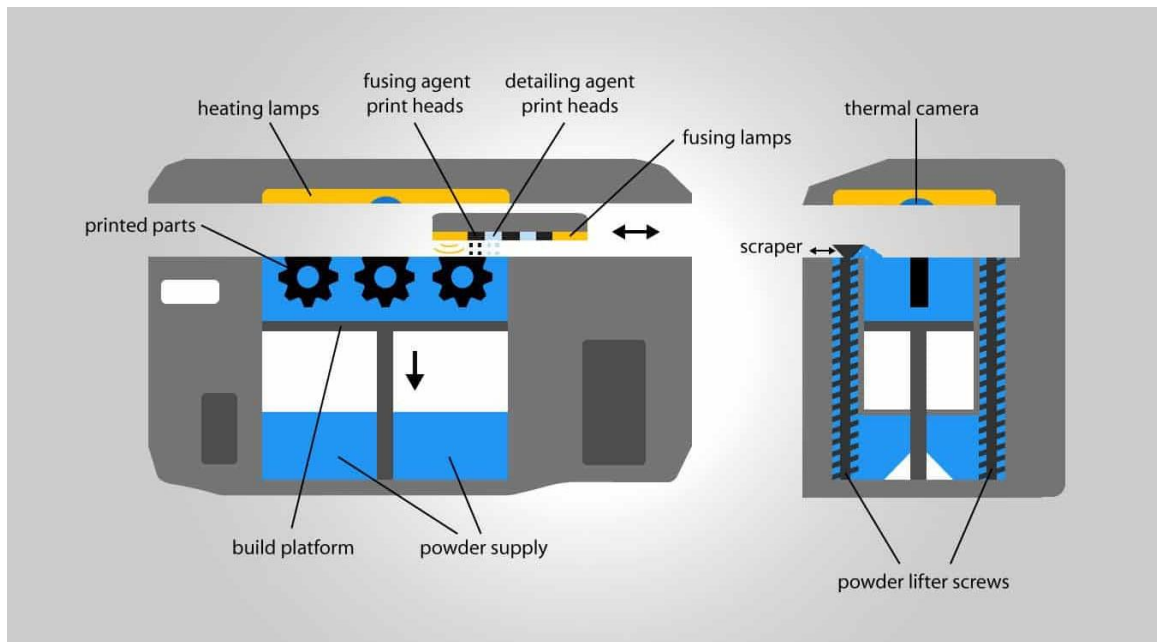


Fig 88. Partes de la impresora HP



Fig 89. Impresora y centro de limpieza

La HP MJF, consta de la impresora y una estación de refrigeración y eliminación de polvo para eliminar los excesos tras la impresión.

MJF tiene una pequeña ventaja sobre SLS, los cabezales de impresión depositan material a 1200 DPI, 1 punto por cada 0.022mm, mientras que el tamaño de un láser estándar es aproximadamente 0.3/0.4 mm de diámetro. Además del agente de detalle utilizado en MJF ayuda a imprimir piezas con más características y bordes más afilados.





	MJF	SLS
Precisión dimensional	± 0.3% (con límite inferior en ± 0.2 mm)	± 0.3% (límite inferior de ± 0.3 mm)
Tamaño de construcción típico	380 x 285 x 380	300 x 300 x 300 mm (hasta 750 x 550 x 550 mm)
Espesor de la capa común	70 - 100 micras	100 - 120 micras
Grosor mínimo de pared *	0.6 mm	0.7 mm
Detalle mínimo	0.25 mm	0,30 mm

El agente fusión en los sistemas MJF se comercializa en negro, gris oscuro y blanco, pero los colores oscuros absorben la radiación de manera más efectiva. Opcionalmente se puede aplicar un postprocesamiento químico para lograr un acabado más uniforme. El acabado es una superficie granulada.

Otra ventaja, es la capacidad de realizar piezas de alta complejidad, ya que no necesita de soportes además de que no tendrá ninguna marca.

Me ha venido muy bien este proceso de prototipado para sacar una versión inicial con buenas propiedades mecánicas con la que trabajar, con ellas he sacado los moldes para el proceso de fundición.

### **PA12/PA11**

La poliamida o polvo de nylon, es principalmente derivado del petróleo, sin embargo, el PA11 es un bioplástico derivado de materias primas como aceite de ricino. Son materiales altamente resistentes

**PA11**, tiene un menor impacto medioambiental, tiene una resistencia térmica superior, es bastante estable a la luz y rayos UV. Buena elasticidad y gran alargamiento a la hora de quebrarse. Alta resistencia al impacto y a los productos químicos.

**PA12**, excepcionalmente fuerte, incluso en temperaturas bajo punto de congelación. Rígido y gran resistencia al agrietamiento, excelente comportamiento a largo plazo. Absorbe muy poco el agua y la humedad. Magnífica resistencia química.

**Punto de fusión PA12:** 180°C

**Densidad:** 1,02 g/cm<sup>3</sup>

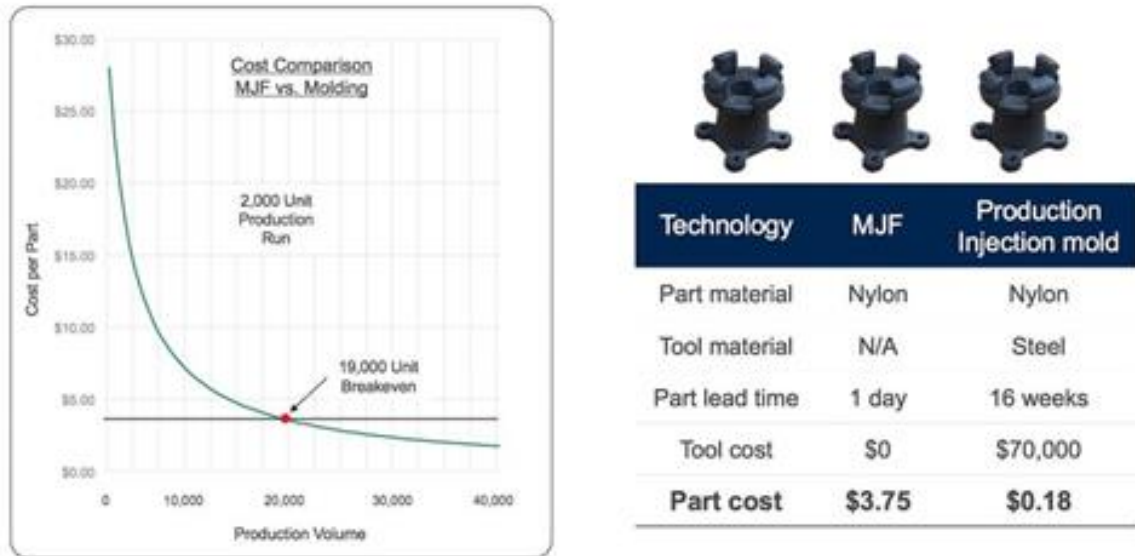


Fig 90. Comparación MJF vs Inyección

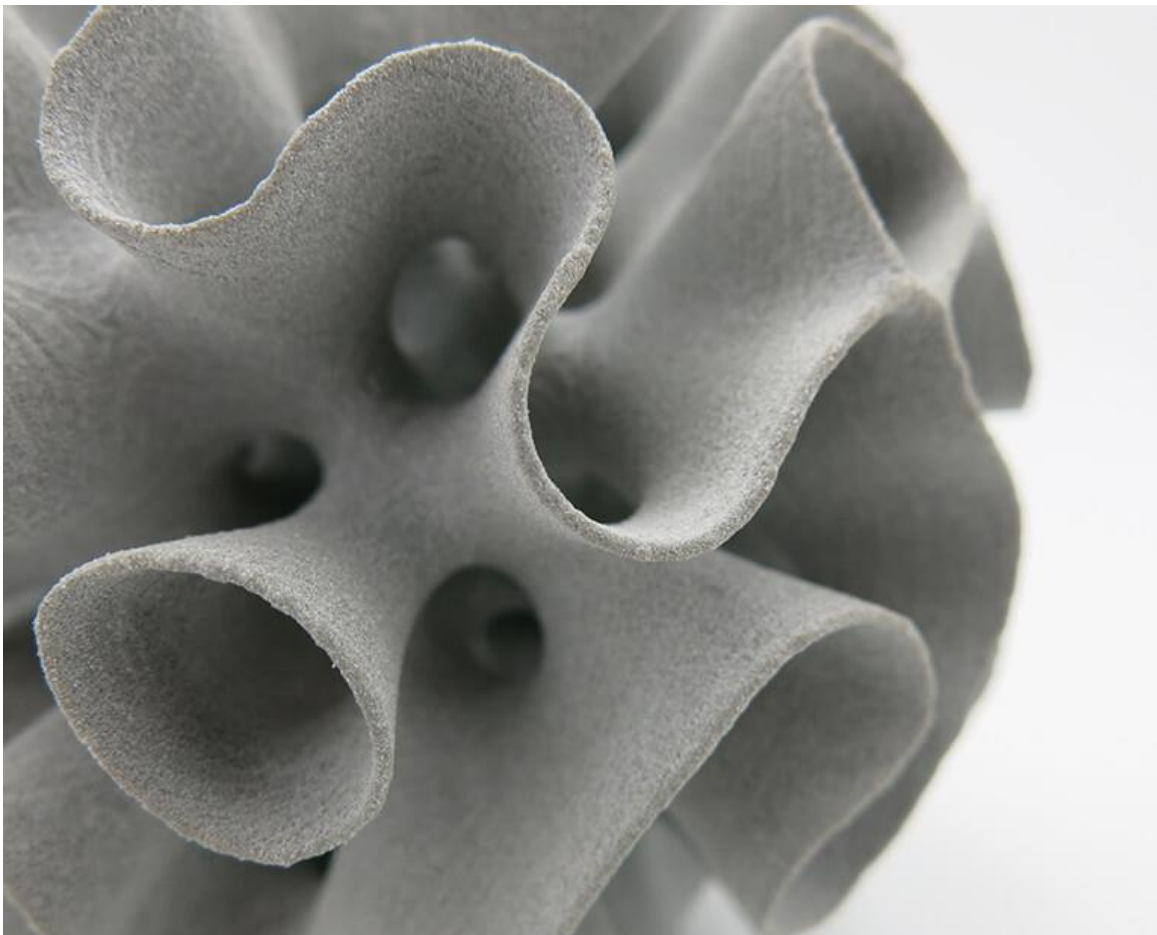


Fig 91. Pieza geométrica por MJF en PA



## BINDER JETTING



Es un proceso de fabricación aditiva, un aglomerante se deposita selectivamente sobre el lecho de polvo, uniendo estas áreas para formar una parte sólida. Los materiales comúnmente utilizados son metales, arenas y cerámicas en forma granular.

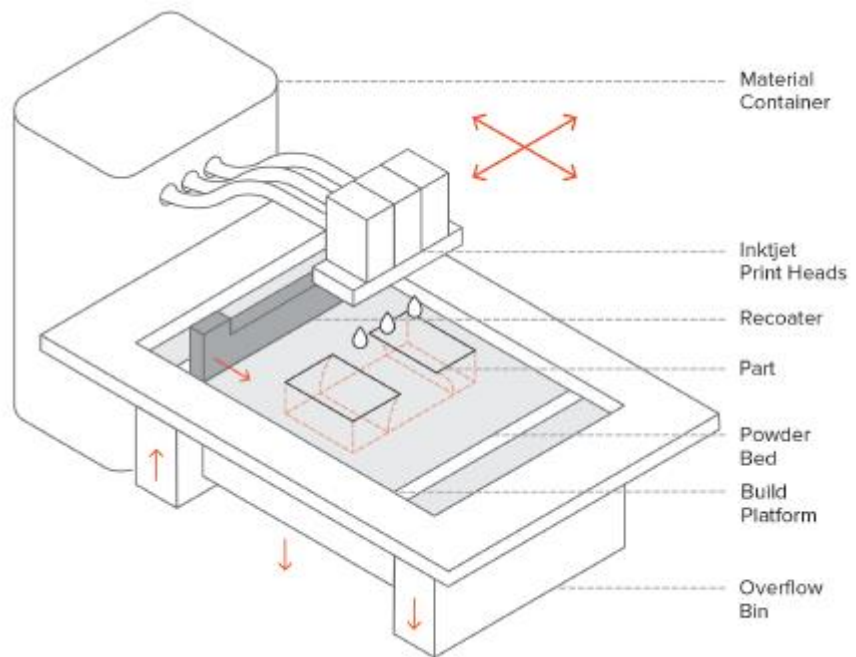


Fig 92. Partes impresora BJ

Las boquillas depositan de forma selectiva las gotitas de un agente de unión (pegamento) que unen las partículas de polvo. Posibilidad de añadir color durante este proceso para obtener un prototipo totalmente colorido. El tamaño de cada gota es de  $80\mu\text{m}$  de diámetro. Cuando la capa se ha completado la plataforma baja y se enrasa la superficie para realizar el proceso anterior. Cuando la pieza ha finalizado se encapsula en polvo y se deja curar para que adquiera fuerza.

Una ventaja clave de Binder Jetting sobre otros procesos de impresión 3D es que la unión se produce a temperatura ambiente. Esto significa que las distorsiones dimensionales relacionadas con los efectos térmicos como la deformación en FDM, SLS / SLM o la curvatura en SLA / DLP no se encuentran en este proceso.



La capacidad de sinterizar metales lo hace una buena opción para fabricar mi producto. Tampoco requiere de soportes por lo que no existen restricciones geométricas. Es adecuado para lotes de baja a media.

El inconveniente en piezas metálicas son sus propiedades mecánicas, no son adecuadas para aplicaciones de alta gama, son equivalentes a piezas producidas por moldeo por inyección de metal.

Las piezas de inyección de metal binder requieren de un proceso secundario:

- **Infiltración:** Se coloca en un horno donde el aglutinante se quema dejando huecos, (60% porosidad). Se infiltra bronce por acción capilar resultando piezas 90% densas. Las piezas se contraen hasta un 2%
- **Sinterización:** Tras la impresión, se coloca en un horno de alta temperatura, el aglomerante se quema y las partículas restantes se sinterizan entre sí. Piezas 97% densas. La contracción es un 20%

La fatiga y la resistencia a la fractura y el alargamiento a la rotura son las propiedades del material que se ven más afectadas por la porosidad interna.

Se pueden aplicar procesos metalúrgicos avanzados como el prensado isostático en caliente o HIP para producir piezas casi sin porosidad interna.

Una ventaja del metal Binder Jetting en comparación con DMLS / SLM, es la rugosidad de la superficie de las piezas producidas. Por lo general, las piezas metálicas BinderJetted tienen una rugosidad superficial de Ra 6µm que pueden ser reducidas a Ra 3 µm si se emplea una etapa de granallado.

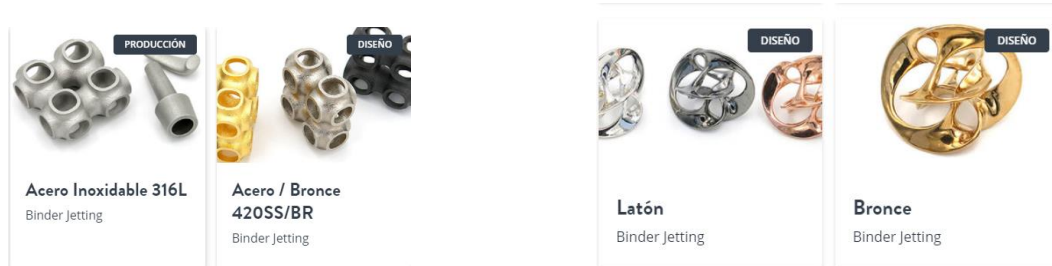
En comparación, la rugosidad de la superficie impresa de las piezas

DMLS / SLM es aproximadamente Ra 12-16 µm, además de 10 veces más caro.

No he tenido la posibilidad de realizar un prototipo en esta impresión para poder analizar la calidad y acabado que proporciona, aunque se barajó entre las posibilidades. Al ser piezas que no necesitaran una resistencia mecánica elevada, era una opción muy buena para la fabricación del proyecto, pero el precio lo encontré algo elevado.

Desde la web online Sculpteo, proporcionaron un precio de 43€, una única pieza en Bronce 420SS, para completar el set se necesitan 32 piezas, por lo que supondría un precio cercano a 1.280€ sin IVA.





### Modo de producción

Tan sólo disponible para el material Nylon PA12 (SLS y MJF)	<b>43,79 €</b> Será enviado el Jun. 28, 2021	El modo urgente tan sólo está disponible para el material SLS Nylon PA12 estándar	<b>94,73 €</b> Envío el Jun. 14, 2021, <b>garantizados</b>
ECONOMY	<b>STANDARD</b>	EXPRESS	<b>24Hr EXPRESS</b>

Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	43,79 €	43,79 €
10	41,60 €	416,00 €
20	40,72 €	814,40 €
100	40,72 €	4 072,00 €
250	El precio en línea no está disponible	Obtenga una cotización
<input type="text" value="1"/>	---	---

### Tu Selección

**Material** Acero / Bronce 420SS/BR, Binder Jetting (Metal)

**Acabado** Áspero

**Color** Bruto

**Tamaño** 28.3 x 70.0 x 28.3 mm

**Total** 43,79 € Sin IVA

**Añadir al carrito**

Precios en € - [Cambiar](#)

### Ajustes de impresión 3D

#### Escala

100.0 %

28.3 x 70.0 x 28.3

Fig 93. Presupuesto BJ por Sculpteo.com



## Cortadora laser

El corte láser es una técnica, empleada para cortar piezas con la característica que su fuente de energía es un láser que concentra la luz en la superficie de trabajo. Para poder evacuar el material cortado es necesario el aporte de gas a presión, como por ejemplo nitrógeno.

Entre sus principales ventajas es que no es necesario disponer de matrices de corte. El láser afecta térmicamente al metal, pero si la graduación es la correcta no deja rebaba. Los espesores habituales varían entre 0,5 y 6mm para acero y aluminio. La potencia habitual del láser oscila entre 3000 y 5000W.

### TRUMPF TruLaser 1030



Fig 94. Centro de corte laser TRUMPF 1030

<b>PESO</b>	5500 kg
<b>VELOCIDAD MAXIMA</b>	140m/min
<b>ZONA DE TRABAJO</b>	
Eje x	3000 mm
Eje y	1500 mm
<b>LASER 6001</b>	4000 W
Espesor máx. Acero de construcción	25 mm
Espesor máx. Acero inoxidable	20 mm
Espesor máx. Aluminio	20mm
Espesor máx. Cobre	8 mm
Espesor máx. Latón	8 mm
<b>CONSUMO</b>	
Laser TruDisk 4001	13 kW

Tabla 7. Características máquina laser.



**FFF/FDM:** Fused Filament Fabrication. El modelado por deposición fundida es un proceso de prototipos y producción a pequeña escala. El objeto se construye depositando selectivamente material fundido en una ruta predeterminada capa por capa. Los materiales utilizados son termoplásticos y vienen en forma de bobinas de filamento.

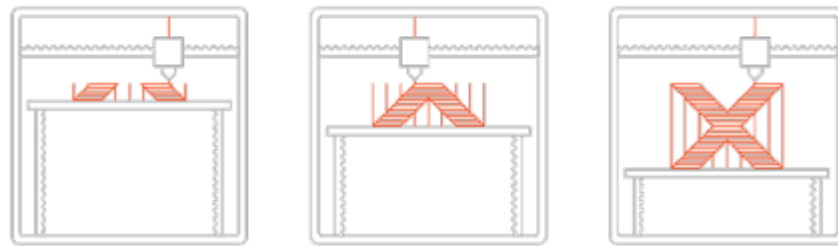


Fig 95. Proceso de impresión FDM

La bobina se carga en la impresora, cuando alcanza la temperatura establecida empieza a fundirse y es extruido. El cabezal de extrusión esta unido a un sistema de ejes, que le permiten moverse normalmente en X y Z la plataforma o cama se mueve en el eje Y.

El material se deposita capa por capa donde se enfría y solidificado, este proceso se repite hasta que el modelo se ha completado.

Una fortaleza del FDM es la amplia gama de materiales disponibles:

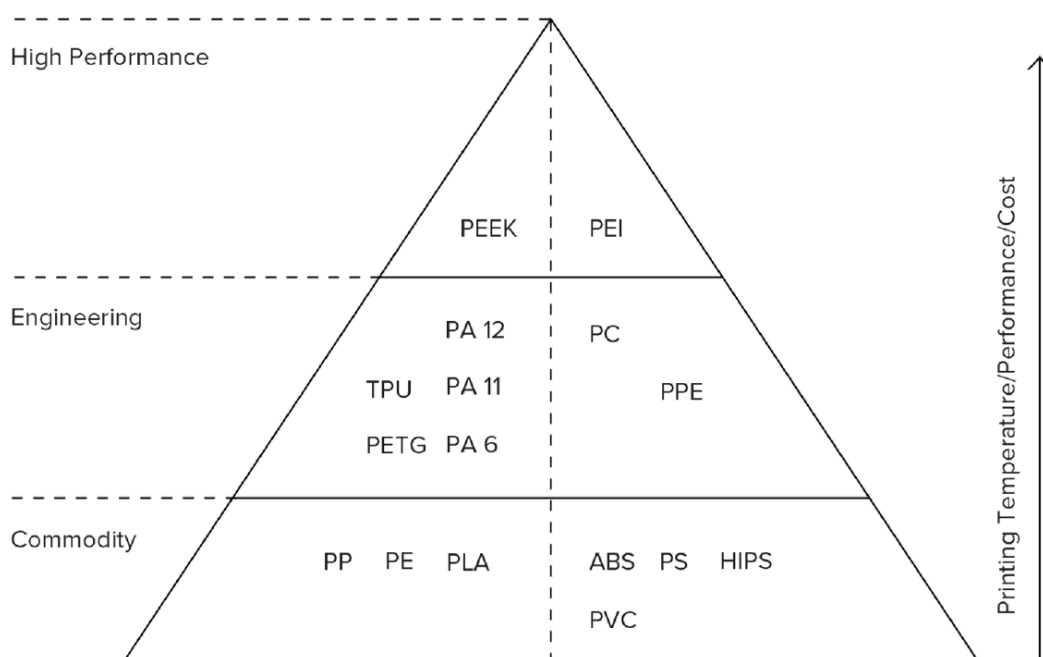




Fig 96. Materiales amorfos y semicristalinos FFF

El software que he utilizado en este proceso es CURA, lo he usado como slicer para obtener el Gcode para la impresora. He usado PLA SmartFilament, PLA850 Wood, PLA850Green de Sakata y PETG natural de SmartFilament

## PLA SMART FILAMENT

Es un termoplástico biodegradable, con buenas propiedades mecánicas.

### PLA

#### TECHNICAL DATA SHEET VERSION 1.1



### PLA

Biodegradable filament and ok for all 3d printers. It is very easy to print as it has no contractions so you can make really big pieces. With our PLA filament you can achieve a fantastic finish and lively colours in all your pieces.



Reciclabile  
Recyclable



Apto para contacto  
con alimentos  
Food Approved  
Allerment approved



Biocompostable  
Biocompostable

	TYPICAL VALUE	UNITS	TEST METHOD		
<b>PHYSICAL PROPERTIES</b>					
Chemical Name	Polyactic Acid				
Material Density	1.24	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183		
Glass Transition Temperature	60	°C	D3418		
<b>MECHANICAL PROPERTIES</b>					
Tensile Strength at Break	50	MPa	D882		
Tensile Yield Strength	60	MPa	D882		
Tensile Modulus	3.5	GPa	D882		
Tensile Elongation	6	%	D882		
Notched Charpy Impact	5	KJ/m <sup>2</sup>	ISO-179-1eA		
Flexural Strength	83	MPa	D790		
Flexural Modulus	3.8	GPa	D790		
<b>THERMAL PROPERTIES</b>					
Heat Distorsion Temperature (0.45 MPa)	55	°C	E2092		
<b>PRINTING PROPERTIES</b>					
Print Temperature	200-240	°C			
Hot Pad	0-60	°C			
Fan Layer	ON (100)	%			
<b>SIZE</b>	<b>NET W.</b>	<b>GROSS W.</b>	<b>DIAMETERS</b>	<b>COLOR</b>	<b>PACKAGING</b>
S	330 g	475 g	1.75 mm	Various colors	SmartBag, security seal, desiccant bag
M	750 g	975 g	1.75 mm/2.85 mm	Various colors	
L	1000 g	1256 g	1.75 mm/2.85 mm	Various colors	



## PLA 850 WOOD Sakata

El PLA 850, se caracteriza por una rápida velocidad de cristalización, y una alta resistencia a la temperatura. Excelentes propiedades para la impresión 3d, buena adhesión, altos detalles, bajo warping y baja emisión de olores.



**PLA TEXTURE  
MADERA ARCE**

Ficha Técnica

El filamento SAKATA 3D PLA TEXTURE MADERA DE ARCE está diseñado para impresoras 3D FDM/FFF. Este filamento se fabrica a partir de un grado específico de impresión 3D compuesto por una matriz polimérica de PLA y fibras de madera. Su contenido en carbono de origen renovable es > 75 %. Otorga a las piezas impresas un acabado similar al de la madera. Fabricado en España por POLIMERSIA GLOBAL S.L.

ESPECIFICACIONES FILAMENTO	Unidad	Valor
Diámetro	mm	1,75 ± 0,05
Desviación de redondez máxima	mm	0,05
Peso neto	g	500

PROPIEDADES FÍSICAS	Norma	Unidad	Valor
Temperatura de fusión	ISO 3146-C	°C	> 155
PROPIEDADES MECÁNICAS	Norma	Unidad	Valor
Resistencia a la tracción	ISO 527	MPa	47
Módulo de tracción	ISO 527	MPa	2.900
Elongación de rotura	ISO 527	%	6,5
Resistencia a la flexión (punto rotura)	ISO 178	%	No rompe
Resistencia a la flexión (3,5% elongación)	ISO 178	MPa	64
Módulo de flexión	ISO 178	MPa	2.950
Resistencia al impacto Charpy con entalla	ISO 179-1/1 eA	kJ/m <sup>2</sup>	4,4
Resistencia al impacto Charpy	ISO 179-1/1 eU	kJ/m <sup>2</sup>	21

PARÁMETROS DE IMPRESIÓN	Unidad	Valor
Temperatura de la boquilla	°C	200-255 <sup>(1)</sup>
Temperatura de la cama	°C	No es necesaria (50-70 opcional)
Modificación de la cama	-	--
Velocidad del ventilador	%	100
Altura de capa	mm	0,1-0,3
Espesor de pared	mm	0,8
Velocidad de impresión	mm/s	Hasta 90 mm/s

<sup>(1)</sup> Variando la temperatura se puede conseguir un efecto vetas de madera.



**PLA GREEN****PLA 850** Technical Data Sheet

SAKATA 3D PLA 850 filament is suitable for all consumer-grade 3D FDM/FFF printers. This filament exhibits fast crystallization rates and is able to develop improved heat resistance in 3D printed parts. SAKATA 3D PLA 850 filament has excellent 3D printing characteristics such as precise detail, good adhesion to build plates, less warping and curling, and low odour. Made in Spain by POLIMERSIA GLOBAL S.L.

FILAMENT SPECIFICATIONS	Unit	Value
Diameter	mm	1.75 ± 0.05 / 2.85 ± 0.05
Max. roundness deviation	mm	0.05
Net weight	g	1,000 / 500 / 700 (Refill) / 250

PHYSICAL PROPERTIES	Standard	Unit	Value
Specific gravity	ASTM D792	g/cm <sup>3</sup>	1.24
MECHANICAL PROPERTIES <sup>10</sup>	Standard	Unit	Value
Tensile strength	ASTM D638	MPa	50
Tensile modulus	ASTM D638	MPa	2,315
Tensile elongation	ASTM D882	%	3.31
Notched Izod impact	ASTM D256	J/m	118
THERMAL PROPERTIES	Standard	Unit	Value
Heat distortion temperature	ASTM E209P	°C	80-90

<sup>10</sup> All 3D printed parts printed at 100% infill and annealed at 110°C/15 min.

PRINT SETTINGS	Unit	Value
Nozzle temp.	°C	195-220
Bed temp.	°C	Not needed (50-70 optional)
Bed modification	-	--
Fan speed	%	100
Layer height	mm	0.1-0.3
Shell thickness	mm	1.2
Print speed	mm/s	Up to 120 mm/s
Annealing temperature	°C	80-110

He utilizado este prototipado para materializar las piezas por primera vez, ya que es muy económico y cambia la perspectiva de verlo en la pantalla a poder manipularlo con tus propias manos y examinarlo.



Para las impresiones FDM he utilizado una Artillery genius, consta de las siguientes especificaciones:

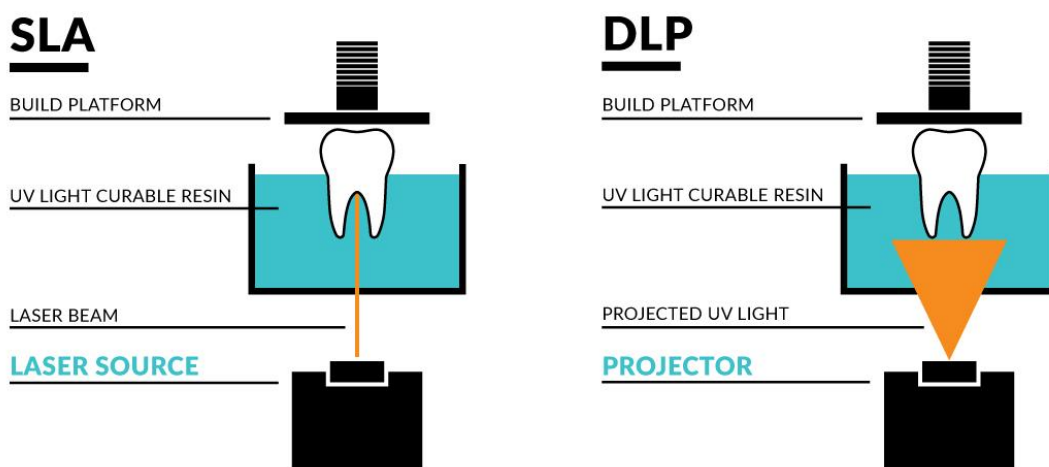


Fig 97. Especificaciones Artillery genius



**DLP:** Direct Light Processing. Es similar al SLA, esta tecnología consta de una cuba con resina fotosensible en su interior, que es capaz de curar o solidificar bajo una fuente de luz. La diferencia entre SLA y DLP es la fuente de luz que utilizan para curar sus piezas. SLA utiliza un láser helio-cadmio mientras que DLP utiliza un proyector de luz UV.

Las cadenas de monómero de carbono que componen la resina líquida se activan por la luz UV y se vuelve solidad, creando fuertes enlaces entre sí. El proceso de fotopolimerización es irreversible y no hay forma de convertirlo de nuevo a su forma líquida. Esto se debe a que las resinas son termoestables a diferencia de los termoplásticos usados en FDM.



3D Printing Technology Comparison: SLA vs. DLP



Fig. SLA Vs DLP

Tras la impresión necesitan un postprocesado, se ha de limpiar la pieza en alcohol isopropílico para eliminar los excedentes de la resina. Se debe trabajar con guantes y



maskarilla e incluso con gafas, ya que los gases que emanan de la pieza sin curar son nocivos.

Una vez hemos aclarado la pieza, pasamos al curado. La pieza se sitúa en una estación de curado, donde se la somete a rayos ultravioleta de alta densidad. También se puede dejar al sol durante unos minutos para curar la pieza de forma natural si no se dispone de esta centro de curado.

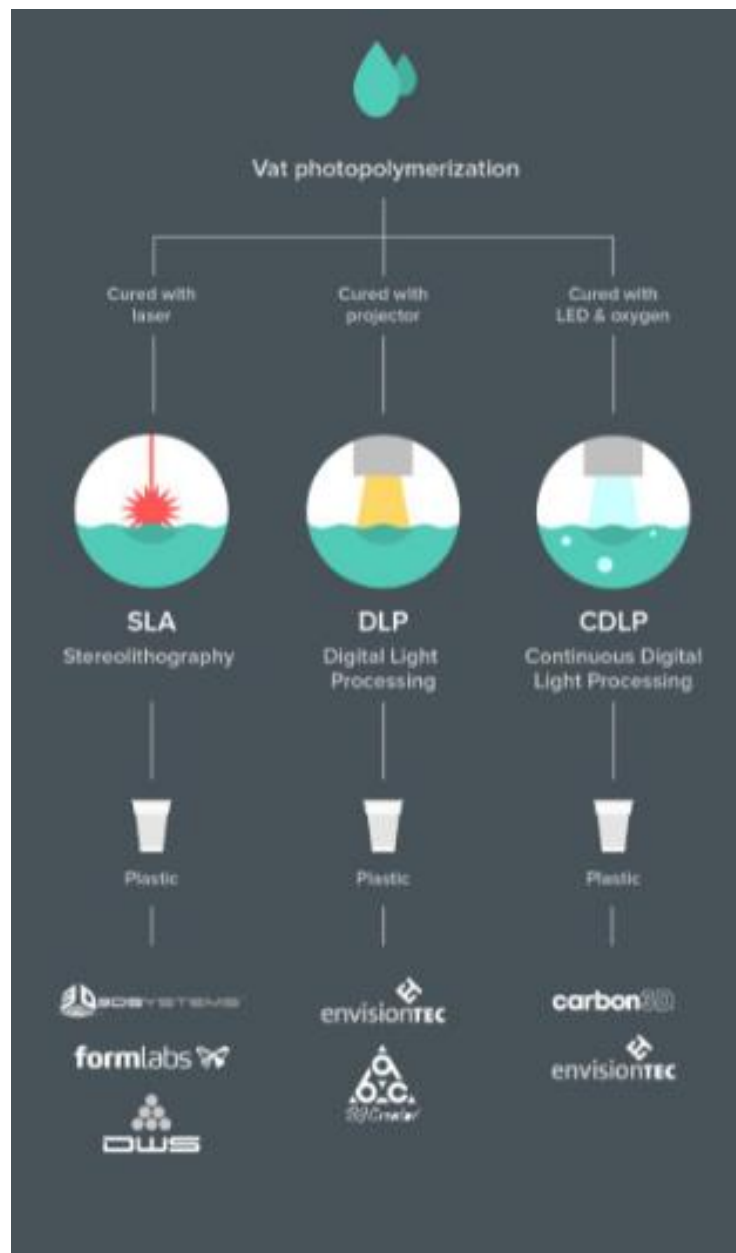


Fig 98. Fabricación aditiva por polimerización



Para las impresiones DLP he utilizado una Elegoo Mars 2 pro, consta de las siguientes especificaciones:

**PRODUCT PARAMETERS**



The image shows the Elegoo Mars 2 Pro DLP printer, a compact machine with a red-tinted glass enclosure and a black base. The front panel features a 3.5-inch touch screen and the 'ELEGOO MARS 2 PRO' branding.

System:	<u>EL3D-3.0.2</u>
Operation:	<u>3.5 Inch Touch Screen</u>
Slicer Software:	<u>CHITUBOX</u>
Build Volume:	<u>129*80*160mm</u>
Connectivity:	<u>USB</u>
Light Source:	<u>405nm UV Integrated Light</u>
XY Resolution:	<u>0.05mm(1620*2560)</u>
Z Axis Accuracy:	<u>0.00125mm</u>
Layer Thickness:	<u>0.01-0.2mm</u>
Printing Speed:	<u>30-50mm/h</u>
Power Requirements:	<u>100-240V 50/60Hz</u>
Printer Dimensions:	<u>20*20*41cm</u>
Languages:	<u>Chinese English Japanese Dutch Korean French German Russian Italian Spanish Turkish Portuguese</u>
Weight:	<u>13.67lbs(6.2kg)</u>

Fig 99. Especificaciones impresora DLP

Esta impresora, la he usado principalmente para registrar mayor detalle, por ejemplo en la pieza del caballo de cara a la pieza fundida, ya que, con la MJF, perdía bastante detalle por el granulado de la poliamida, la resina logra un acabado impresionante.





He usado una resina de Anycubic de color gris para este prototipo. Aquí muestro sus especificaciones técnicas.

## Anycubic UV 405nm 3D Resin

### Anycubic 3D Resin Technical parameters:

Hardness	79 D
Viscosity(25°C)	552 mpa.s
Curing wavelength	405 nm
Liquid density	1.1g/cm <sup>3</sup>
Solid density	1.184 g/cm <sup>3</sup>
Shrinkage	0.071
Tensile strength	23.4 Mpa
Curing time	6-10 s
Elongation at break	0.142

## 5.2 ESTUDIO DE MATERIALES

### MADERA

La madera es un material renovable, reciclable y biodegradable, es un material tenaz dúctil y maleable. Buen aislante térmico y eléctrico. Es higroscópico, es decir absorbe la humedad. A partir de 600Kg/m<sup>3</sup> se consideran maderas duras.

La mayoría de los ajedreces están fabricados en madera, ya que transmite calidez al juego y tiene mucha tradición, he querido ir más allá de lo existente en el mercado, por ello he descartado la madera en mi proyecto.

**Punto de inflamación:** 200-275°C

**Densidad:** Por lo general todas tienen menor densidad que el agua, por ello flotarán.

**Dureza:** Brinell entre 1-8

ESTRUCTURA MACROSCÓPICA DE LA MADERA

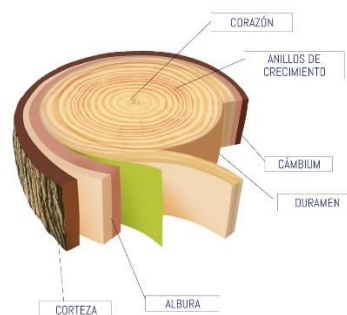


Fig. Estructura de la madera.



## TITANIO

El titanio pertenece a los metales de transición (aquellos que se encuentran en la parte central de la tabla periódica), es altamente resistente y se comporta bien tanto a la corrosión como al agua de mar. Es paramagnético, por lo que no se imanta. Poca conductividad térmica y eléctrica. Es bastante caro ya que se necesita avanzada tecnología para fabricar piezas con él, por este motivo ha sido descartado.

**Punto de fusión:** 1941°C

**Densidad:** 4,54 g/cm<sup>3</sup>

**Dureza:** Brinell desde 200 no aleado – 270 aleado.

## ZAMAK

Es una aleación de zinc con aluminio y magnesio, tiene alta dureza y resistencia a la tracción. Es un material barato, posee buena deformabilidad plástica y colabilidad. No es un material premium, por lo que también ha sido descartado.

**Punto de fusión:** 386°C

**Densidad:** 6.6 g/cm<sup>3</sup>

**Dureza:** Brinell desde 200 no aleado – 270 aleado.

## PLASTICO

Mayormente, he usado termoplásticos, cuando se calienta se derrite, pero se endurece cuando se enfría lo suficiente por lo que se puede reutilizar, siempre sin sobrepasar su historial térmico ya que debilita sus propiedades, son polímeros de alto peso molecular.

Aunque también he hecho algunas pruebas con termoestables, como en el caso de la impresión por DLP, ya que la resina está formada por polímeros termoestables. Están formados por redes tridimensionales y son mucho más resistentes a los impactos que los termoplásticos.

Ha sido descartado del proyecto por ser un material económico, con facilidad de fractura y un no acabado premium.

PLA – ver página 143

PA11/PA12 – ver página 91



## ALUMINIO

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre, se encuentra en estado mineral. Este metal se extrae únicamente de la bauxita, se transforma en alúmina mediante el proceso de Bayer, a continuación, se transforma en aluminio metálico mediante electrolisis ígnea.

Es aluminio es el metal más usado después del acero, tiene características como:

- No ferromagnético
- Baja densidad
- Buena resistencia mecánica, que se puede aumentar con aleaciones.
- Alta resistencia a la corrosión
- Baja tendencia a la fragilización en bajas temperaturas.
- Buen conductor eléctrico y del calor
- Se mecaniza con facilidad y es económico



Fig 100. Mineral bauxita



Fig 101. Aluminio puro



## ALEACIONES DE ALUMINIO

### Designaciones

1er dígito - Identifica los tipos de aleación.

2º dígito - Identifica modificaciones de aleación.

3er y 4º dígitos - Identifican la pureza del aluminio.

### SERIES

**1000** - Aluminio 99% min. - Excelente resistencia a la corrosión, alta conductividad térmica y eléctrica. Bajas propiedades mecánicas.

**2000** - Cobre - altas propiedades mecánicas, aumento del límite de fluencia; ampliamente utilizado en aviones.

**3000** - Manganeso - buena trabajabilidad y soldabilidad, alta resistencia a la corrosión, resistencia moderada

**4000** - Silicio - bajo punto de fusión, ampliamente utilizado en el alambre de soldadura y como aleación de soldadura

**5000** - Magnesio - resistencia moderada a alta, buenas características de soldadura, buena resistencia a la corrosión, especialmente en ambientes marinos

**6000** - Magnesio / silicio - buena capacidad de deformación y resistencia a la corrosión, dureza moderada

**7000** - Zinc - alta fuerza y dureza; utilizado en la industria aeronáutica y en estructuras sometidas a grandes esfuerzos



## TRATAMIENTOS

**T1** – Enfriado a través de un proceso de conformación de temperatura elevada y envejecido naturalmente hasta alcanzar una condición sustancialmente estable

**T2** - Recocido (productos de fundición solamente)

**T3** - Solución tratada térmicamente y después trabajada en frío

**T4** - Solución tratada térmicamente y envejecida naturalmente hasta alcanzar una condición sustancialmente estable

**T5** – Enfriado a través de un proceso de conformación temperatura elevada y a continuación envejecido artificialmente

**T6** - Solución tratada térmicamente y luego envejecido artificialmente

**T7** - Solución tratada térmicamente y luego estabilizada

**T8** - Solución tratada térmicamente, trabajada en frío y luego envejecida artificialmente

**T9** - Solución tratada térmicamente, envejecida artificialmente, y después trabajada en frío

**T10** – Enfriada a través de un proceso de conformación temperatura elevada, envejecida artificialmente y luego trabajada en frío

**Punto de fusión:** 660°C

**Densidad:** 2,7 g/cm<sup>3</sup>

**Dureza:** Brinell entre 15– 110





ALEACIÓN NORMAS A.A.	CARGA ROTURA Rm - N / mm <sup>2</sup>	LÍMITE ELÁSTICO Rp 0,2 - N / mm <sup>2</sup>	ALARGAMIENTO A 5,65 %	DUREZA BRINELL HB
1050 - 0	65 - 95	20	A50 del 20% al 35%	20
1050 - H14	105 - 145	85	A50 del 6% al 6%	34
1050 - H18	135	120	A50 del 1% al 2%	42
1050 - H24	105 - 145	75	A50 del 3% al 8%	33
2007 - T3	340	220	6	115
2007 - T4	330	210	7	110
2011 - T3	380	295	15	100
2017 - T4	380	260	12	105
2024 - T3	400	270	8	120
2024 - T6	425	315	5	125
2030 - T4	330	210	7	95
5005 - H24	145	110	6	45
5083 - 0 / H111	270	110	16	70
5754 - 0 / H111	190	80	16	55
6060 - T66	205	155	7	70
6060 - T6	180	145	7	65
6061 - T6 / T651	150	110	16	95
6063 - T5	175	130	6	60
6082 - T6 / T651	295	250	8	95
7020 - T6 / T651	350	290	10	120
7075 - T6 / T651	470	400	5	130
7075 - T7351	440	360	6	140

Fig 102. Tabla comparativa Lumetalplastic

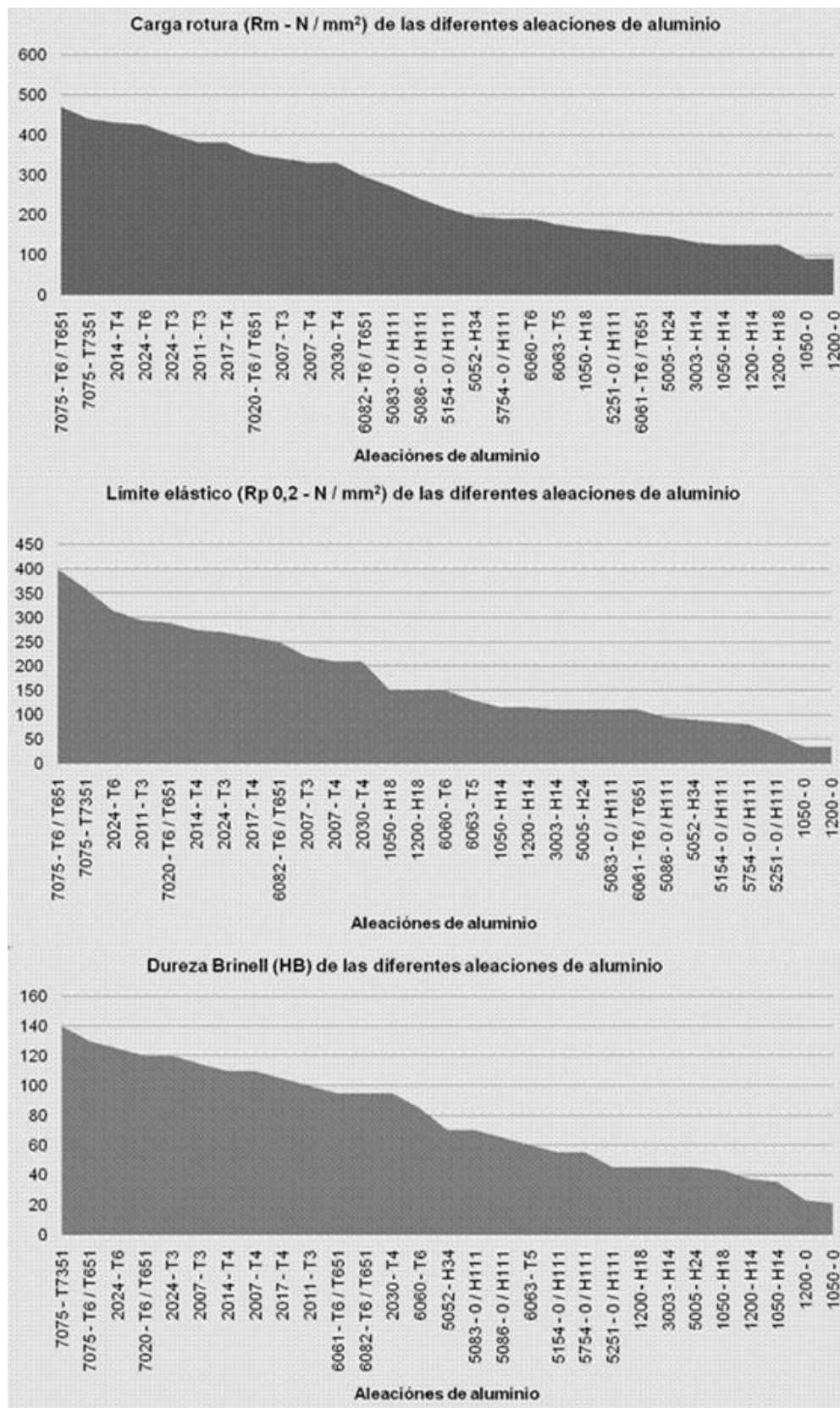


Fig 103. Tablas graficas Lumetalplastic



## ALUMINIOS APLICADOS A MI PROYECTO

Se plantearon las siguientes aleaciones de aluminio 7075,6060 6061,6082,5083,5754 entre otras, pero finalmente me decante por las siguientes:

He decidido aplicar el Aluminio 6082 T6, proporciona la mayor resistencia de la serie 6000, además consta de una gran resistencia a la corrosión. Es una aleación estructural utilizada en la aeronáutica, por lo que proporciona esa calidad y acabado premium que busco en mi producto.

Además, este 6082 es muy común en el proceso industrial del mecanizado, comienza a remplazar al 6061, aluminio de uso militar también barajado entre las posibles opciones.

### 6082

#### -6082- (ALUMINIO – MAGNESIO – SILICIO)

##### COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	Al
Mínimo	0,70			0,40	0,60				Otros Total	
Máximo	1,30	0,50	0,10	1,00	1,20	0,25	0,20	0,10	0,05 0,10	El resto

##### PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS ( a temperatura ambiente de 20°C )

Estado	Características a la tracción					
	Carga de rotura Rm. N/mm <sup>2</sup>	Límite elástico Rp 0,2. N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento A 5,65%	Límite a la fatiga N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la cizalladura $\tau$ N/mm <sup>2</sup>	Dureza Brinell (HB)
0	130	60	27	120	85	35
T1	260	170	24	200	155	70
T4	260	170	19	200	170	70
T5	325	275	11	210	195	90
T6	340	310	11	210	210	95

##### PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS ( a temperatura ambiente de 20°C )

Módulo elástico N/mm <sup>2</sup>	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 <sup>-6</sup> K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - $\mu\Omega$ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
70,000	2,71	575-650	23,1	T4-167 T6-172	T4-4,1 T6-3,9	T4-42 T6-44	-0,83

##### APTITUDES TECNOLÓGICAS

###### SOLDADURA

A la llama  
Al arco bajo gas argón  
Por resistencia eléctrica  
Braseado



###### MECANIZACIÓN

Fragmentación de la viruta  
Brillo de superficie



###### COMPORTAMIENTO NATURAL

En ambiente rural  
En ambiente industrial  
En ambiente marino  
En agua de mar



###### RECUBRIMIENTO

Lacado  
Galvanizado  
Niquel químico



###### ANODIZADO

De protección  
Decorativo  
Anodizado duro





También, he usado Aluminio 5052, para crear la tapa del pedestal. Ha sido cortada mediante laser con la ayuda de nitrógeno. El Al 5052 también es considerado un aluminio aeronáutico y tiene una resistencia aceptable. Como en mi diseño ira en la parte de abajo, no soportara ninguna carga, se adecua perfectamente.

## 5052

### -5052- (ALUMINIO – MAGNESIO 2,5%)

#### COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	Al
Mínimo					2,20	0,15				
Máximo	0,25	0,40	0,10	0,10	2,80	0,35	0,10		0,15	El resto

#### PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS ( a temperatura ambiente de 20°C )

Estado	Espesor mm	Características a la tracción					Dureza	
		Carga de rotura Rm. N/mm <sup>2</sup>	Límite elástico Rp 0,2. N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento A 5,65%	Límite a la fatiga N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la cizalladura $\tau$ N/mm <sup>2</sup>	Brinell (HB)	Vickers
0	0,35 a 6	195	90	25	210	125	50	
HX2	0,35 a 6	225	175	15	220	135	65	
HX4	0,35 a 6	250	200	14	240	145	70	
HX6	0,35 a 6	270	225	10	250	155	75	
HX8	0,35 a 6	290	250	9	260	165	80	
HX9	0,35 a 6	310	280	5		175	90	

#### PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS ( a temperatura ambiente de 20°C )

Módulo elástico N/mm <sup>2</sup>	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 <sup>6</sup> K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - $\mu\Omega$ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
70,000	2,68	605-650	23,7	138	5	35	-0,86

#### APTITUDES TECNOLÓGICAS

<b>SOLDADURA</b> A la llama Al arco bajo gas argón Por resistencia eléctrica Braseado		<b>MECANIZACIÓN</b> Fragmentación de la viruta Brillo de superficie	Estado: 0 
<b>COMPORTAMIENTO NATURAL</b> En ambiente rural En ambiente industrial En ambiente marino En agua de mar		<b>EMBUTICIÓN</b> Por expansión Embutición profunda	Estado: 0 Estado: H22 
<b>ANODIZADO</b> De protección Decorativo Anodizado duro		<b>RECUBRIMIENTO</b> Lacado Galvanizado Niquel químico	

Muy buena.  
 Buena.  
 Regular.  
 Mala, evitar.



## ALUMINIO APLICADO EN FUNDICION

Al L-2653

Colabilidad: Muy buena

Estanquidad: Excelente

Fragilidad por contracción: Pequeña

Maquinabilidad: Buena

Resistencia a la corrosión: Muy buena

Soldabilidad: Muy buena

COMPOSICION QUIMICA ALEACIONES DE ALUMINIO PARA MOLDEO (s/norma EN 1706 : 2010)															
Grupo	Designación		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Otros	
	ALEACION	ex UNE												c/u	Total
AlCu	EN AC-21000	L-2140	0,20	0,35	4,20 a 5,00	0,10	0,15 a 0,35	-	0,05	0,10	0,05	0,05	0,15 a 0,30	0,03	0,10
	EN AC-21100		0,18	0,19	4,20 a 5,20	0,55	-	-	0,07	-	-	-	0,15 a 0,30	0,03	0,10
	EN AC-21200		0,10	0,20	4,00 a 5,00	0,20 a 0,50	0,15 a 0,50	-	0,05	0,10	0,03	0,03	0,10	0,03	0,10
AlSiMgTi	EN AC-41000		1,60 a 2,40	0,60	0,10	0,30 a 0,50	0,45 a 0,65	-	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05 a 0,20	0,05	0,15
AlSi7Mg	EN AC-42000	L-2651	6,50 a 7,50	0,55	0,20	0,35	0,20 a 0,65	-	0,15	0,15	0,15	0,05	0,25	0,05	0,15
	EN AC-42100	L-2652	6,50 a 7,50	0,19	0,05	0,10	0,25 a 0,45	-	-	0,07	-	-	0,25	0,03	0,10
	EN AC-42200	L-2653	6,50 a 7,50	0,19	0,05	0,10	0,45 a 0,70	-	-	0,07	-	-	0,25	0,03	0,10
AlSi10Mg	EN AC-43000		9,00 a 11,00	0,55	0,05	0,45	0,20 a 0,45	-	0,05	0,10	0,05	0,05	0,15	0,05	0,15
	EN AC-43100	L-2560	9,00 a 11,00	0,55	0,10	0,45	0,20 a 0,45	-	0,05	0,10	0,05	0,05	0,15	0,05	0,15
	EN AC-43200		9,00 a 11,00	0,65	0,35	0,55	0,20 a 0,45	-	0,15	0,35	0,10	-	0,20	0,05	0,15
	EN AC-43300		9,00 a 10,00	0,19	0,05	0,10	0,25 a 0,45	-	-	0,07	-	-	0,15	0,03	0,10
	EN AC-43400	L-2561	9,00 a 11,00	1,00	0,10	0,55	0,20 a 0,50	-	0,15	0,15	0,15	0,05	0,20	0,05	0,15
	EN AC-43500		9,00 a 11,50	0,25	0,05	0,40 a 0,80	0,10 a 0,60	-	-	0,07	-	-	0,20	0,05	0,15
AlSi	EN AC-44000	L-2522	10,00 a 11,80	0,19	0,05	0,10	0,45	-	-	0,07	-	-	0,15	0,03	0,10
	EN AC-44100	L-2520	10,50 a 13,50	0,65	0,15	0,55	0,10	-	0,10	0,15	0,10	-	0,20	0,05	0,15
	EN AC-44200		10,50 a 13,50	0,55	0,05	0,35	-	-	-	0,10	-	-	0,15	0,05	0,15

Densidad kg/dm <sup>3</sup>	Coeficiente de dilatación por °C (20 - 100°C)	Contracción lineal %	Conductividad térmica (1)		Resistividad (1) μΩ × cm <sup>2</sup> /cm	Intervalo de fusión °C	Módulo elástico	
			W/m · K	cal/cm · s · °C			N/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
2,68	21,5 × 10 <sup>-6</sup>	1,2	151 - 167	0,36 - 0,40	4,0 - 4,8	555 - 615	72 600	7 400

(1) Estas propiedades varían según el tipo de moldeo y tratamiento térmico de la aleación.

Fig 104. Propiedades mecánicas UNE 38-242-79





## BRONCE

Surgió en la Edad de los metales, es una aleación de cobre y estaño. Es un metal con gran ductilidad y ofrece pocas dificultades para ser trabajado. En cuanto a sus propiedades mecánicas y físicas son superiores a las del hierro excepto el acero, pero su punto de fusión es menor. Son excelentes conductores de electricidad y calor. Es muy utilizado en escultura.

**Punto de fusión:** 830-1020 °C

**Densidad:** 8.90 g/cm<sup>3</sup>

**Dureza:** Brinell entre 70-200

		NORMAS ACTUALES Y EQUIVALENCIAS				ELEMENTOS COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)										CARACTERÍSTICAS RECOMENDACIONES GENERALES DE USO																		
		SAE	UNS	ASTM	DIN	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Sb	Ni	P	Resistencia (kg/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)	Alargamiento (mm/mm)	Dureza (HV 0.05)	Dureza (HV 0.1)	Conductividad eléctrica (10 <sup>8</sup> Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	Conductividad térmica (W/mK)	Coeficiente de dilatación (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	Coeficiente de expansión térmica (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	Temperatura de fusión (°C)											
Bronces al Plomo	40	C-93800	B-147-4A	1795-AC67	18-98	4-6	4-6	0,2-2	1	0,05	0,5	0,25	1	0,05	10,5	9,5	10	45	8,83	1,88	11	98	84	210	11,7	11,7	10	75	8,72	1,98	11	103		
	42	C-93500	B-142-1A	1795-AC10	36-59	8-11	0,3	1,2	0,2	0,25	1	0,05	1	0,05	17,5	11,5	10	75	8,72	1,98	11	103	84	210	11,7	11,7	10	75	8,72	1,98	11	103		
	63	C-92700	-	-	36-59	8-11	2,5-5	0,7	0,2	0,25	1	0,25	1	0,25	24	12,5	10	75	8,89	1,92	11	90	84	210	11,7	11,7	10	75	8,89	1,92	11	90		
	65	C-93500	B-142-1B	1795-AC10	36-59	8-11	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	14	11,5	10	75	8,78	1,94	11	97	84	210	11,7	11,7	10	75	8,78	1,94	11	97		
	620	C-93500	B-142-1B	-	36-59	7,5-9	3,5	0,5	0,2	0,2	1	0,05	0,5	0,5	14	11,5	10	75	8,78	1,94	11	97	84	210	11,7	11,7	10	75	8,78	1,94	11	97		
640	C-92500	-	-	1795-CA8B13	35-58	10-12	1,5	0,5	0,3	0,25	0,6-1,0	0,3	24	12,5	10	95	8,85	1,89	11	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	1795-CA8B14	35-57	13-15	1	0,5	0,3	0,25	1	0,3	15	15	9	115	8,89	1,84	11	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bronces al Plomo	64	C-93700	B-144-3A	1718-G3aP9B13	78-92	9-11	8-11	0,8	0,12	0,25	1	0,15	20,5	8,5	15	49	8,95	1,85	10	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	66	C-93500	B-144-3C	-	83-98	4-8-8	8-10	2	0,2	0,3	1	0,05	19,5	8,5	15	43	8,87	1,89	10	109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	67	C-93800	B-94-259	1716-G3aP9B15	75-79	6,5-7,5	8-10	0,8	0,12	0,8	1	0,05	18	9,5	12	59	9,25	1,85	11	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	660	C-93500	B-94-292	1795-AC7	31-25	6,5-7,5	4-8	2-4	0,2	0,25	1	0,15	20,5	8,5	15	59	9,93	1,89	12	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bronces al Aluminio	68A	C-92500	B-148-9B	-	85 min	8,5-9,5	-	-	2,5-4	-	-	-	45	17	20	110	7,64	1,62	11	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	C-95400	B-149-8C	1714-G3aAlB9F59	85 min	10-11,5	-	-	3,5	2,5	-	-	21,5	20,5	12	159	7,45	1,63	13	107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	C-95500	B-148-9D	1714-G3aAlB9F59	75 min	10-12,5	-	-	3,5	3,5	2,5	-	-	21	21,5	8	185	7,53	1,62	8,5	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fig 105. Tabla de aleaciones de Bronce OMAMET

## LATÓN

Es una aleación de cobre y cinc, el porcentaje de cinc en uso industrial se mantiene inferior al 50%, esta composición influye en las características mecánicas. Tiene alta resistencia a la oxidación y corrosión incluso en ambiente salino. Solidez frente al desgaste. Alta conductividad eléctrica. Altamente reciclable. Es una aleación sustitucional del bronce usada para decoración ya que su brillo le da un aspecto similar al oro.

**Punto de fusión:** 900-940°C

**Densidad:** 8,4 - 8,7 g/cm<sup>3</sup>

**Dureza:** Brinell entre 110-150

Latones Alta Resistencia	NORMAS ACTUALES Y EQUIVALENCIAS				ELEMENTOS COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)										CARACTERÍSTICAS RECOMENDACIONES GENERALES DE USO																		
	SAE	UNS	ASTM	DIN	Cu	Al	Zn	Mn	Fe	Ni	Sn	Pb	Resistencia (kg/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)	Alargamiento (mm/mm)	Dureza Brinell	Dureza (HV 0.05)	Dureza (HV 0.1)	Conductividad eléctrica (10 <sup>8</sup> Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	Conductividad térmica (W/mK)	Coeficiente de dilatación (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	Coeficiente de expansión térmica (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	Temperatura de fusión (°C)										
43	C-86300	B-147-8A	1799-G5aM4F45	55-60	0,5-1,5	36-42	1,5	0,4-2	1	1	0,4	45	17	20	125	8,30	2,20	22	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
430A	C-86200	B-147-8B	1799-G5aM4F60	60-66	1,4-9	22-28	2,5-5	2,4	1	0,2	0,2	62	31	18	130	7,84	2,20	8	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
430B	C-86300	B-147-8C	1799-G5aM4F75	60-66	3-7,5	22-28	2,5-5	2,4	1	0,2	0,2	76	41,5	12	210	7,58	2,00	8	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fig 106. Tabla latones de alta resistencia OMAMET



## BRONCE APLICADO EN MI PROYECTO

Para la fundición de las piezas, se empleó un bronce – silicio Everdur CDA 87300, es apto tanto para aplicaciones industriales como creativas, acepta una amplia gama de patinas, tiene buena fluidez y poca generación de escoria que provocaría imperfecciones en las piezas.

### Everdur Silicon Bronze Product 495 I

With its pleasant color (and ability to accept a range of patinas) combined with good fluidity, low drossing, and a reasonable solidification range, Everdur Silicon Bronze is widely used in both industrial and creative applications. Everdur's balance of mechanical properties and corrosion resistance has led to its use in valve and pump parts, impellers, bells and a variety of other engineering applications. More recently, Everdur's excellent casting characteristics have resulted in it being the preferred Bronze for sculpture casting and in its wide acceptance for the jewelry caster as well.

#### Nominal Chemical Composition

Copper	95%
Silicon	4%
Manganese	1%

#### Typical Physical Properties

*Unless otherwise stated, measured at room temperature, 68°F (20°C).*

Property	U.S.	Metric
Melting Range (solidus/liquidus)	1550°F–1780°F	840°C–971°C
Pouring Range	1900°F–2250°F	1010°C–1235°C
Density	0.302 lbs/cu. in.	8.36 g/cu. cm.
Specific Gravity	8.36	8.36
Thermal Conductivity	16.4 Btu/ft./hr./sq. ft./°F	28 W/m/°K
Electrical Conductivity	6% IACS	6% IACS

#### Typical Mechanical Properties (test bar values – C80100)

*Unless otherwise stated, measured at room temperature, 68°F (20°C).*

Property	U.S.	Metric
Tensile Strength	55000 lbs/sq. in.	379 MPa
Yield Strength	25000 lbs/ sq. in.	172 MPa
Elongation in 2 in. (50 mm)	30%	30%
Brinell Hardness (500 kg. wt.)	85	85
Shear Strength	28000 lbs/sq. in.	190 MPa
Impact Strength Izod	33 ft. lbs	45 Joules



### 5.3 ACABADOS SUPERFICIALES

Se estudiado también que acabdos superficiales se le pueden aplicar a las piezas fabricadas. Tratando de concentrarse en tratamientos por electrolisis, que es el proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de electricidad. Estos tratamientos se usan principalmente para proteger de los efectos negativos del medio ambiente, principalmente del oxígeno, que produce oxidación.

Los 2 primeros, realmente, son recubrimientos:

- **Niquelado:** Deposición electroquímica que aumenta su resistencia a la oxidación y corrosión, crea capas de níquel, se puede aplicar sobre hierro, cobre, latón entre otros, pero en aluminio no.
- **Galvanizado:** Consiste en recubrir un metal con otro con el fin de protegerlo, el más común es Zinc sobre Hierro. Recubrimientos de entre 7-42  $\mu\text{m}$ . Otorga fortaleza mecánica tanto a golpes como en abrasión.
- **Zincado:** Se suele usar como sinónimo del galvanizado, pero realmente es un tratamiento que proporciona espesores más finos entre 5-20  $\mu\text{m}$ , normalmente se usa para piezas en interiores, tiene acabados suaves. Posteriormente se suele dar un pasivado para aumentar su resistencia que se puede colorar.
- **Cobrizado:** Tratamiento normalmente utilizado para aumentar conductividad eléctrica en aceros, se usa en materiales ferrosos. Proporciona pequeños espesores de entre 4 a 10  $\mu\text{m}$

Se ha profundizado más sobre los siguientes tratamientos:

- **Cromatizado:** Tratamiento químico de conversión del Aluminio mediante cromatos, evita su oxidación. Se suele utilizar Alodine para coloraciones amarillentas.
- **Anodizado:** Proceso electrolítico para incrementar la capa de oxido natural. Proporciona una mayor resistencia y durabilidad, permite una amplia gama de colores. Normalmente es usado en aluminio y titanio. El espesor varía entre 5-20  $\mu\text{m}$  dependiendo del ambiente donde se vayan a utilizar.

En interiores entre 5-7  $\mu\text{m}$

En exteriores entre 10-15  $\mu\text{m}$

Exteriores de ambientes marinos o extremos 20  $\mu\text{m}$



Dicho espesor depende del electrolito, la corriente aplicada en amperios (A), la temperatura(°C) y duración del tratamiento(min). Todo esto varía según el área superficie(mm<sup>2</sup>) y material de nuestra pieza.

He creado unos muestrarios para realizar diversas pruebas en la medida de lo posible, ya que ciertos tratamientos no son compatibles unos con otros, por ello He alternado tratamientos con chorreado de arena o grabado laser con el fin de optimizar lo máximo posible y elegir el que mejor acabado proporcione tanto funcional como estético.



Fig 107. Gama de colores anodizado.

**Muestrario 1:** Natural con isologo grabado en laser, grabado laser, arenado, pulido, aluminio 6082 natural.



Fig 108. Muestrario 1





**Muestrario 2:** Anodizado negro, cromatado y grabado laser sobre anodizado negro.



Fig 109. Muestrario 2

**Muestrario 3:** Anodizado rojo, cromatado alodiado, anodizado rojo con grabado laser.



Fig 110. Muestrario 3





Los dos cromatizados usados se diferencian por ser trivalente o hexavalente.

- **Hexavalente**, es la forma más toxica del cromo IV, conocido como cromato oro, no cumple ROHS, por el uso del Alodine. (Exención en uso militar).
- **Trivalente**, remplaza al cromo hexavalente, ya que es considerado un compuesto más seguro, es incoloro-natural y cumple con la ROHS.

Anodizado:   Tipo I - CROMICO                                   CLASE I – Incoloro.  
                  TIPO II - SULFURICO                               CLASE II – Coloreado.  
                  TIPO III - DURO



Fig 111. Muestrarios sobre tablero



## Anodizados

**Tipo 1-** Anodizado crómico. El muestrario 3, se introdujo en la línea de cromatado, es un clase 2, ya que lleva coloración.

**FASE 1:** Se introduce en una cuba de desengrase alcalino, para limpiar la pieza.

Producto: TURCO 4215NC

Tipo agua: Desionizada

Condiciones de trabajo

- Concentración XX-g/l
- Temperatura XX °C
- Tiempo XX minutos
- Agitación por aire

**FASE 2:** Enjuague agua de red

Tipo de agua: Corriente

Condiciones de trabajo

- Temperatura ambiente
- Tiempo: XX minutos
- Agitación por aire

**FASE 3:** Decapado, para eliminar el óxido natural, la alúmina.

Producto: TURCO ALUMINTECH 3

Tipo de agua: Desionizada

Condiciones de trabajo:

- Concentración XX g/l
- Temperatura XX °C
- Tiempo: XX minutos
- Agitación por aire

**FASE 4:** Enjuague agua de red, neutralizador para no corromper los siguientes baños.

Tipo de agua: Corriente

Condiciones de trabajo

- Temperatura ambiente
- Tiempo: XX minutos
- Agitación por aire



**FASE 5:** Desoxidación con ácido, crea los poros de la alúmina.

Producto: TURCO SWIT

Tipo de agua: Desionizada

Condiciones de trabajo

- Concentración: XX g/l
- Temperatura: XX °C
- Tiempo: XX minutos
- Agitación por aire

**FASE 6:** Enjuague de agua desionizada

Tipo de agua: Corriente

Condiciones de trabajo

- Temperatura ambiente
- Tiempo: XX minutos
- Agitación por aire

**FASE 7:** Cromatizado en este caso, ese paso es electro coloración.

Producto: Alodine 1200S

Tipo de agua: Desionizada

- Condiciones de trabajo: 6 puntos de CR (IV)
- Temperatura: XX °C
- Tiempo: XX minutos
- PH: 1,3-1,8
- Agitación por aire

**FASE 8:** Enjuague de agua desionizada

Tipo de agua: Corriente

Condiciones de trabajo

- Temperatura ambiente
- Tiempo: XX minutos
- Agitación por aire

**FASE 9:** Sellado, es la fase más importante.

- Sellado hidratación: La alúmina aumenta su volumen cerrando el poro.
- Sellado por impregnación: Utilizando agua desmineralizada.



**XX: Parámetros confidenciales.**



Fig 112. Cubas del proceso de anodizado.



Tipo 1- Clase 1, incoloro, ha sido el usado como primer baño para el muestrario 2.

El muestrario 2, se detiene en la fase 6.

Tras el primer baño:

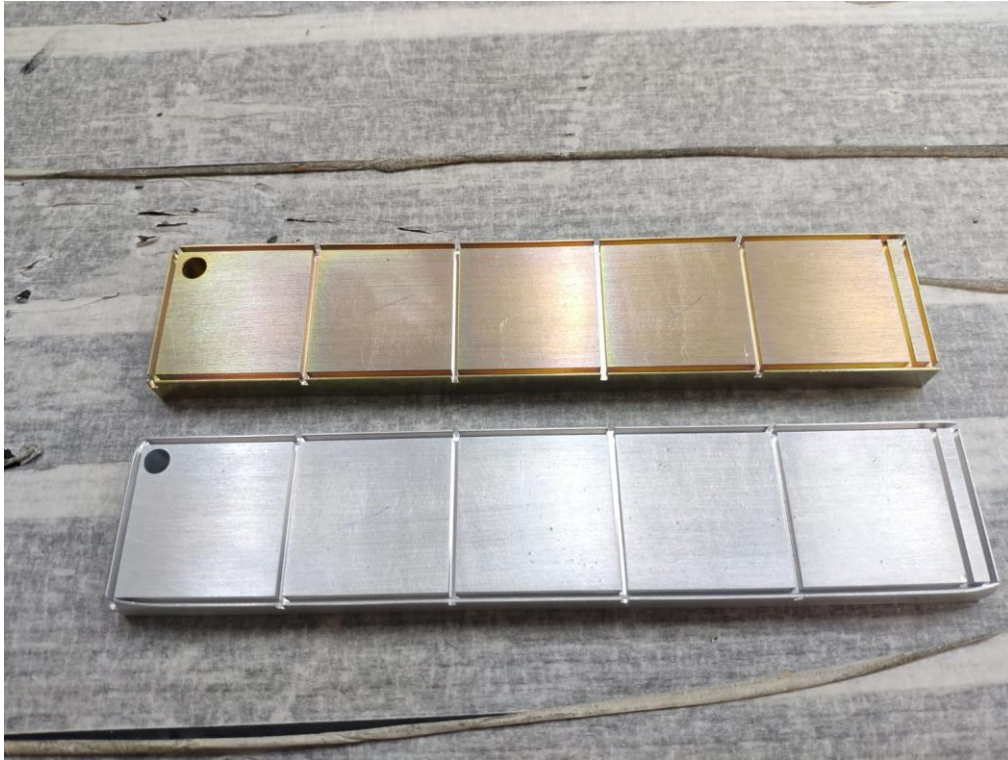


Fig 113. Muestrario 2 y 3, Alodiado y Cromatado.

Tras este baño, se le aplica un *masking*, como protección. El producto aplicado es “RED STOPPING OFF LACQUER” se aplica con un pincel y se deja secar durante unos 20 minutos. Se le proporcionan 3 manos. Una vez seca la protección se procede a un baño de anodizado TIPO II, sulfúrico, CLASE 2, anodizado negro y rojo.



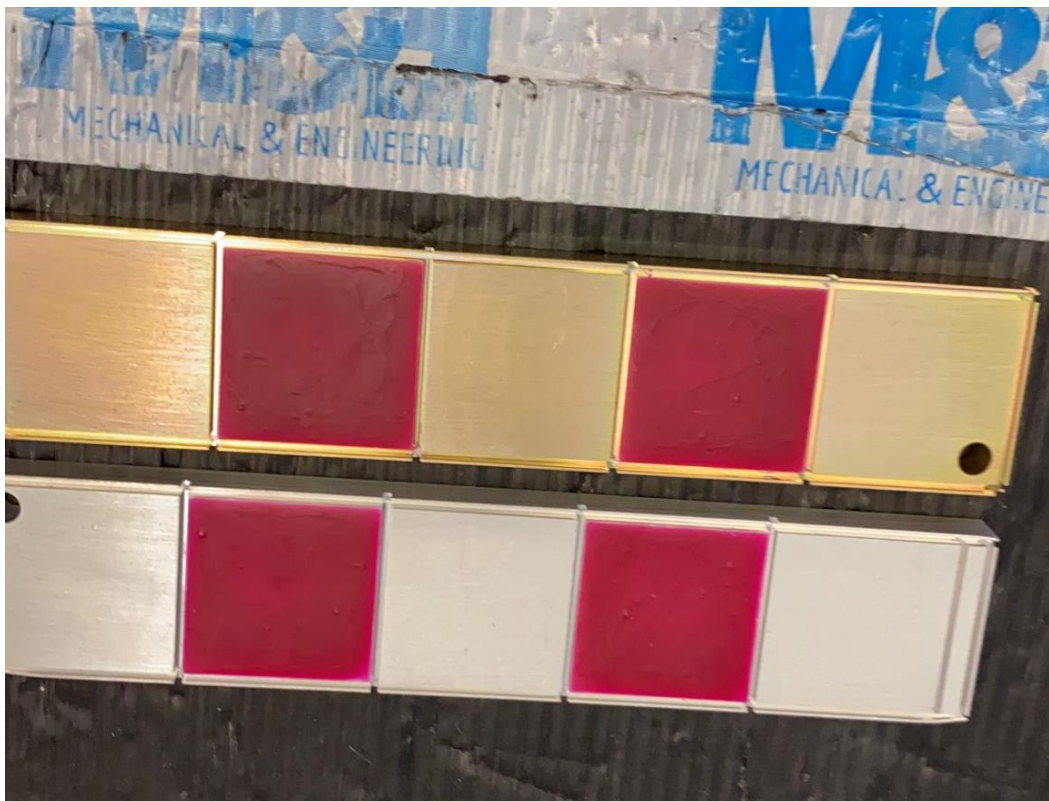
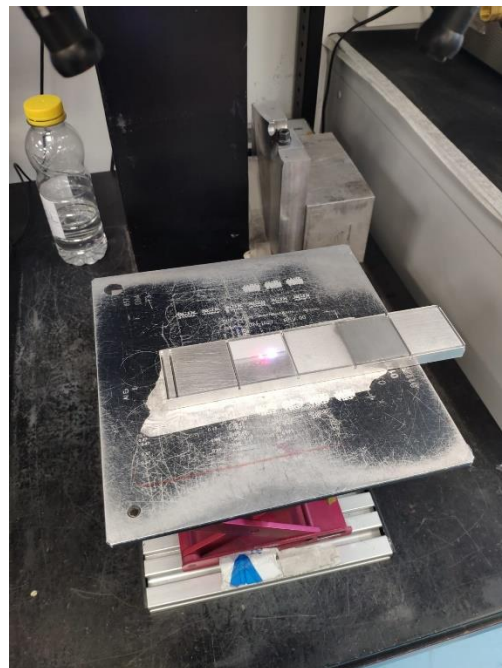


Fig 114. Protección *Masker*

Test y grabados laser en los muestrarios





El subconjunto 2, se anodizo en negro, pero no quedo con el resultado esperado.

Los posibles errores del anodizado, teniendo en cuenta que inciden muchos parametros son:

- **El deterioro de los liquidos** alojados en las cubas.
- **Imperfecciones del material.** En la imagen se puede observar una traza, pueden ser restos de cobre, silicio, magnesio..etc



Fig 115. Imperfeccion en la aleacion del pedestal.

- **Mala colocacion de la pieza,** en mi caso la pieza se coloco bien, se utilizo un disco de titanio. Aunque tambien influye la interferencia titanio-aluminio a la hora del baño.



Fig 116. Colocacion del tablero para el anodizado.



- **Acabado de la superficie.** Las superficies solo mecanizadas, captaron perfectamente el tinte del anodizado, sin embargo, en el tablero, la parte superior fue trabajada con una pulidora orbital y quedo un anodizado pobre.
- **Operación incorrecta.**

El error ocasionado en el tablero fue al sacarlo del enjuague, (FASE 8), no quedo un enjuague limpio y quedaron imperfecciones. Por ello se repitió el tratamiento en la pieza.

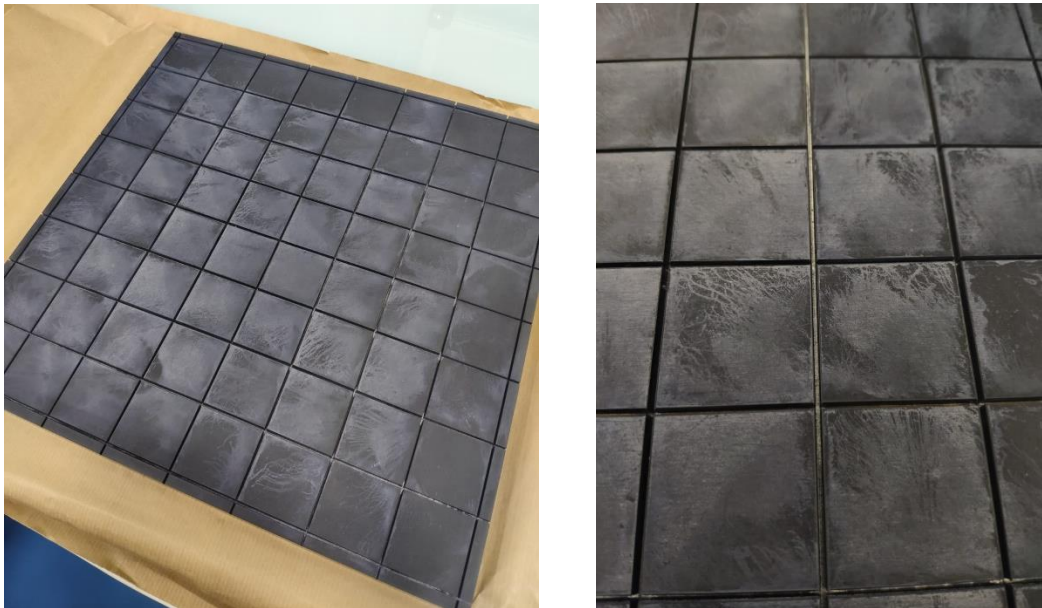


Fig 117. Imperfecciones tablero anodizado negro



El error ocasionado en la tapa pedestal, estuvo en que se manipulo antes de que estuviese totalmente sellado el velo, marcando asi los dedos. Posteriormente limpiadas y tratadas con vaselina, quedo un resultado excelente.

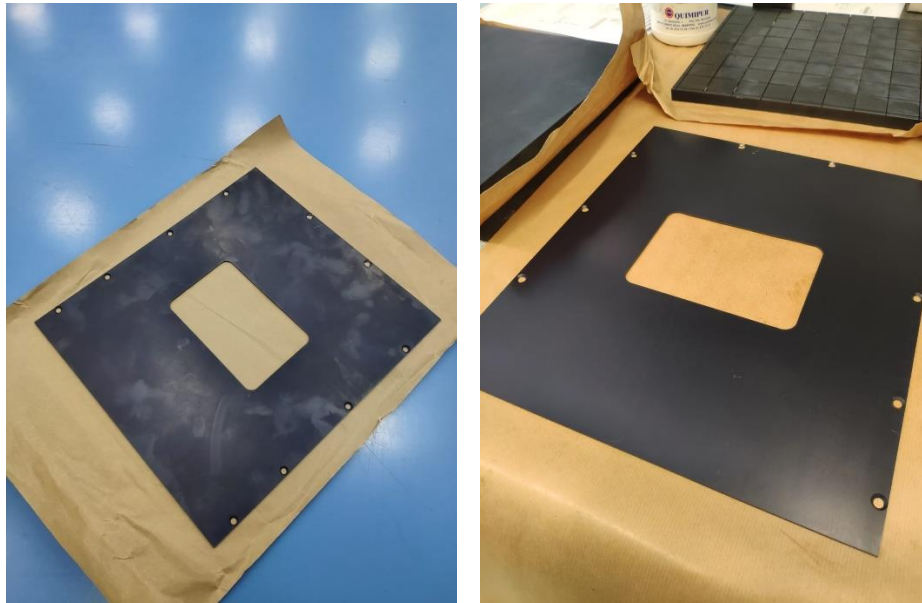


Fig 118. Marcas antes del correcto sellado.

En el pedestal ocurrio lo anteriormente explicado, se manipulo antes de un correcto sellado. La vaselina crea una pelicula que sella el poro uniformemente, se ha de dejar secar sin manipularla para un resultado optimo.



Fig 119. Pedestal anodizado pobre.





Aquí se muestra el proceso de aplicación de la vaselina, la diferencia de contraste es bastante notable.

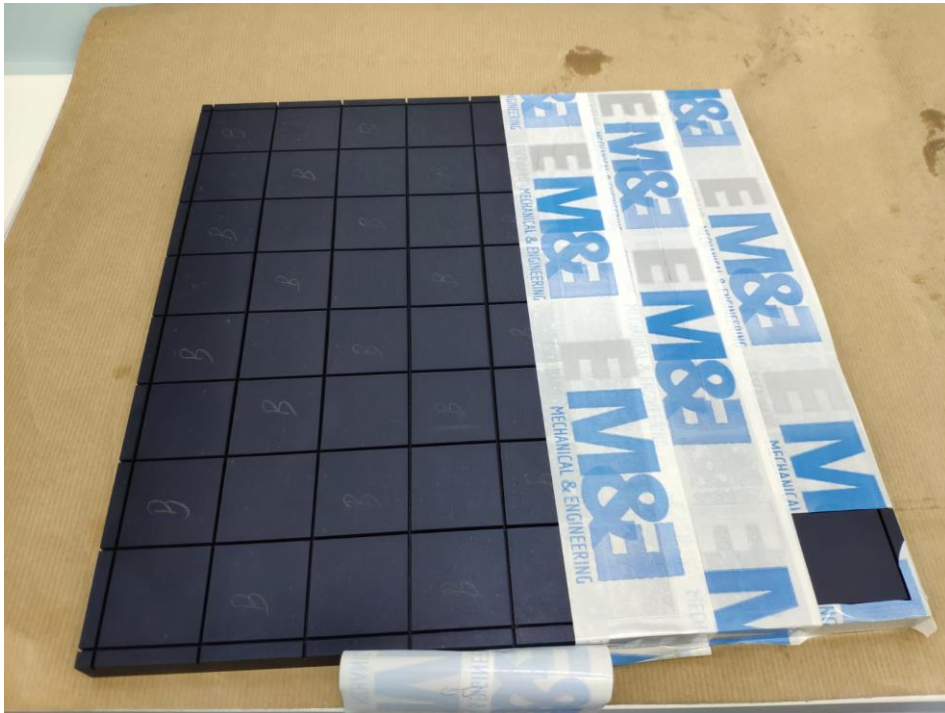


Fig 119. Pedestal tratado para un acabado uniforme.





Respecto al tablero, una vez repetido el proceso, el cual el resultado fue excelente, se enmascaro para realizar el alternado de colores.



Una vez protegidos todo el tablero, se recortó minuciosamente la proteccion de las casillas, las ranuras facilitaron el trabajo, pero debia estar bien adherido para que ningun grano accediese al escaque negro, arruinando el trabajo de anodizado, para crear los escaques blancos se introdujo en la maquina de chorreado de arena.





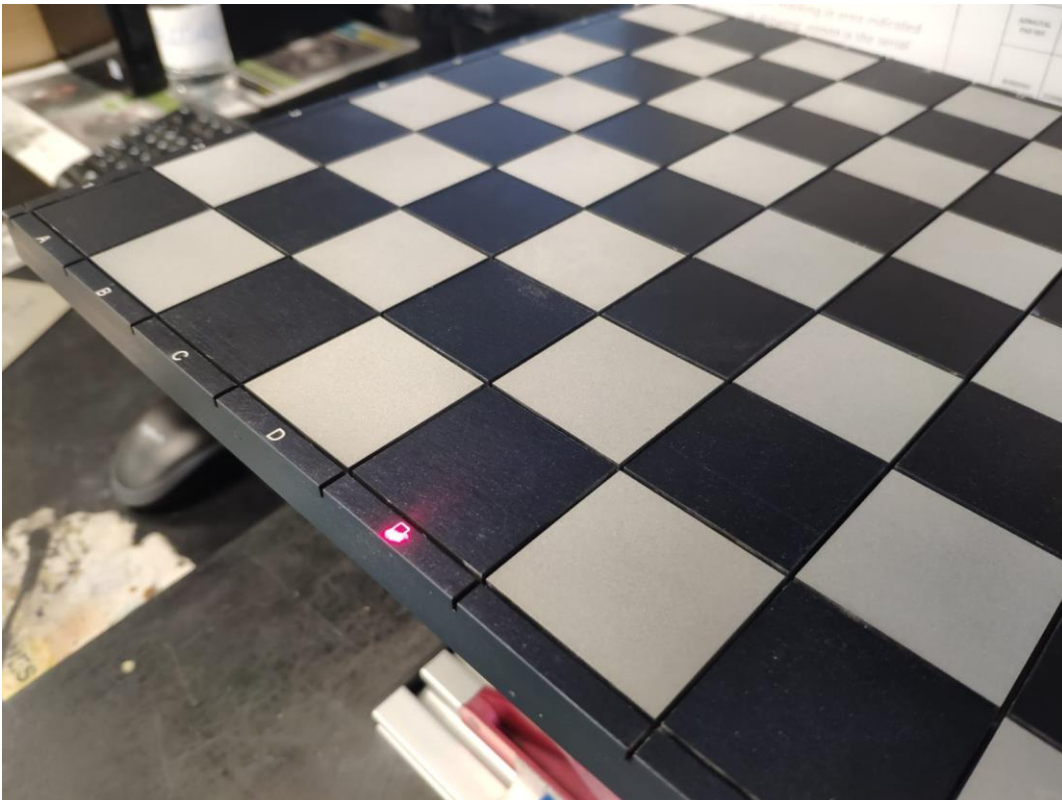
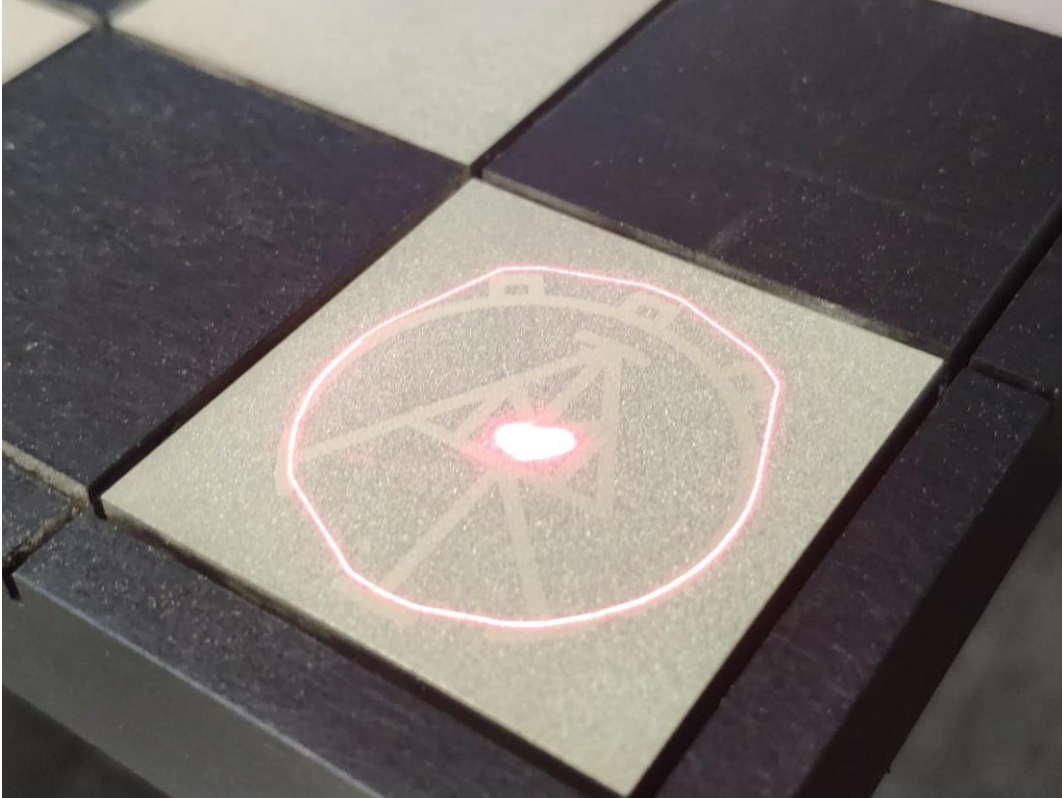
Detalle de la superficie del tablero, se le aplico un barniz acrilico Montana 94, con el fin de proteger el arenado, ya que es una superficie muy porosa que se mancha enseguida.







La ultima operación del tablero, fue grabar las coordenadas para permitir la denotacion de las partidas de ajedrez, ademas del sello AMR en los escaques blancos que quedan al lado derecho respectivamente de cada jugador.

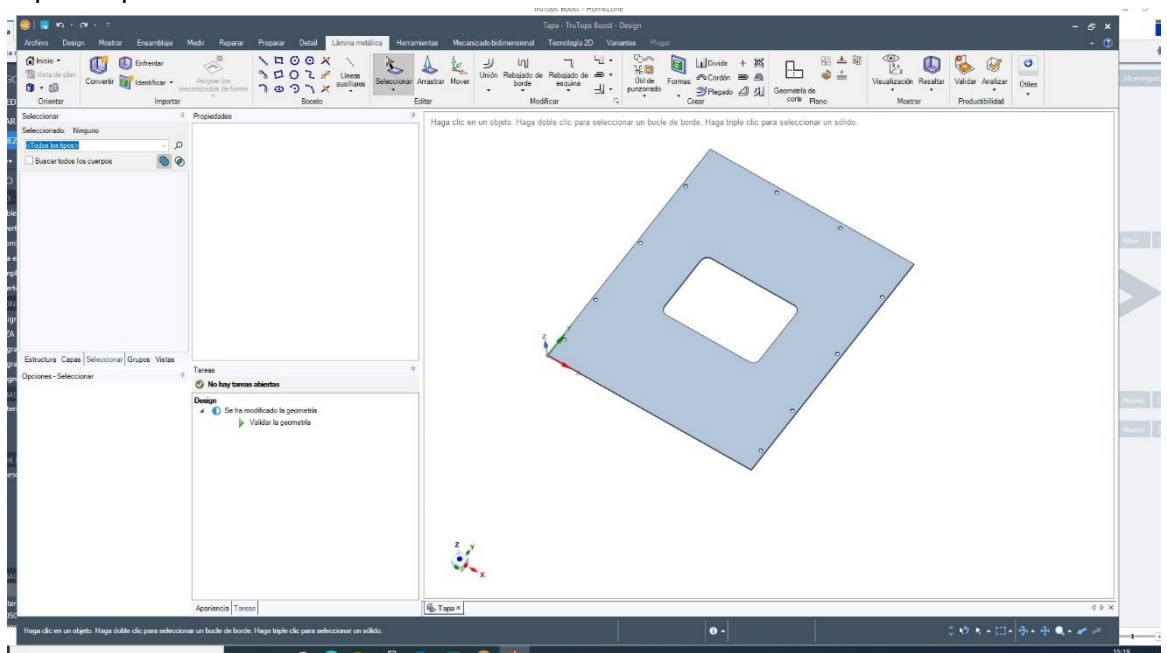




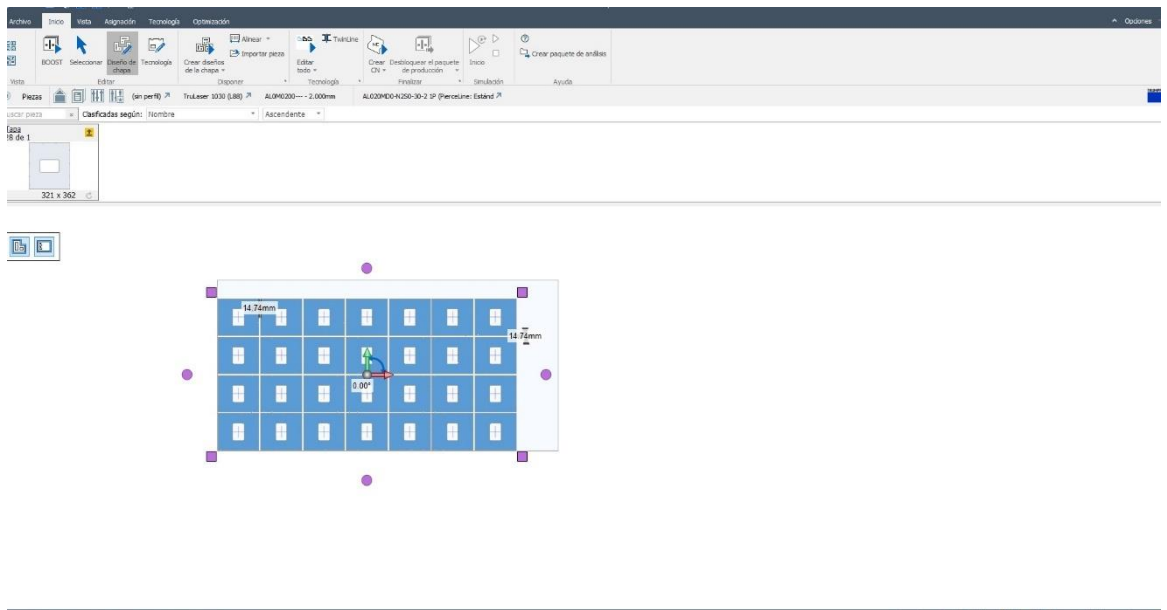
## 5.4 MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y UTILES

- **Impresora MJF HP** – ver página 90
- **Cortadora laser** - ver página 95

Esta máquina ha sido usada para la pieza cortada correspondiente a la marca 2.2, tapa del pedestal.



Para una correcta optimización, se crea una distribución en la plancha utilizada de 1x3 metros, entran 28 unidades, la máquina de corte laser utilizada TRUMPF, dispone dos mesas de trabajo, por lo que podríamos producir 56 unidades de golpe, de manera automática hace el cambio de mesa. En una pieza tardo 30 s.





- **Impresora FDM** - ver página 100
- **Impresora DLP** – ver página 103
- **Grabadora laser**

Ha sido usada para crear los detalles de firmas, grabados y pruebas en muestrarios.

Laser ND- YAG, 1064 nanómetros 16W.

Área de marcado: 110x110

Dimensiones: 740x201x233

Peso neto: 20Kg

## Business Diode IR

**DPL Genesis Marker 8W**



**DPL Nexus Marker 12W**



**DPL Fortis Marker 16W**



### Datos Técnicos

	Genesis	Nexus	Fortis
Potencia láser	8 W	12 W	16 W
Tipo de Láser	Nd:YAG		
Longitud de onda	1064 nm		
Calidad de haz M <sup>2</sup>	Typ. < 1,5	Typ. < 2	Typ. < 2,5
Principio de bombeo	Longitudinal		
Longitud del pulso	15–100 ns		
Frecuencia	1–100 kHz		
Clase del Láser	4, opcionalmente 1		
Superficie de marcado	opcionalmente 60 x 60 / 110 x 110 / 180 x 180 mm		
Consumo	max. 200 W	max. 250 W	max. 300 W
Peso	20 kg		
Dimensiones (l x an x al)	740 x 201 x 233 mm		
Alimentación	100–240 VAC / 16 A / 50–60 Hz		
Interfases	USB 2.0, SPS-Interface		
Seguridad funcional seg. DIN EN ISO-13849-1	PLe		

Material	Business Diode IR
Metales	
Annealing en negro	●
Grabado	○
Abrasión	●
Plásticos	
Foaming*	●
Carbonización*	●
Grabado	-
Cerámicos	○
Madera, papel y cuero	-
Cristal	-
Foils para láser	
Abrasión	●
Coloración	●

● muy bien ○ bien - inadecuado

\* Puede haber limitaciones en función de la composición de los plásticos.







- **Fresadora**

He usado una centro de mecanizado de 3 ejes. Doosan DNM 5700

Control numérico: Fanuc

Dimensiones de la mesa: 1300x570

Peso admitido 1000Kg

Velocidad del husillo: 12000-15000 rpm

Carrusel: 30 herramientas.

**Fresas:** Con portaherramientas de cono 7/24, tipo BT.



- **Taladro de columna**

Se ha utilizado para retaladrar los agujeros del caballo, agujerear los peones para colocar el imán y para hacer los avellanados en la pieza tapa pedestal.

Potencia del motor: 850 W / 400 V Trifásico

Diámetro máx. de taladro fundición / acero: 28 / 24 mm

Espiga / cono: MT 3

Revoluciones del husillo: 120 - 4.000 r.p.m.

Dimensiones: 698 x 449 x 1.721 mm

Peso neto: 140 Kg





- **Fundición**

-**Moldes de silicona:** Se crean moldes de silicona a partir de los modelos 3D prototipados.

-**Cera:** Una vez tenemos los moldes de silicona, se extrae el modelo original creando una línea de división separando así el molde en 2 partes y se vierte cera. para crear un modelo igual al original, solo que de cera a lo que llamaríamos copias.

- **Útiles de modelado:** Se utilizan útiles para perfeccionar las ceras o imperfecciones. He usado unos útiles Am-Tech.

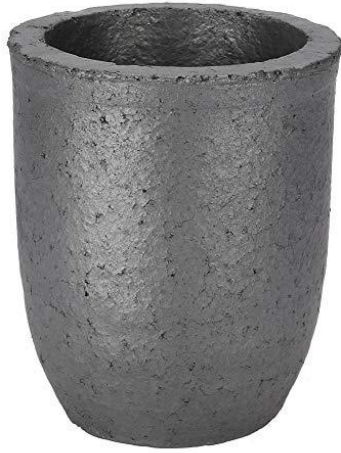


-**Cilindro perforado de acero:** Sobre él se hace un árbol con las piezas. Posteriormente se le vierte yeso, que será lo que cree el modelo para fundir.





**-Crisol:** Utilizado para verter el material metálico en estado líquido. Esta hecho de grafito ya que tiene una temperatura de fusión de 1500°C.



**-Centrifugadora:** Cuando se ha vertido el metal sobre el cilindro de acero se coloca en una centrifugadora para que el metal se expanda hacia las paredes.





**-Guantes:** Guantes de seguridad para protegernos las manos de cualquier percance ocasionado por el uso de las herramientas. Certificación EN388 y EN420.



**-Martillo – Destornillador:** Una vez sacadas las piezas fundidas del cilindro de acero inoxidable, se saca el árbol compactado con yeso entre las piezas, con ayuda de estas herramientas, entre otras se va limpiando el árbol eliminando el exceso de yeso.



**- Cizalladora:** Con la cizalladora se cortan las piezas del árbol fundido por el cual se encuentran todas unidas.





**-Lijadora de banda:** Se utiliza para eliminar la rebaba.

Cinta lijadora: 915x100

Grano de lija usado 90

Mesa inclinable: 0-45°

Dimensiones: 500x311x255

Peso neto: 11 Kg



**-Dremel y cinceles:** Utilizados para perfeccionar los desperfectos de las piezas.



**-Soldadura:** Con un equipo de electrodo revestido y aporte de material del fundido, se reparan zonas que han perdido material, tambien se uso soldar para la bisagra.







- **Rebarbador:** Ha sido usado para eliminar imperfecciones como rebabas o bordes afilados en la pieza de corte laser.



- **Arenadora**

Se ha utilizado tanto para limpiar los prototipos de poliamida, como para acabados superficiales en muestrarios , tablero y limpiar las piezas de fundición.

Cabina de chorro de arena FERVI

Dimensiones: 755x495x720

Dimensiones útiles internas: 685x455x420

Presión de funcionamiento: 6.5-7.5 bar

Peso neto: 26,5Kg





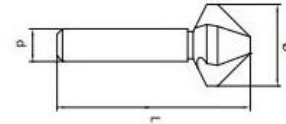
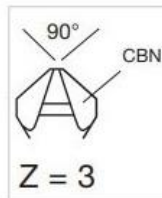
- **Avellanador DIN 355C**, He usado un 12,4 mm

Tipo A: Diametro.

Tipo B: Profundidad.

Tipo C: Angulo.

Tipo D: Forma determinada.



DIÁMETRO	CÓDIGO	D	L	PARA TORN. DIN 74 AF	PARA TORN. DIN 74 BF
4,3 mm	7118504300	4	40		
5 mm	7118505000	4	40	M 2,5	
6 mm	7118506000	5	45	M 3	
6,3 mm	7118506300	5	45		M 3
7 mm	7118507000	5	50	M 3,5	
8 mm	7118508000	6	50	M 4	
8,3 mm	7118508300	6	50		M 4
10 mm	7118510000	6	50	M 5	
10,4 mm	7118510400	6	50		M 5
12,4 mm	7118512400	8	56		M 6
15 mm	7118515000	10	60	M 8	
16,5 mm	7118516500	10	60		M 8
20,5 mm	7118520500	10	63		M 10

- **Pasador DIN 912, M8x150**

TORNILLO ALLEN CABEZA CILÍNDRICA DIN-912   ISO-4792 (MÉTRICO)										
Pavonado					Calidad 8.8					
d	Métrica del tornillo									
dk	Diámetro de la cabeza									
k	Altura de la cabeza									
t	Profundidad de boca									
s	Distancia entre caras (llave)									
b	Longitud roscada									
l	Longitud seleccionada (sin cabeza)									
Cotas en milímetros (mm)										
d	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14	M16	M18
dk	7	8,5	10	12	13	16	18	21	24	27
k	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18
t	2	2,5	3	4	4	5	6	7	8	9
b	20	22	24	26	28	32	36	40	44	48
s	3	4	5	6	6	8	10	12	14	14
paso	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5
d	M20	M22	M24	M27	M30					
dk	30	33	36	40	45					
k	20	22	24	27	30					
t	10	11	12	13,5	15,5					
b	52	56	60	66	72					
s	17	17	19	19	22					
paso	2,5	2,5	3	3	3,5					



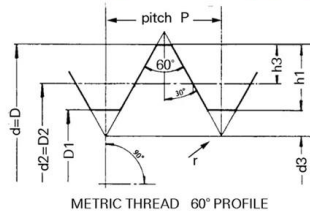
- **Macho de roscar, M5**

Se han creado las roscas para insertar el Helicoil.

## M3-M14 HSS-CO-M35



### HRC64-68

  
**For Tough Metal Tapping**


Metric size M	Pitch P	Basic Major Diameter D=d	Basic Pitch Diameter D2=d2	Minor Diameter D1=d1
M3	0.5	3.000	2.675	2.459
M4	0.7	4.000	3.545	3.242
M5	0.8	5.000	4.480	4.134
M6	1	6.000	5.350	4.170
M8	1.25	8.000	7.188	6.647
M10	1.5	10.000	9.026	8.376
M12	1.75	12.000	10.863	10.106
M14	2	14.000	12.701	11.835

**Gama estándar de machos HELICOIL® plus manuales o para máquina**

Materiales	Oferta estándar				Consejos de terrajado*	
	Machos manuales Taladros ciegos o pasantes	Machos para máquina		Velocidad de corte [m/min]	Lubricante Refrigerante	
		Taladros pasantes	Taladros ciegos			
Aluminio y aleaciones de aluminio (con virutas cortas)	0140.0 0140.1-2* 0140.3-5**	0141.1	0141.5	10...20	Emulsión	
Aluminio y aleaciones de aluminio (con virutas largas)	0140.0 0140.1-2* 0140.3-5**	0141.1	0141.4	15...20	Emulsión	
Aleaciones de magnesio	0140.0 0140.1-2* 0140.3-5**	0141.1	0141.4	25	En seco	
Acero 700 N/mm <sup>2</sup> Fundición esteroideal R <sub>m</sub> ≤ 250 N/mm <sup>2</sup> Fundición dura R <sub>m</sub> > 250 N/mm <sup>2</sup> Fundición maleable	0140.0 0140.1-2* 0140.3-5**	0141.1	0141.5	16 15 10 10	Aceite, emulsión Petróleo / emulsión Emulsión Aceite, emulsión	
Cobre Bronce/ latón rojo Latón maleable Aleaciones de zinc	0140.0 0140.1-2* 0140.3-5*	0141.1	0141.5	16 5...12 16 20	Aceite, emulsión Aceite, emulsión Aceite, emulsión Aceite, emulsión	
Latón duro	0140.0 0140.1-2* 0140.3-5**	0141.1	0141.5	25	Aceite En seco	







Para colocar los helicoils, he usado la siguiente herramienta, el tamaño va acorde con la metrica del helicoil, en este caso M5

Kato tangless.



Herramienta para remover Helicoils, ya que los baños de anodizado por el contacto con acido sulfurico los deshacia.







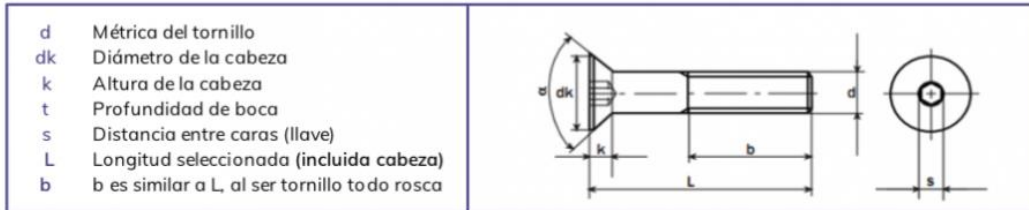
• **Tornillería M5**

Usare tornillería DIN 7991, con cabeza allen avellanado. A continuación, deajo el par de apriete para dicho tornillo.

**TORNILLO ALLEN CABEZA PLANA DIN-7991 | ISO-10642 (MÉTRICO)**

Inoxidable A2 - AISI 304

Clase 70



**Cotas en milímetros (mm)**

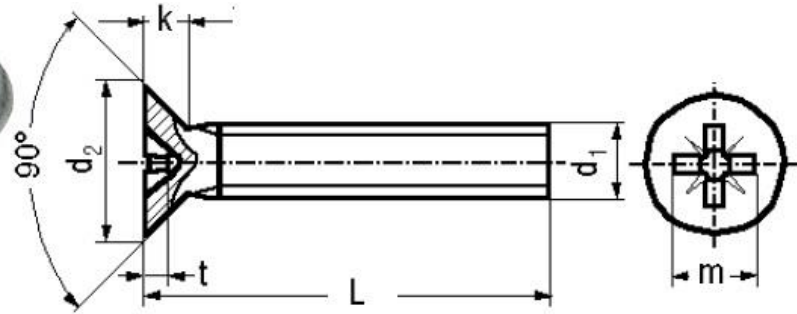
d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
dk	6	8	10	12	16	20	24	27	30	36
k	1,7	2,3	2,8	3,3	4,4	5,5	6,5	7	7,5	8,5
t	1,2	1,8	2,3	2,5	3,5	4,4	4,6	4,8	5,3	5,9
s	2	2,5	3	4	5	6	8	10	10	12
paso	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5
α	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	60°

DESIGNACIÓN		CLASE DE CALIDAD			
		8,8		A2 y A4	
ROSCA	MÉTRICA	MOMENTO DE APRIETE EN Nm			
		DIN 912	DIN 7991	DIN 912	DIN 7991
M1,6	0,35	0.23	0.35	0,18	0.3
M2	0,4	0.49	0.63	0.34	0.44
M2,5	0,45	1.01	1.15	0.71	0.81
M3	0,5	1.77	1.86	1.25	1.31
M4	0,7	4.03	4.3	2.84	3.02
M5	0,8	8.02	8.77	5.64	6.17
M6	1	13.85	14.87	9.74	10.46
M8	1,25	33.7	41.17	23.69	25.52
M10	1,5	67.99	72.14	47.81	50.72
M12	1,75	116.82	126.06	82.14	88.64
M14	2	186.78	199.22	131.33	140.07
M16	2	297.05	318.39	202.53	217.09
M18	2,5	385.38	411.31	278.92	280.44
M20	2,5	582.19	613.25	396.95	418.13
M22	2,5	713.16	800.17	486.25	545.57
M24	3	996.71	1024.88	679.57	698.77

Para nuestro tornillo de M5, deberemos aplicar un par de apriete de 6.17Nm



- **Tornillería M5**  
DIN 965 M5x10



d <sub>1</sub>	M5	M5	M5	M5
L	10	12	16	20
d <sub>2</sub> max.	9,2	9,2	9,2	9,2
k max.	2,5	2,5	2,5	2,5
Pozidriv	2	2	2	2
m~	4,4	4,4	4,4	4,4
t min.	2,05	2,05	2,1	2,05
t max.	2,51	2,51	2,6	2,51

Pozidriv Z  
DIN 965 A  
~ISO 7046  
~UNI 7688

Material	<b>Steel</b>
Surface	<b>zinc plated blue</b>
Quality	<b>4.8</b>
Tensile strength	<b>400 N/mm<sup>2</sup></b>

- **Destornillador Pozidriv**



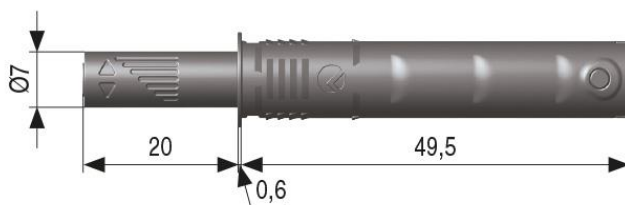


- **Dinamométrica**

Para el DIN 7991 se utilizó la cabeza de 3mm.



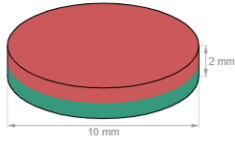
- **Expulsores K PUSH STRONG L20, Instalación embutida extrafuerte regulable en altura.**





- **Imanes de neodimio**, Utilizados en los peones.  
Imán supermagnete 10x2 mm

Especificaciones técnicas



Cód. artículo	S-10-02-N
EAN	7640155437554
Material	NdFeB
Forma	Disco
Diámetro	10 mm
Alto	2 mm
Tolerancia	+/- 0,1 mm
Sentido de magnetización	axial (paralelo al alto)
Revestimiento	niquelado (Ni-Cu-Ni)
Magnetización	N42
Fza. sujec.	aprox. 1,3 kg (aprox. 12,7 N)
Fuerza de desplazamiento	aprox. 250 g (aprox. 2,48 N)
Temperatura de servicio máx.	80°C (quizá más baja)
Peso	1,2 g

[Ficha técnica en PDF](#)

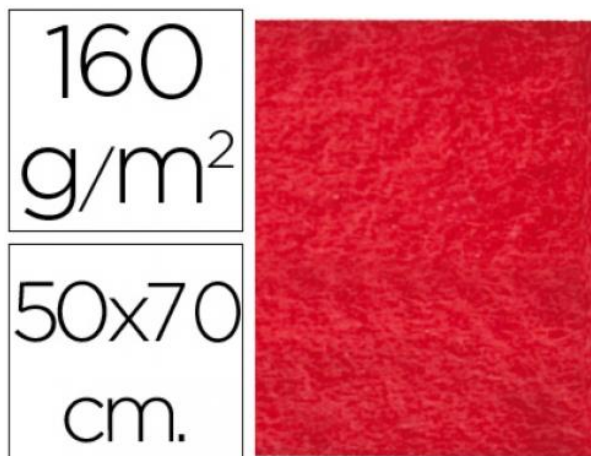
- **Imanes 15x5**

Los imanes SBS utilizados, tienen una calidad física de magnetización de muy alta calidad (N45), esto equivale a una temperatura máxima de funcionamiento de 80°C, la conexión de neodimio/hierro/boro (NdFeB) es el material más fuerte magnético disponible en el mundo. El revestimiento se compone de una aleación de níquel y cobre.



- **Filtro rojo**

Colocado como protector en las bases de cada pieza de ajedrez y en la tapa 3.2.





**Adhesivos:** Se uso Loctite para colocar la placa emblema junto con silicona para pegar el fieltro.

- **NURAL 43:** Masilla reconstructiva de metal, resiste  $30\text{kg}/\text{cm}^2$  a los 30 minutos. Resistente a temperaturas entre  $-30^{\circ}/150^{\circ}\text{C}$ . Se ha utilizado para colocar imanes  $15\times 5$  en la cara interna del caballo, mejorando la unión de las marcas 1.1 con 1.2



- **NURAL 21:** Soldadura en frío, utilizada para pegar los imanes tanto al caballo como a los peones. Resiste  $120\text{kg}/\text{cm}^2$  al cabo de 12 horas.
  - Resistencia a tracción por cizalla según norma EN 1465:  $160\text{ kg}/\text{cm}^2$ .
  - Resistencia a la temperatura: desde  $-30^{\circ}\text{C}$  hasta  $+150^{\circ}\text{C}$ .
  - Rigidez dieléctrica (UNE 53030):  $10,5\text{kv}/\text{mm}$ .
  - Coeficiente de dilatación (UNE 53126)  $6,43 \times 10^{-5}$ .
  - Coeficiente de conductividad térmica: (UNE 92202)  $0,15\text{kcal}/\text{h.m.}^{\circ}\text{C}$ .
  - Resistencia a líquidos: resistente al agua, al aceite y a los disolventes usuales.
  - También resiste a los ácidos y álcalis diluidos.







## 5.5 PROTOTIPOS/MAQUETAS.

Primeros prototipos, estudio de formas en las piezas.



Comparativa de acabados DLP/FDM/FDM Wood Filament/ MJF PA12



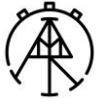


Set de PA12 antes de ser chorreado por arena.



Set completo de ajedrez en PA12





Primeros prototipos – Escultura de caballo - FDM





Comparativa de detalle DLP vs MJF



Estudio escultórico DLP. Escala 1:10







Prototipos avanzados DLP. Escala 1:4



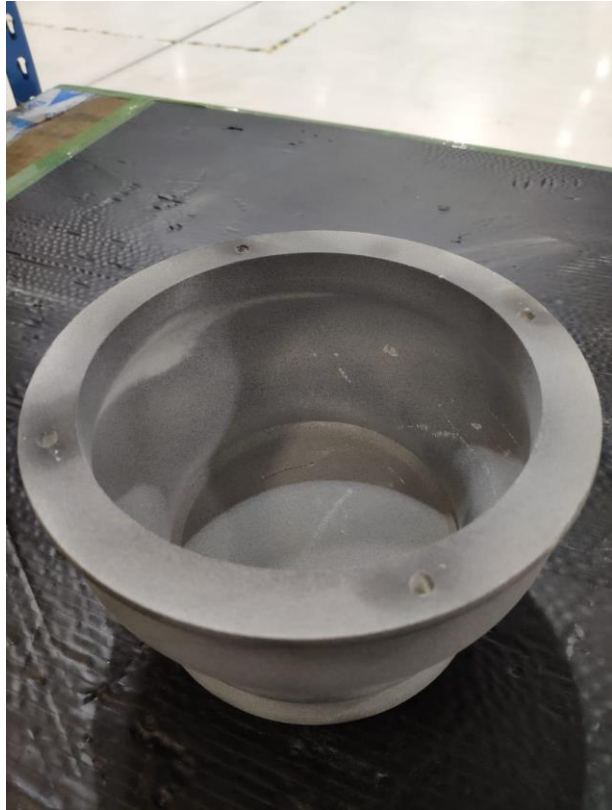
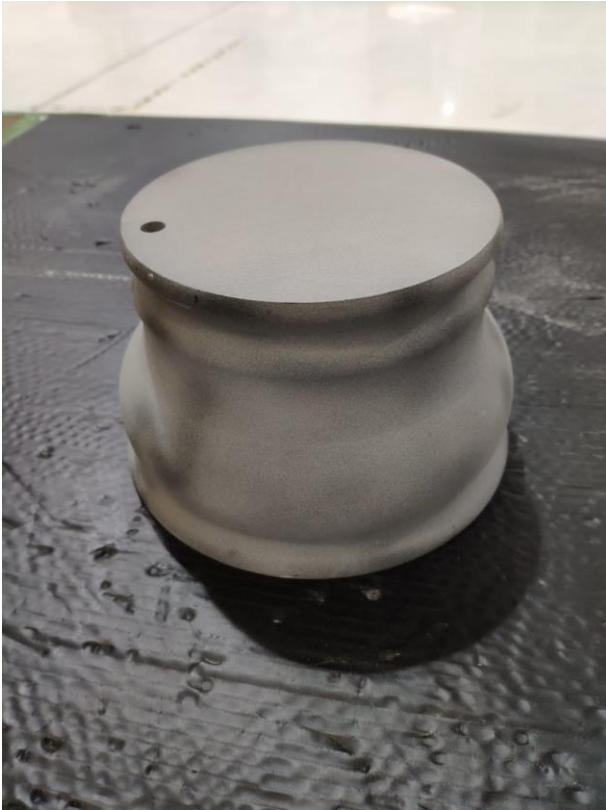
Prototipo escala 1:1 en estacion de limpieza HP.







Base 1:1, PA12

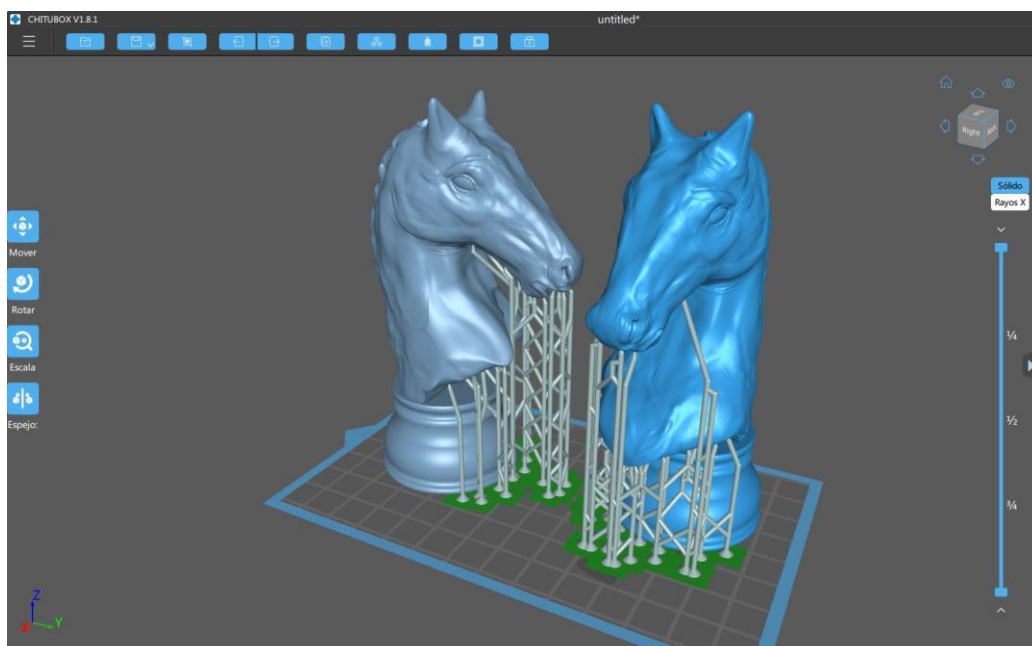


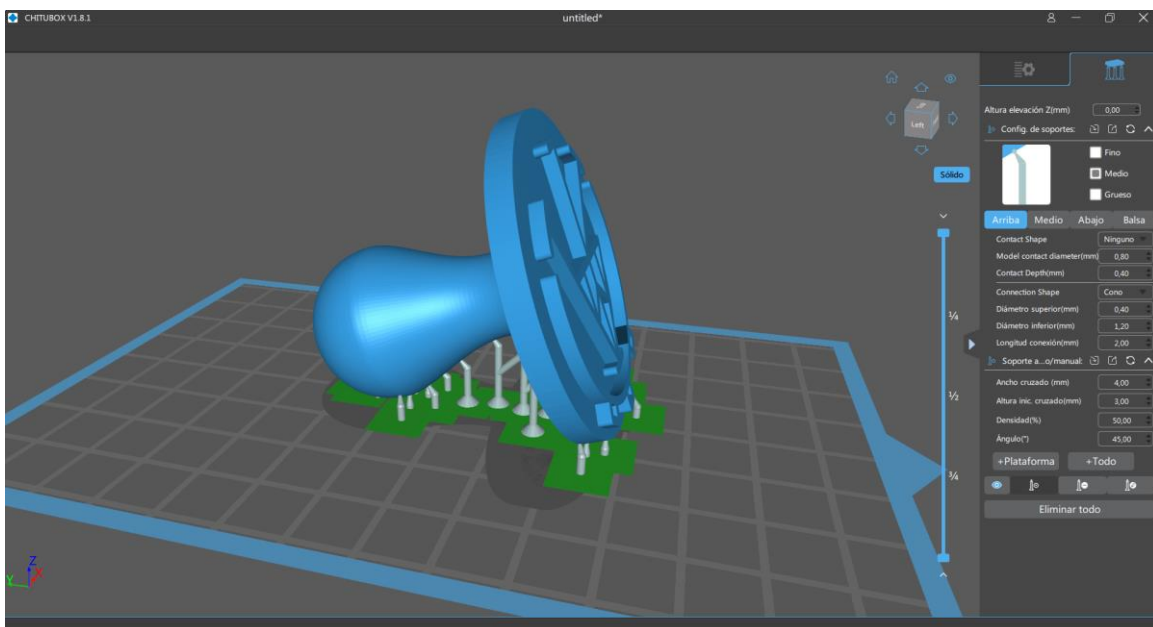
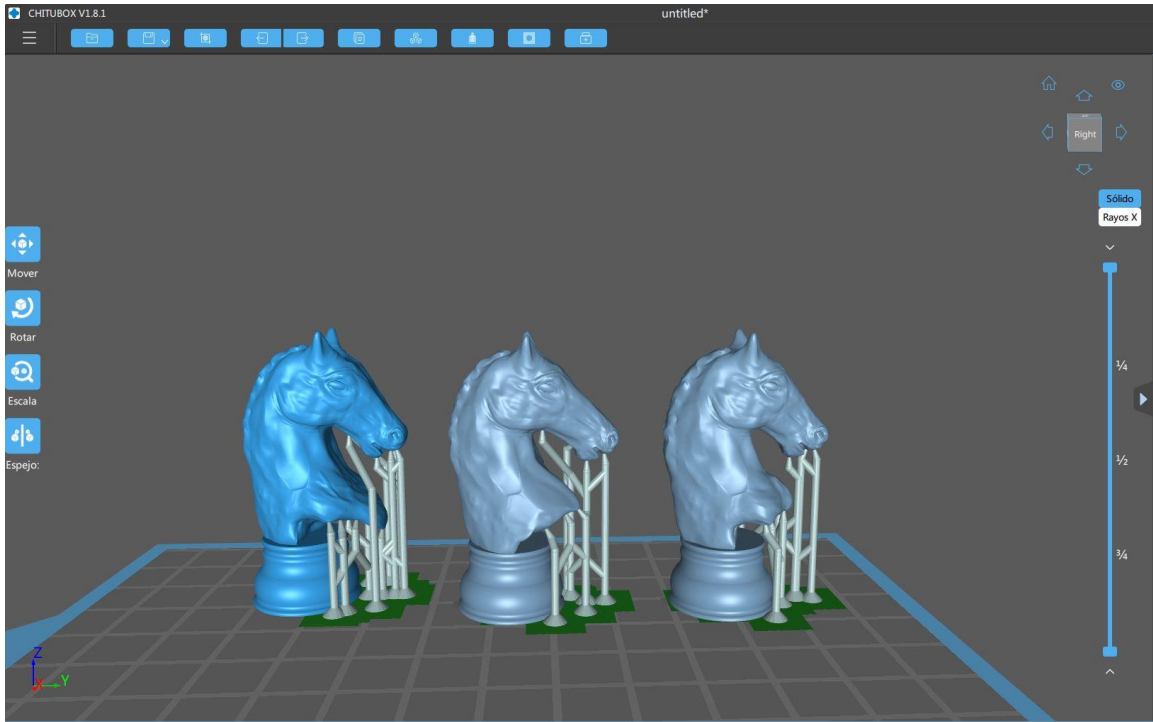


Sello AMR para estampar sobre la escultura en cera, por motivos de tiempo, no pudo realizarse en bronce.



Preparación de modelos.







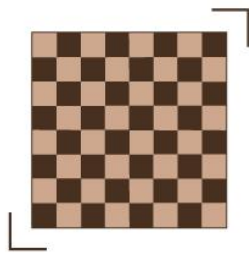
## 5.6 JUSTIFICACION DEL DISEÑO

### ESCULTURA

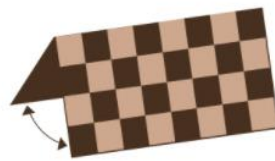
En mi opinión el caballo es una figura muy preciada cuando juego al ajedrez, ya que se pueden amenazar hasta 4 piezas a la vez, puedes usarla para capturarla o cambiarla por otra de mayor valor amenazando al rey y otra pieza en la misma jugada. Es una pieza que puede sorprender, ya que es complejo visualizar todos sus movimientos y repercusiones. Además, es la única pieza capaz de saltar otras, ventaja muy importante. Por ello he querido representar esa importancia creándolo en escultura.

### TABLERO

En cuanto al diseño del tablero he decidido realizar un tablero **rigido** de 30x30 cm, de una sola pieza, proporcionándole la resistencia que es una función básica en mi producto. No es un tamaño oficial para competir con el, pero sí un tamaño adecuado para jugar de forma cómoda.



Rígido



Plegable



Enrollable

En cuanto a la tecnología del tablero, es **estándar**, las piezas se mueven por medio de una acción del jugador, aunque se han imantado algunas piezas, no serán magnéticas respecto al tablero.



Estándar



Electrónico



Magnético



## PIEZAS

Las piezas han sido diseñadas acordes a la medida del tablero, un detalle importante ha sido romper con los cánones establecidos del peón como pieza de menor valor, siendo desprestigiada por muchos jugadores, pero siendo la única que permite evolucionar hasta ser una pieza de mayor poder. Le atribuyo valores como fuerza, valentía y sacrificio.

Habréis leído alguna vez la frase: “El rey y el peón siempre vuelven a la caja tras terminar la partida” A pesar de sus diferencias jerárquicas, en este caso no, el peón es el único que no vuelve a la caja, formando parte de la escultura a modo de crin del caballo.

## PEANA Y PEDESTAL

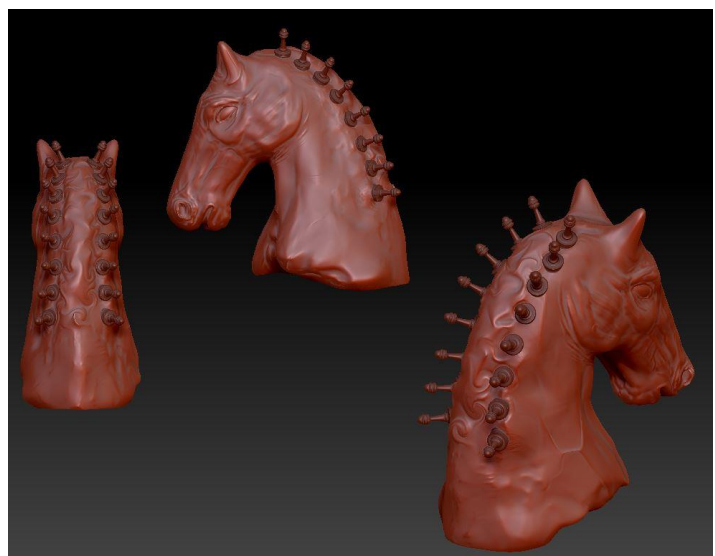
Siguiendo la estructura de cualquier escultura, todo busto consta de una peana y un pedestal. También siguiendo la forma de una pieza de ajedrez constan de una base en forma de peana.

## DETALLES

El vaciado del tablero ha sido tanto para aligerar peso como para facilitar su manipulación al extraerlo del pedestal.

La firma del autor, en este caso yo, a modo de hierro de ganadería. También incluido en los escaques del tablero y en la chapa añadida a posteriori.

Para la crin de los peones se realizaron varias variantes, se hizo una matriz sobre una curva extraída a partir del modelo del caballo.







El detalle de la crin de peones, viene de las castañuelas que se le hacen a los caballos engalanados de rejoneo o romería.



## 5.7 VIABILIDAD TECNICA

Los problemas en cualquier diseño, los encontramos a la hora de la fabricación, por ello detallo ciertos rediseños que he tenido que ir añadiendo según iba avanzando en mi proyecto. Muchos de ellos los solucionaba y podía implementar en mi prototipo final, otros solo están plasmados como diseño original.

- A la hora de fabricar, en el pedestal, he tenido que rediseñar el espesor que quedaba tras el vaciado de cajera, pasando de 2mm a 4mm, ya que, por la potencia de la máquina, al desbastar, esos 2mm no serían suficiente y pandearía, provocando un destrozo en la pieza, una posible solución era usar una cama de vacío, la cual sujeta la pieza por succión o rediseñar. Decidí aumentar el espesor de dicha pieza, la cual será la que soporté todo el peso de la peana y el caballo con las piezas alojadas dentro de él, por lo que no fue ningún impedimento ese aumento de espesor. En esta pieza, también se tuvo en cuenta que los agujeros de los expulsores fuesen pasantes, ya que el cabezal de la fresadora no podría hacer un agujero ciego por la cara interna, existiría colisión con el cabezal.



- Otro inconveniente de fabricación fue el tablero, mi ranura inicial, era de 5 milímetros, al tener un diámetro de 1,1 milímetros, la fresa a utilizar es pequeña por lo que necesita velocidades de trabajo y avance pequeñas para no romper dicha fresa, esto hacía que encareciese el trabajo ya que tardaba más en fabricarse esta pieza, asique como iría rellena de resina y no se apreciaría la profundidad, la baje a 3 milímetros de profundidad.
- En cuanto al eje, barajaba el pasador DIN 7977 de M8x100 o M10x120 o un tornillo DIN 912 8x150 de acero 9.12 de alta resistencia ya que proporciona más altura y mayor estabilidad. Finalmente, en fabricación, se creó una bisagra, cuyo pernio inferior encajaba en la base 1.3
- Se elimino una pieza para simplificar el producto, esta era una lámina que contenía los peones en el lomo del caballo, como solución se perforaría el caballo para alojar los peones dentro de él. Fusionando así el producto.
- Se elimino también el corte en el caballo para alojar el tablero, ya que se diseñó un compartimento específico para este. Se planteo dejar ambos, para colocarlo donde el usuario prefiera, pero finalmente me decanté por eliminarlo, ya que el caballo en fundición seria hueco y entonces habría que dejar maciza esa zona para poder hacer el corte y contrarrestar la gravedad por el peso del tablero, Esto provocaría el aumento del peso del producto.
- En cuanto a las piezas, finalmente fabricadas por fundación, tienen una pequeña merma, por contracción del metal, alrededor de un 2%
- Como idea principal, las piezas iban a ser fabricadas por centro de mecanizado en aluminio, al elevar el precio y tener poco peso se planteó un vaciado en la base, la cual sería plomada, para aumentar el peso y estabilidad de cara a la jugabilidad. Como solución a esto decidí fabricarlas por fundición en bronce, ya que su densidad es mayor.
- Continuado con las piezas más concretamente, en los peones, al ir en el lomo del caballo simulando la crin, siguen una curva, para impedir que los más bajos se desprendan del caballo ocasionando alguna caída, coloque un imán, para establecer un contacto fuerte, quedando oculto por el fieltro de protección implementado en todas las piezas, aunque también se barajó ajustar una tolerancia más estricta y que los peones entraran a ras.



- La idea del rodamiento, expuesta en el apartado 4.3 evaluación de las soluciones, tuvo varias evoluciones, simplificando la mencionada, se introduciría una arandela sobre el pasador 1.3, dándole mayor vuelo a la escultura y levantado de la peana.
- Escultóricamente, se modelaron varias versiones más dinámicas, que el caballo transmitiese más expresividad, sustrayendo material en la zona inferior del torso, beneficiándonos así de mayor ligereza en la escultura y aislábamos el problema de la posibilidad de rayar la base, como aspecto negativo perdíamos un poco de volumen para alojar las piezas dentro de él.
- El sello de ganadería originalmente iba a ser trabajado en fundición sobre el modelo, pero dio problemas, por tiempo no se pudo crear un molde de silicona y fundirlo en bronce por tanto ese elemento no se colocó.
- El tratamiento superficial del tablero solo tuvo un baño para evitar posibles filtraciones, ya que, algún pequeño error en el enmascarado provocaría filtraciones.
- Inicialmente se pensaba usar una tornillería unificada, pero el diseño de la tapa pedestal 3.2, tenía los agujeros muy cercanos al borde y al avellanar no quedaban totalmente a ras, como solución se cambió a una tornillería DIN 965 la cual tiene una cabeza más pequeña.
- La gomaespuma interna ideal, sería de polietileno de celda cerrada para su posterior fresado ( Hoffman Group), lo complejo en esta pieza es que al venir de fundición la cara interna del caballo no es igual al modelo 3D generado por el ordenador. Como posible solución a esto, se podría escanear la superficie interna del caballo y adaptarla para un fresado interno acorde con el escáner 3D, pero es algo complejo.

La gomaespuma se trabajó de forma manual, de polietileno estándar, 23Kg/m<sup>3</sup>.

- De forma alternativa a la gomaespuma, para un acabado más uniforme, se planteó una resina elastómera fotosensible, el inconveniente es su precio de 55€/L. Se necesitan en torno a 3-4L para el volumen interno del caballo.
- Para evitar contacto de metal con metal y rayar el tablero, se colocó un vinilo adhesivo sobre el pedestal y la tapa del pedestal.



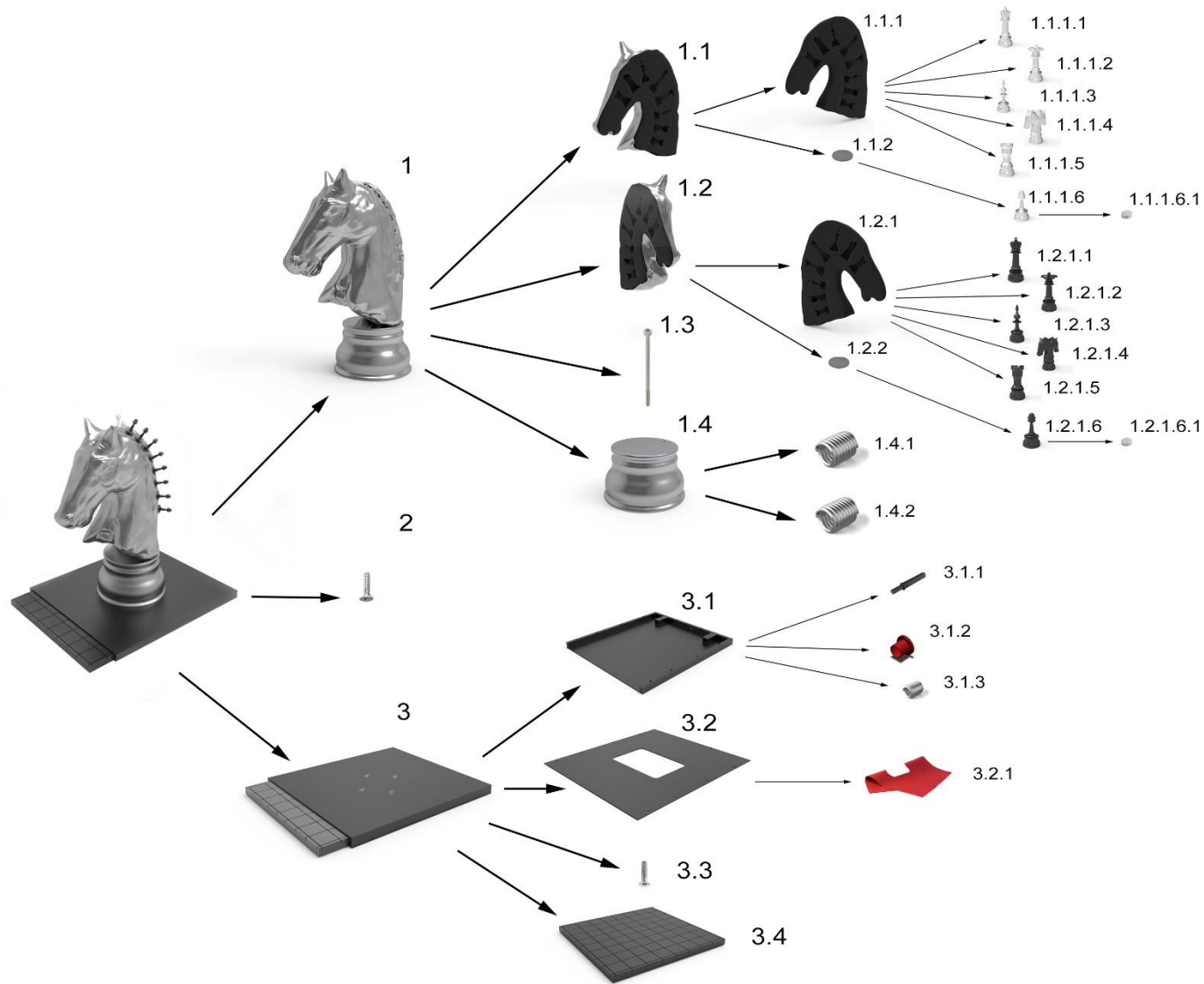
## 5.8 ESQUEMA DESMONTAJE DEL PRODUCTO

### ORDEN DE PRIORIDAD DE ELEMENTOS

Se tuvo en cuenta el elemento más relacionado, seguido de los elementos comerciales, se adjunta tabla:

MARCA	DENOMINACION	TIPO	CANTIDAD	N.º DE RELACIONES
1.4	Base	Fabricar	1	5
3.1	Pedestal	Fabricar	1	5
1.1	Caballo izquierdo	Fabricar	1	4
1.2	Caballo derecho	Fabricar	1	4
1.3	Perno/Eje	Comercial	1	4
3.4	Tablero	Fabricar	1	3
3.2	Tapa pedestal	Fabricar	1	3
1.1.1.6	Peón blanco	Fabricar	8	2
1.1.1	FOAM Caballo izq.	Fabricar	1	2
1.1.2	FOAM Caballo dcho.	Fabricar	1	2
1.1.1.6.1	Imán peón blanco	Comercial	8	2
1.2.1.6	Peón negro	Fabricar	8	2
1.2.1.6.1	Imán peón negro	Comercial	8	2
1.1.2	Imán 15x5 caballo izq.	Comercial	8	2
1.2.2	Imán 15x5 caballo dcho.	Comercial	8	2
3.3	Tornillos DIN 965 M5	Comercial	8	2
2	Tornillos DIN 7991 M5	Comercial	4	2
1.4.1	Helicoil M8	Comercial	1	1
1.4.2	Helicoil M5	Comercial	4	1
1.1.1.1	Rey blanco	Fabricar	1	1
1.1.1.2	Reina blanco	Fabricar	1	1
1.1.1.3	Alfil blanco	Fabricar	2	1
1.1.1.4	Caballo bicéfalo blanco	Fabricar	2	1
1.1.1.5	Torre blanca	Fabricar	2	1
1.2.1.1	Rey negro	Fabricar	1	1
1.2.1.2	Reina negra	Fabricar	1	1
1.2.1.3	Alfil negro	Fabricar	2	1
1.2.1.4	Caballo bicéfalo negro	Fabricar	2	1
1.2.1.5	Torre negra	Fabricar	2	1
3.1.1	Expulsores/Eyectores	Comercial	2	1
3.1.2	Embellecedores	Fabricar	2	1
3.1.3	Helicoil M5 Pedestal	Comercial	8	1

Tabla 7. Marcas y relación de los elementos.

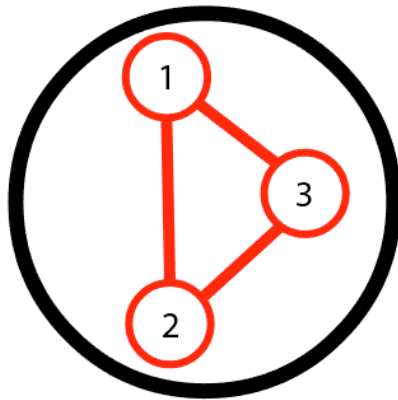




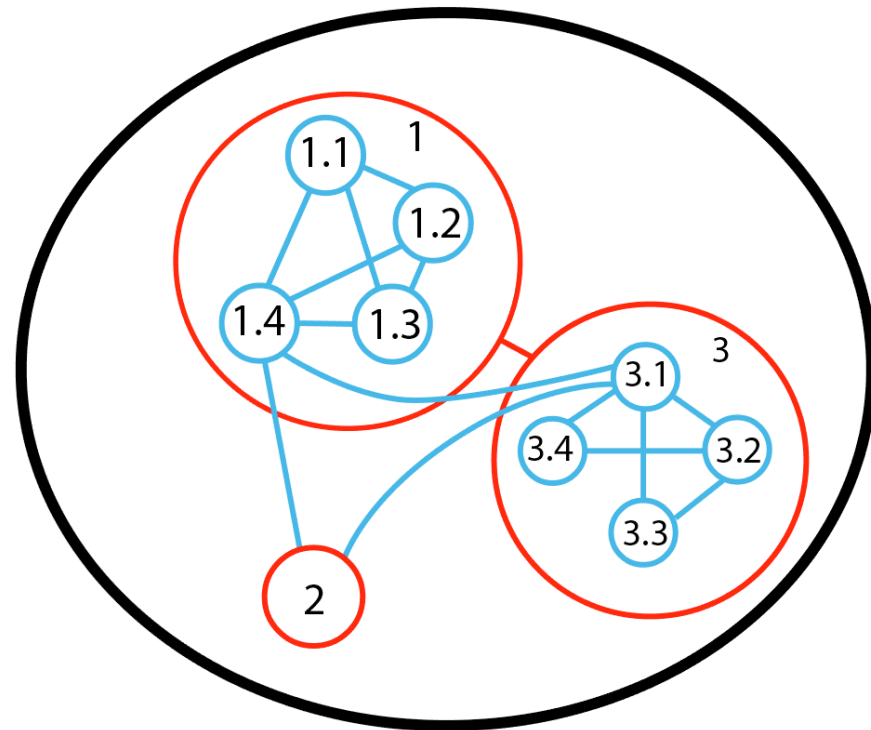


GRAFOSISTEMICO

SECUENCIA 1

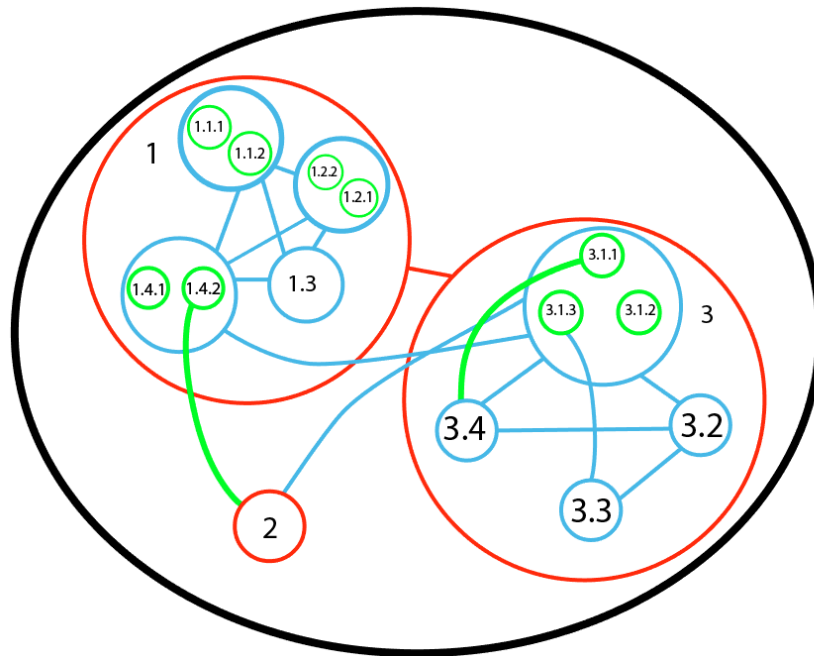


SECUENCIA 2

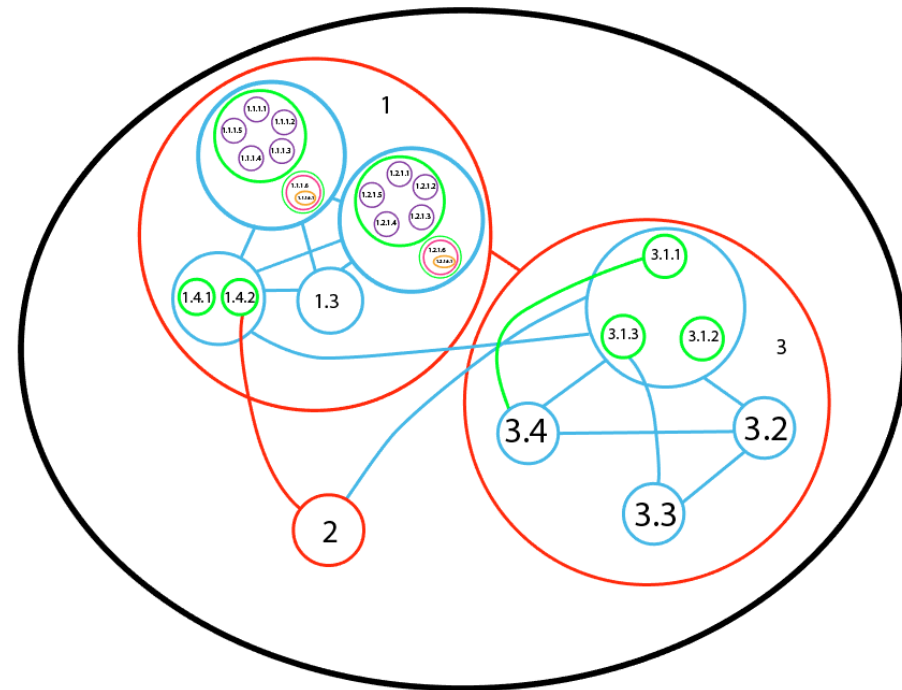




### SECUENCIA 4



### SECUENCIA 5





## 5.9 SUBCONJUNTOS

**Subconjunto 1:** Formado por 1.1 Cabeza izquierda, 1.2 Cabeza derecha (se subdividen), 1.3 Eje, 1.4 Base o peana.

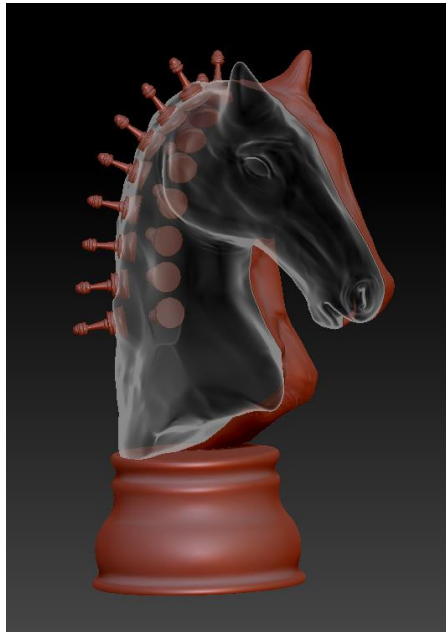


Fig 120. Subconjunto 1

**Subconjunto 3:** Formado por 3.1 Pedestal, 3.2 Tapa pedestal, 3.3 Tornillería M5 y 3.4 Tablero.

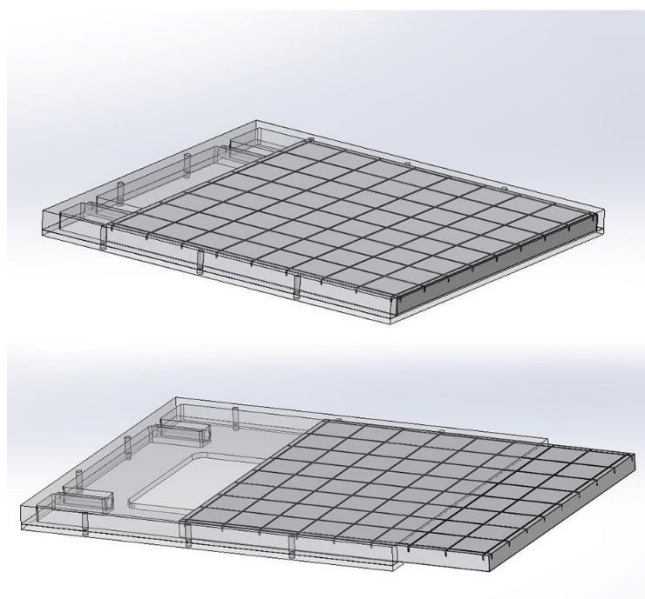


Fig 121. Subconjunto 2



## 5.10 ANALISIS ESTRUCTURAL

Todas las piezas han sido estudiadas al detalle y prototipadas, los centros de masas han sido calculados y examinados por software de diseño CAD.

Por ello aseguramos una correcta estabilidad de todos los componentes que forman el producto.

## 5.11 DIMENSIONES GENERALES

Dimensiones generales de sets de ajedrez de tamaño similar al planteado, Me he fijado en sets de 14' por las medidas que he colocado a mi tablero y escaque. Normalmente las piezas han de ocupar un 80% del escaque para que quede correctamente distribuido espacialmente.

Altura del rey	6.6	7.62	6.6
Altura base del rey	1.91	1.91	2.29
Altura del peón	3.56	3.3	3.3
Altura base del peón	1.52	.52	1.91

Piezas de 3' (76mm)

Modelo	Sovoreign	Oro y plata
Altura del rey	7.62	7.62
Altura base del rey	3.8	2..29
Altura del peón	4.45	4.06
Altura base del peón	2.54	2.29

Piezas de 2,5' (65mm)

Modelo	Sheesman Escaque 13-15'	Madrid Escaque 15-17'	Italfama Turín 2.8'	Italfama Verona 2.75'
Altura del rey	7.62	7.62	7.11	7.0
Altura base del rey	3.8	2..29	2.29	2.29
Altura del peón	4.45	4.06	3.56	3.18
Altura base del peón	2.54	2.29	2.03	2.03

Tabla 8,9,10. Medidas de ajedrez similares al diseñado.



## 5.12 PRESUPUESTO – COSTE DIRECTO

Operaciones	Marca	Descripción	Proceso	Cantidad	Coste/Euros	TOTAL-EUROS	Detalles
1	3.4	Tablero	Aluminio mecanizado y tratado	1		140	
1.1			Aluminio Mecanizado	1	120		
1.2			Tratamiento Anodizado negro Mate	15´	5		15´= 1/4 h (1 h = 20 Euros)
1.3			Chorro de Arena	15´	5		15´= 1/4 h (1 h = 20 Euros)
1.4			Grabado Laser	30´	10		30´= 1/2 h (1 h = 20 Euros)
2	3.1	Pedestal	Conjunto Caja	1		130,5	
2.1			Caja Aluminio Tratado	1	122		
2.2			Tratamiento Anodizado negro Mate	15´	5		15´= 1/4 h (1 h = 20 Euros)
2.3		Expulsores	Longitud = 20 ; Fuerza = 5N	2	3		Comercial
2.4		Vinilo protector interior	350mm x 350mm	1	0,5		Comercial
3	3.2	Tapa pedestal	Conjunto Tapa base	1		6,93	
3.1			Tapa aluminio corte laser	1	1,2		
3.2			Tratamiento Anodizado negro Mate	15´	5		15´= 1/4 h (1 h = 20 Euros)
3.3		Filtro protector	350mm x 350 mm	1	0,5		Comercial
3.4		Patas antideslizantes	Autoadhesivas	4	0,03		Comercial
3.5		Silicona	250 ml	0,1	0,2		Comercial
4	1.1.1.X 1.2.1.X	Piezas de Bronce	Fundición piezas	32		308,5	





TFG: Diseño de una escultura funcional. Jaque mate.

4.1			Moldes de silicona +Piezas de Cera + fundición	32	256		
4.2			Desvastado / Rebarbado	32	16		
4.3			Patinado	32	16		
4.4		Imanes	Diametro 10 mm	32	7,5		Comercial
4.5		Soldadura Fria	Patex refe: NURAL 21	1	9,8		Comercial
4.6		Fieltro protector piezas	Protección base piezas	32	3,2		10 unid= 1 Euro
5	1.1 /1.2	Prótomo de BABIECA	Fundición Aluminio	1		136,3	
5.1		Prótomo de BABIECA derech.	Molde de Arena + Fundición Aluminio	1	40		
5.2		Prótomo de BABIECA Izq.	Molde de Arena + Fundición Aluminio	1	40		
5.3		Bisagra	Bisagra unión partes derc-Izqu.	1	11,5		Comercial Fundición
5.4		Operación	Soldadura Bisagra + Desvastado	30´	10		30´= 1/2 h (1 h = 20 Euros)
5.5		Imanes	Diamtro 15 mm ; XX Kg	20	5		Comercial Fundición
5.7		Soldadura Fria	PATEX ref: NURAL 21	1	9,8		Comercial
5.8		Operación	Taladro imanes + Adhesión	60´	20		60´= 1 h (1 h = 20 Euros)
6	1.4	Base Babioca				65	
6.1		Base babioca pieza	Molde de Arena + Función Aluminio	1	60		
6.2		Operación	Taladrado y rocado fijación base	15´	5		15´= 1/4 h (1 h = 20 Euros)
7	/	Montaje final				12,48	
7.1		Foam para piezas	Espuma Alta densidad	2	5		Comercial
7.2		Operación	Corte siluetas piezas en Foam - Laser	6´	2		6´= 1/10 h (1 h = 20 Euros)



TFG: Diseño de una escultura funcional. Jaque mate.

7.3		Silicona	250 ml	0,1	0,2		Comercial
7.5		Tornillos base	Fijación Base a Caja	4	0,08		1 Unidad = 0,02 Euros
7.6		Tornillos Tapa Caja	Fijación Tapa inferior a Caja	10	0,2		1 Unidad = 0,02 Euros
7.4		Operación	Pegado y montaje Final	15´	5		15´= 1/4 h (1 h = 20 Euros)
8	/	Etiqueta BABIECA				11	
8.1		Aluminio 60mm x 28mm		1	1		
8.2		Operación	Grabado Laser	30´	10		30´= 1/2 h (1 h = 20 Euros)
9	/	Montaje Final	Montaje			5,1	
9.1		Silicona	250 ml	0,05	0,1		Comercial
9.2		Operación	Pegado y montaje Final + inspección	15´	5		15´= 1/4 h (1 h = 20 Euros)
			<b>TOTAL: BABIECA CHESS</b>			<b>815,81</b>	

Coste de desarrollo.

Como ingeniero diseñador he invertido 500h en este proyecto, a 30€/h: 15.000€

Si se planea fabricar una tirada de 50 unidades, 15.000/50: 300€ se le debe aplicar de gasto de diseño a cada unidad.

Un 25% de beneficio.

PVP: Coste directo (815,81) + gestión de diseño (300) + 25% de beneficio. (278,95). **TOTAL, PVP: 1.394,76€**



### 5.13 FOTOS DE PRODUCTO











TFG: Diseño de una escultura funcional. Jaque mate.

---













































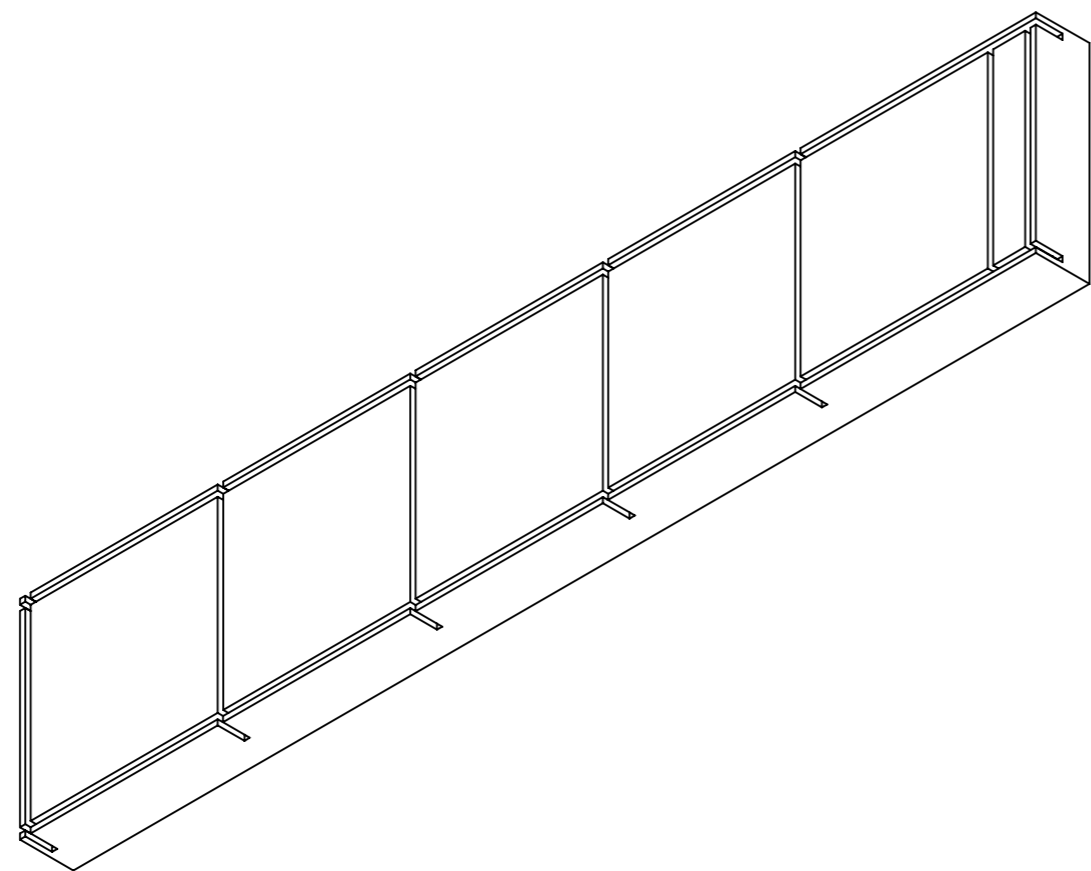
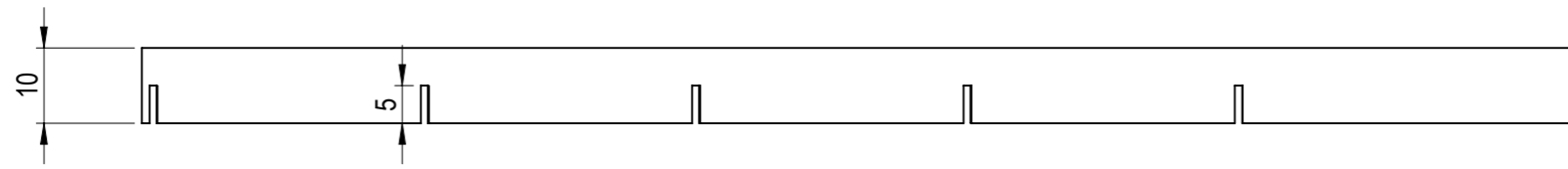
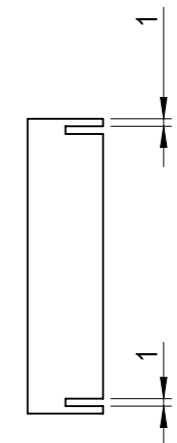
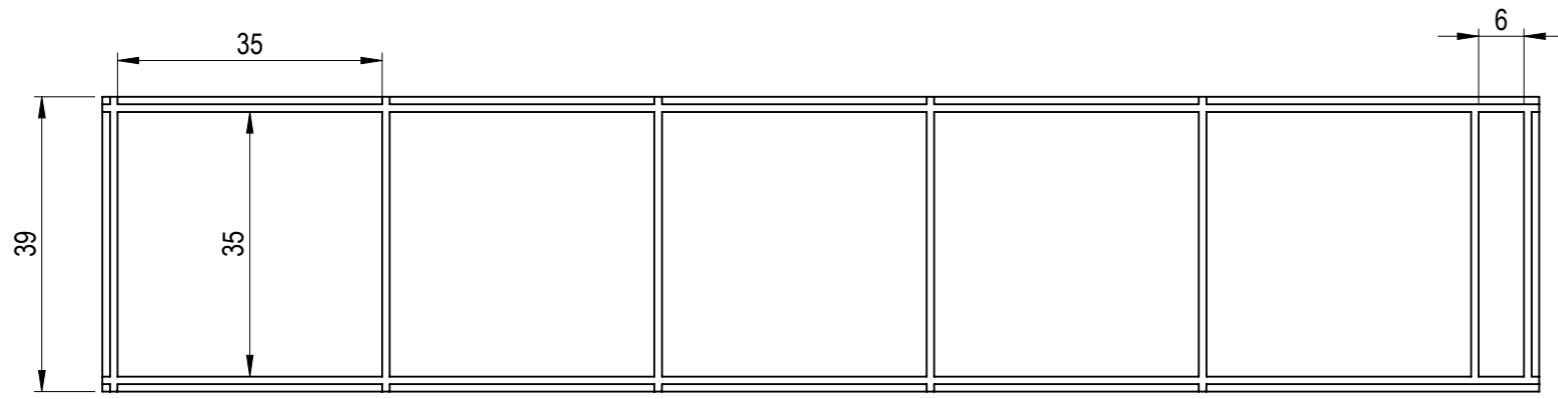


**VIDEO**





## 6 PLANOS



Matar aristas vivas ISO 13715  $-0.3$   $+0.3$   
 Break sharp edges Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: Al6082

Acabado:  
 Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
 Dimensions and tolerances are in mm.  
 Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
 General tolerance: EN ISO 1101:2017

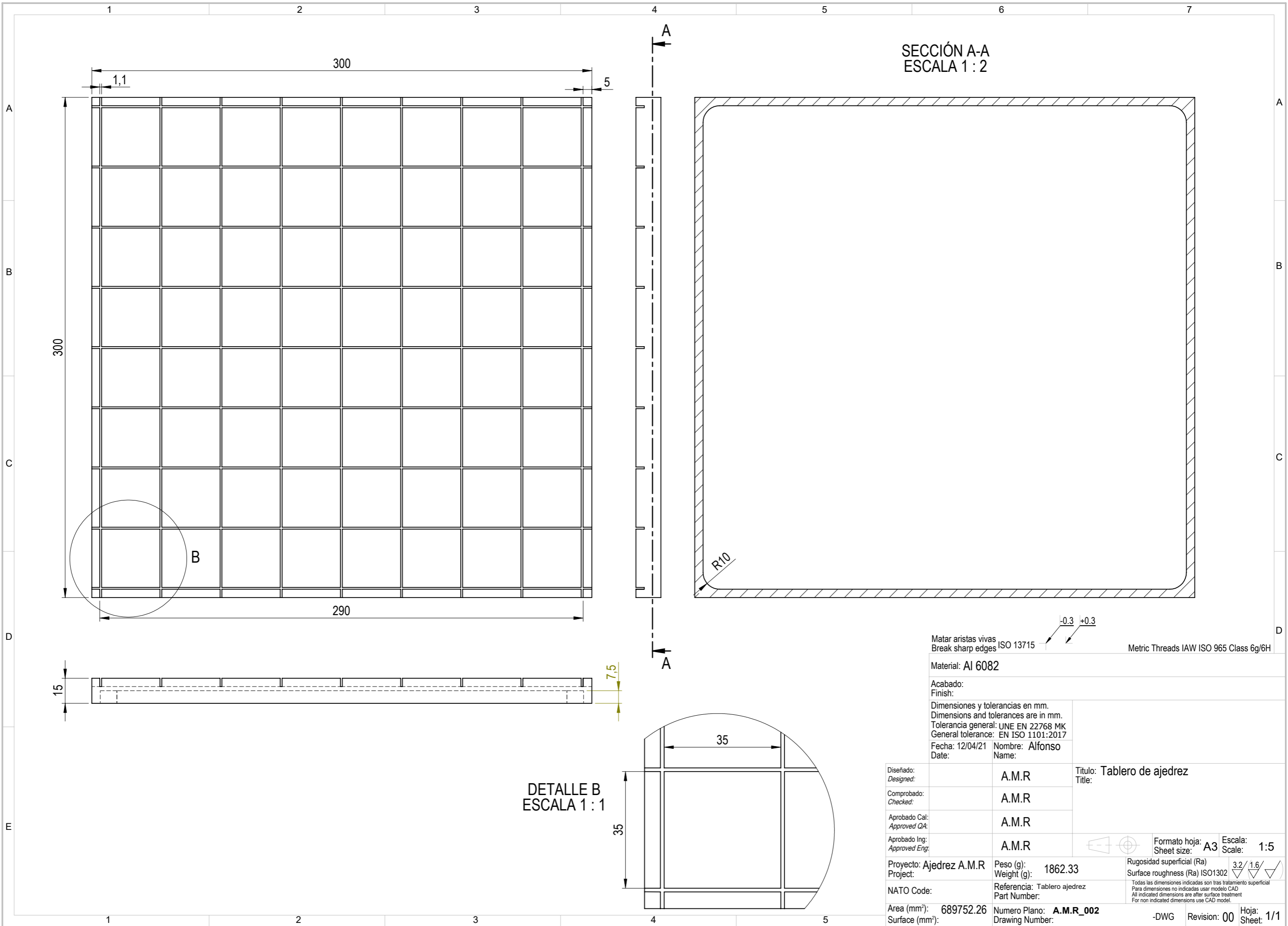
Fecha: 12/04/21 Nombre: Alfonso  
 Date: Name:

Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Muestrario tablero Title:
Comprobado: Checked:	A.M.R	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	Formato hoja: Sheet size: A3 Escala: Scale: 1:1

Proyecto: Ajedrez A.M.R Weight (g): 191,43  
 Project: Surface roughness (Ra) ISO1302  $3.2/1.6$

NATO Code: Referencia: Tratamiento superficial  
 Part Number:

Area (mm<sup>2</sup>): 25558,86 Numero Plano: A.M.R\_001  
 Surface (mm<sup>2</sup>): Drawing Number: -DWG Revision: 00 Hoja: 1/1  
 Sheet:



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

DETALLE B  
ESCALA 1 : 1

Matar aristas vivas ISO 13715 Break sharp edges  
Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: Al 6082

Acabado: Finish:

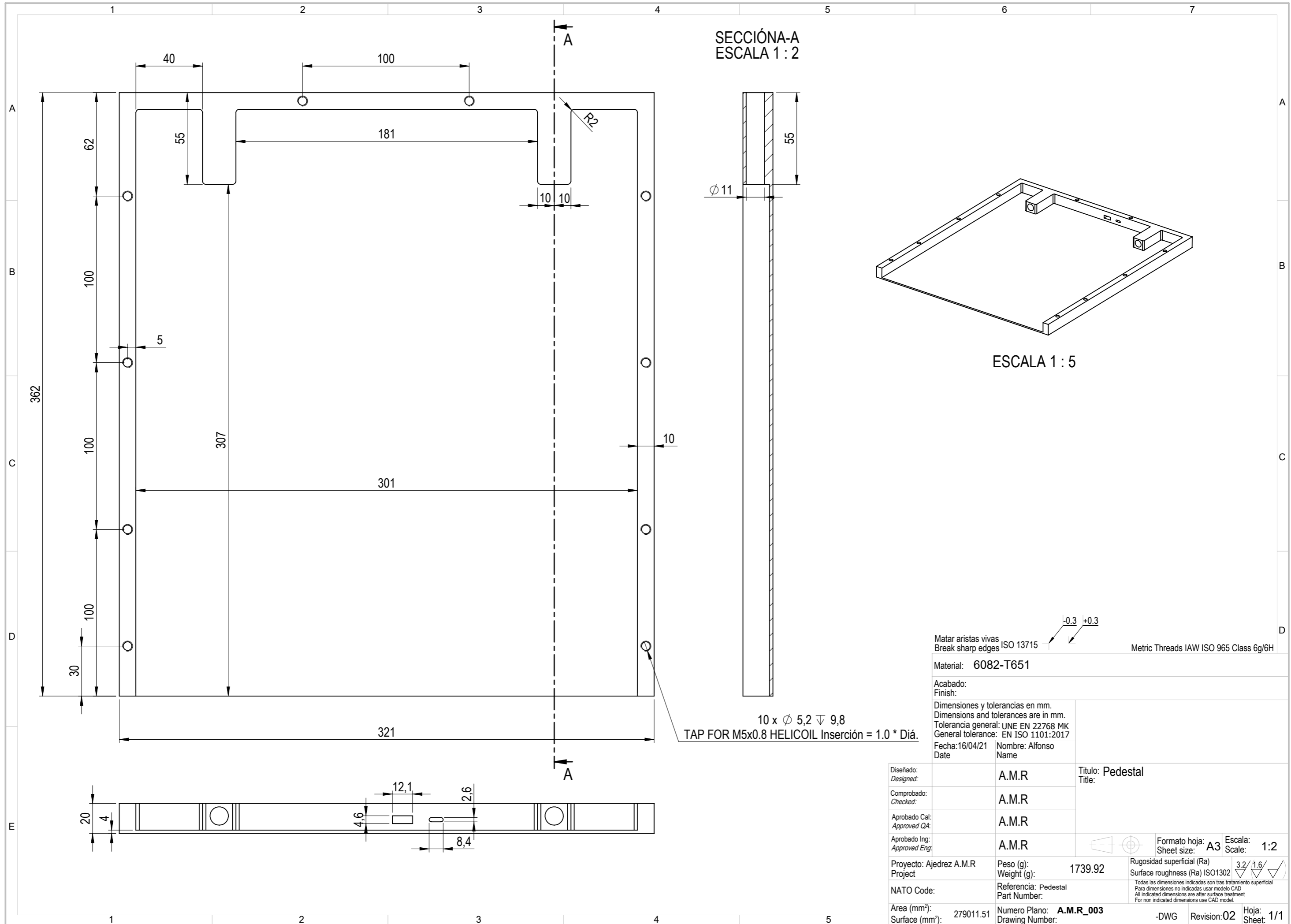
Dimensiones y tolerancias en mm. Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha: 12/04/21 Date: Nombre: Alfonso Name:

Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Tablero de ajedrez Title:
Comprobado: Checked:	A.M.R	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	

Proyecto: Ajedrez A.M.R Project:	Peso (g): 1862.33 Weight (g):	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302	Formato hoja: A3 Sheet size:	Escala: 1:5 Scale:
NATO Code:	Referencia: Tablero ajedrez Part Number:	Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.		
Area (mm <sup>2</sup> ): 689752.26 Surface (mm <sup>2</sup> ):	Numero Plano: A.M.R_002 Drawing Number:	-DWG Revision: 00 Hoja: 1/1 Sheet:		





SECCIÓN-A  
ESCALA 1 : 2

ESCALA 1 : 5

10 x  $\phi$  5,2  $\nabla$  9,8  
TAP FOR M5x0.8 HELICOIL Inserción = 1.0 \* Diá.

Matar aristas vivas  
Break sharp edges ISO 13715  $\begin{matrix} -0.3 \\ +0.3 \end{matrix}$  Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: 6082-T651

Acabado:  
Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha:16/04/21  
Date

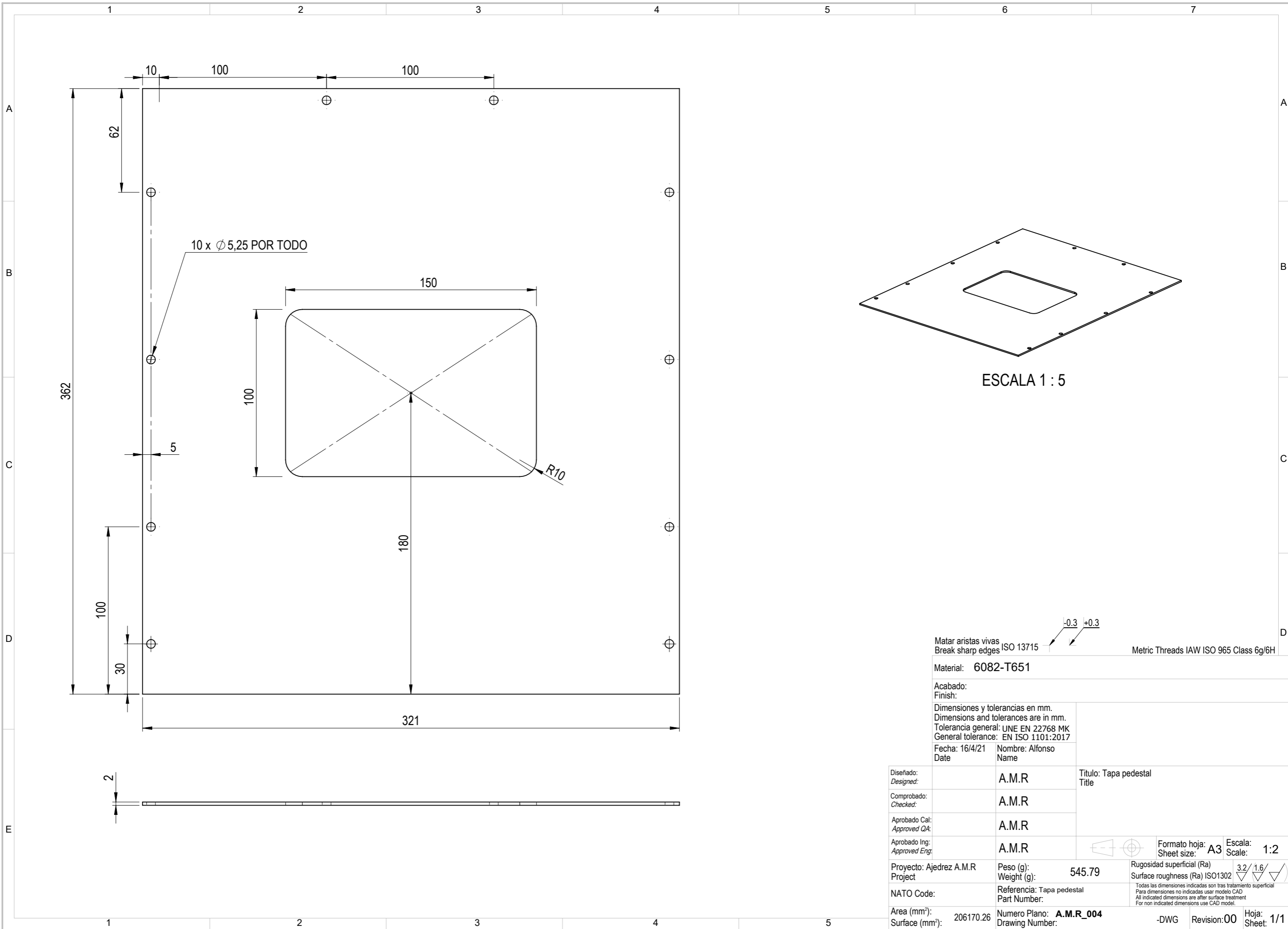
Nombre: Alfonso  
Name

Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Pedestal Title:	
Comprobado: Checked:	A.M.R		
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R		
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R		
Proyecto: Ajedrez A.M.R Project	Peso (g): Weight (g):	1739.92	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302 $\begin{matrix} 3.2/1.6 \\ \nabla \end{matrix}$
NATO Code:	Referencia: Pedestal Part Number:	Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.	
Area (mm <sup>2</sup> ): Surface (mm <sup>2</sup> ):	Numero Plano: Drawing Number:	A.M.R_003	Hoja: 1/1 Sheet:

Formato hoja: A3  
Sheet size:

Escala: 1:2  
Scale:

-DWG Revision: 02



ESCALA 1 : 5

Matar aristas vivas  
Break sharp edges ISO 13715

Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: 6082-T651

Acabado:  
Finish:

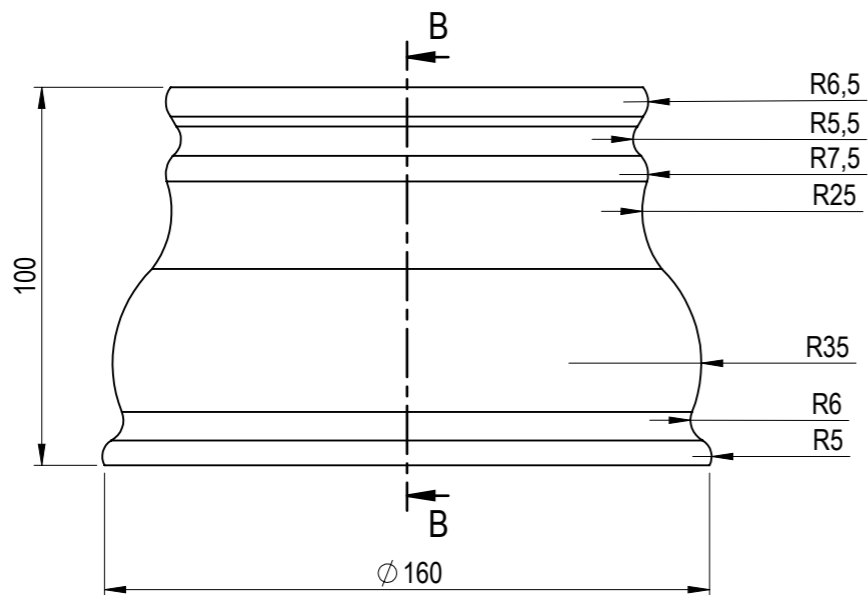
Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha: 16/4/21  
Date

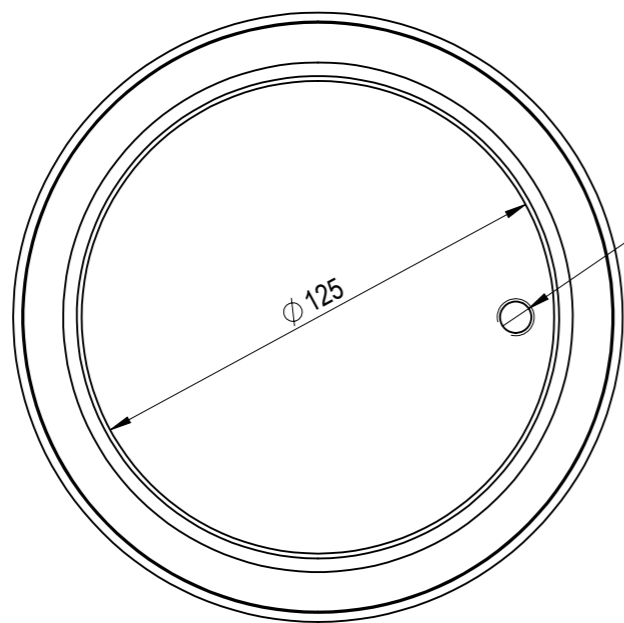
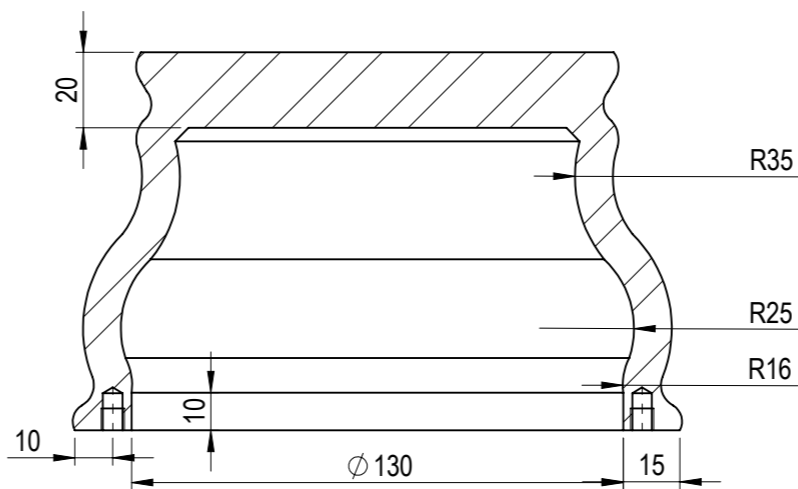
Nombre: Alfonso  
Name

Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Tapa pedestal Title
Comprobado: Checked:	A.M.R	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	

Proyecto: Ajedrez A.M.R Project	Peso (g): Weight (g): 545.79	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302	Formato hoja: Sheet size: A3	Escala: Scale: 1:2
NATO Code:	Referencia: Tapa pedestal Part Number:	3.2/1.6	Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.	
Area (mm²): Surface (mm²): 206170.26	Numero Plano: Drawing Number: A.M.R_004	-DWG Revision: 00 Hoja: 1/1 Sheet:		

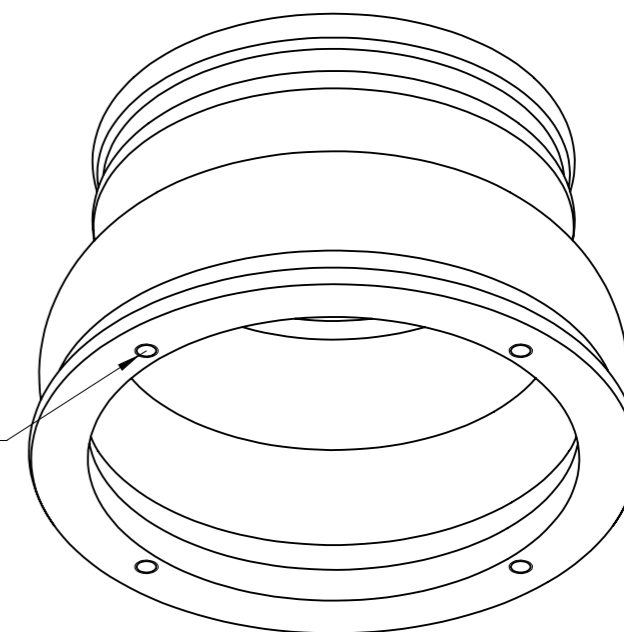


SECCIÓN B-B



$\phi 8,3 \nabla 15,5$   
TAP FOR M8x1.25 HELICOIL Inserción = 1.0 \* Diá.

4 x  $\phi 5,2 \nabla 9,8$   
TAP FOR M5x0.8 HELICOIL Inserción = 1.0 \* Diá.



Matar aristas vivas ISO 13715 Break sharp edges  
Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: 6082-T651

Acabado: Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm. Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha: 19/4/21 Date  
Nombre: Alfonso Name:

Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Base Title:
Comprobado: Checked:	A.M.R	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	
Proyecto: Ajedrez A.M.R Project	Peso (g): Weight (g): 1646.66	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302 $\nabla 3,2 / 1,6$
NATO Code:	Referencia: Base Part Number:	Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.
Area (mm <sup>2</sup> ): Surface (mm <sup>2</sup> ): 108375.84	Numero Plano: A.M.R_005 Drawing Number:	-DWG Revision: 01 Hoja: 1/1 Sheet:



70



250



300

### VACIADO INTERNO



Matar aristas vivas  
Break sharp edges ISO 13715  $\pm 0.3$   $+0.3$   
Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material:

Acabado:  
Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2013

Fecha: 22/6/21  
Date: Nombre: Alfonso  
Name:

Diseñado:  
Designed: A.M.R. Título: Caballo izquierdo  
Title:

Comprobado:  
Checked: A.M.R.

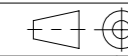
Aprobado Cal:  
Approved QA: A.M.R.

Aprobado Ing:  
Approved Eng: A.M.R.

Proyecto: Ajedrez A.M.R.  
Project: Peso (g):  
Weight (g): Rugosidad superficial (Ra)  
Surface roughness (Ra) ISO1302  $3.2/1.6$

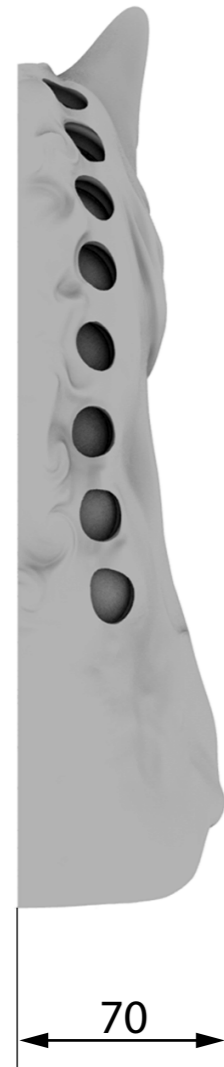
NATO Code: Referencia:  
Part Number: Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial  
Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD  
All indicated dimensions are after surface treatment  
For non indicated dimensions use CAD model.

Area (mm<sup>2</sup>):  
Surface (mm<sup>2</sup>): Numero Plano: A.M.R\_006  
Drawing Number: -DWG Revision: 00 Hoja: 1/1  
Sheet:

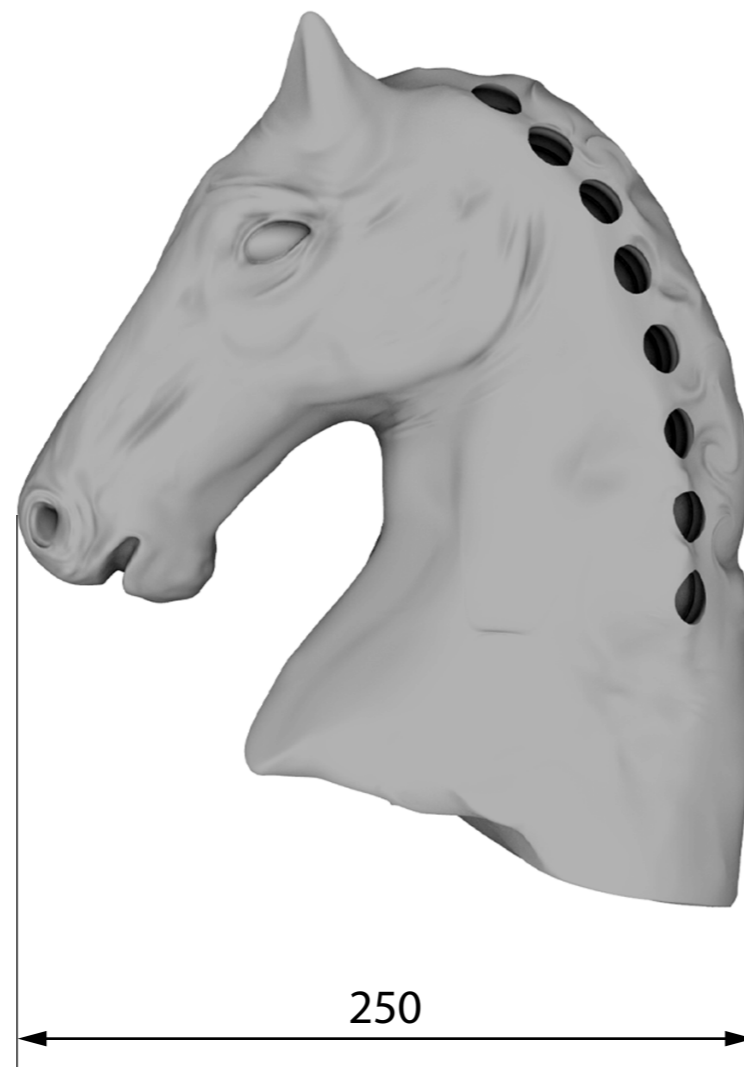


Formato hoja: A3  
Sheet size: Escala: 2:1  
Scale:

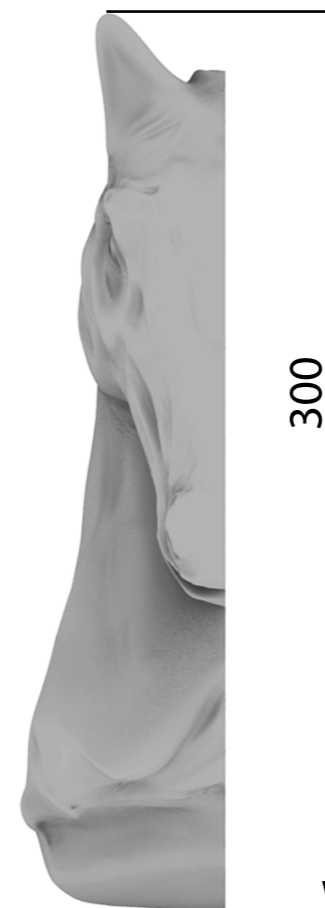




70



250



300

VACIADO INTERNO



Matar aristas vivas Break sharp edges ISO 13715  $-0.3$   $+0.3$  Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material:

Acabado: Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm. Dimensions and tolerances are in mm. Tolerancia general: UNE EN 22768 MK General tolerance: EN ISO 1101:2013

Fecha: 22/6/21 Date: Nombre: Alfonso Name:

Diseñado: A.M.R. Title: Caballo derecho  
Comprobado: A.M.R. Title:

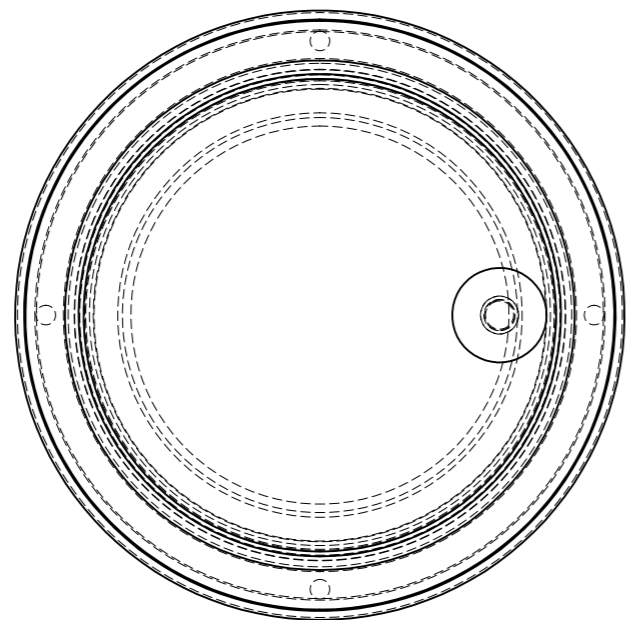
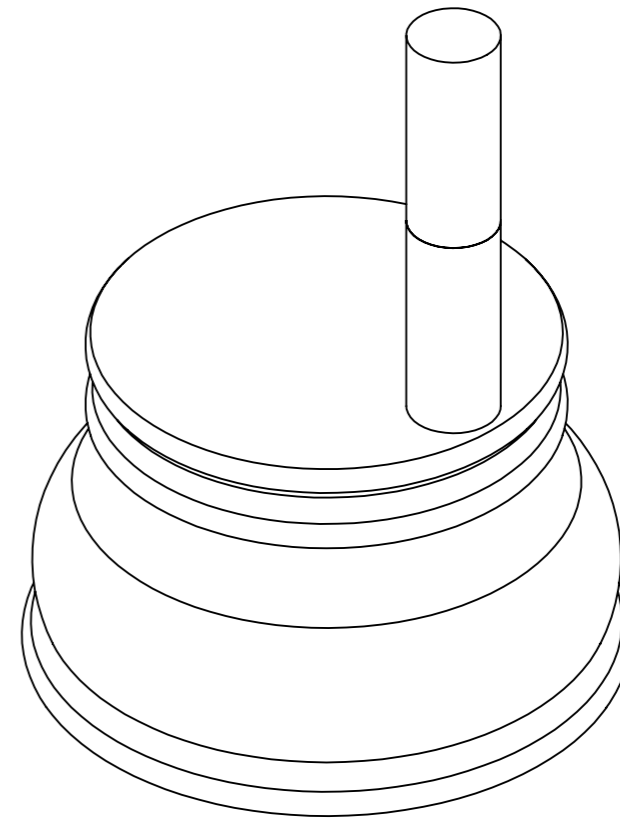
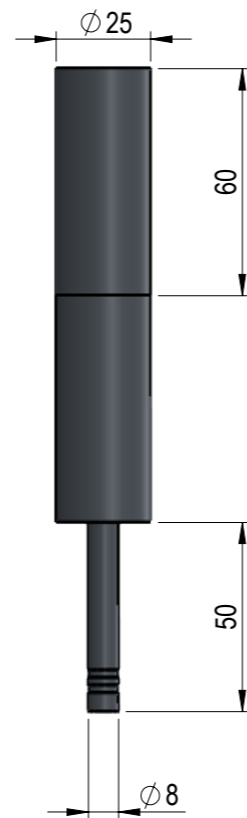
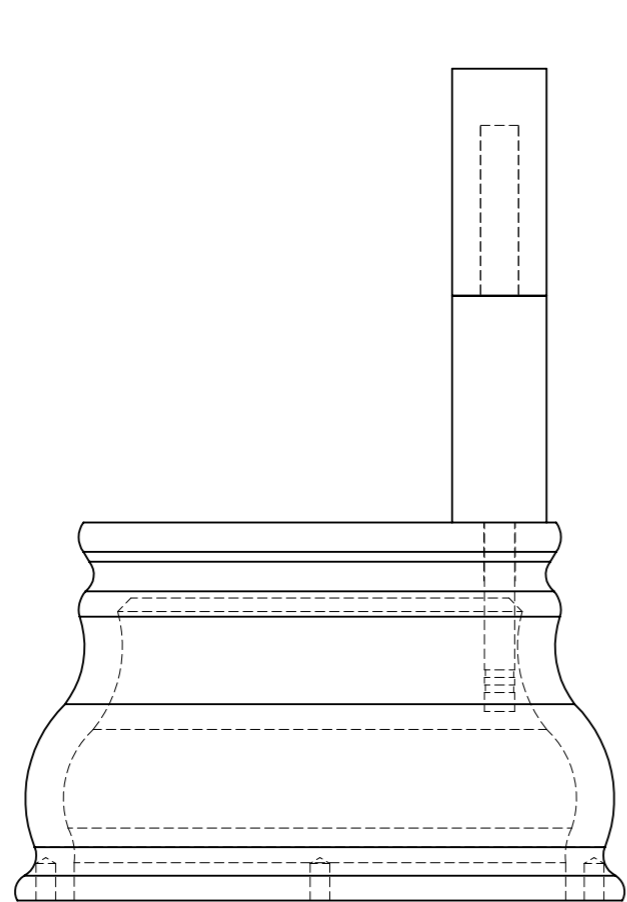
Aprobado Cal: A.M.R.  
Aprobado Ing: A.M.R.

Formato hoja: A3 Escala: 2:1  
Sheet size: Scale:

Proyecto: Ajedrez A.M.R. Weight (g): Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302  $3.2/1.6$

NATO Code: Referencia: Part Number: Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.

Area (mm<sup>2</sup>): Surface (mm<sup>2</sup>): Numero Plano: A.M.R\_007 Drawing Number: -DWG Revision: 00 Hoja: 1/1 Sheet:



Matar aristas vivas ISO 13715  $\begin{matrix} -0.3 \\ +0.3 \end{matrix}$   
 Break sharp edges Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material:

Acabado: -  
 Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
 Dimensions and tolerances are in mm.  
 Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
 General tolerance: EN ISO 1101:2013

Fecha: 25/6/21 Nombre: Alfonso  
 Date: Name:

Diseñado: A.M.R. Título: Ensamblaje Bisagra  
 Designed: Title:

Comprobado: A.M.R.  
 Checked:

Aprobado Cal: A.M.R.  
 Approved QA:

Aprobado Ing: A.M.R. Formato hoja: A3 Escala: 1:2  
 Approved Eng: Sheet size: Scale:

Proyecto: Ajedrez A.M.R. Peso (g): Rugosidad superficial (Ra) 3.2/1.6  
 Project: Weight (g): Surface roughness (Ra) ISO1302

NATO Code: Referencia: Bisagra y peana  
 Part Number:

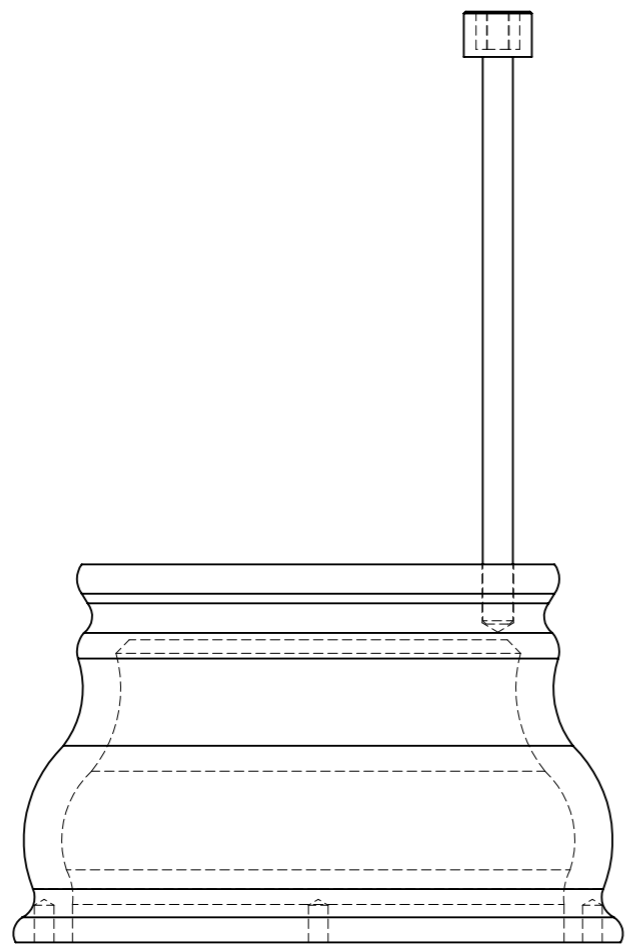
Area (mm²): Numero Plano: A.M.R\_008 Hoja: 1/1  
 Surface (mm²): Drawing Number: -DWG Revision: 00 Sheet:

Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial  
 Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD  
 All indicated dimensions are after surface treatment  
 For non indicated dimensions use CAD model.

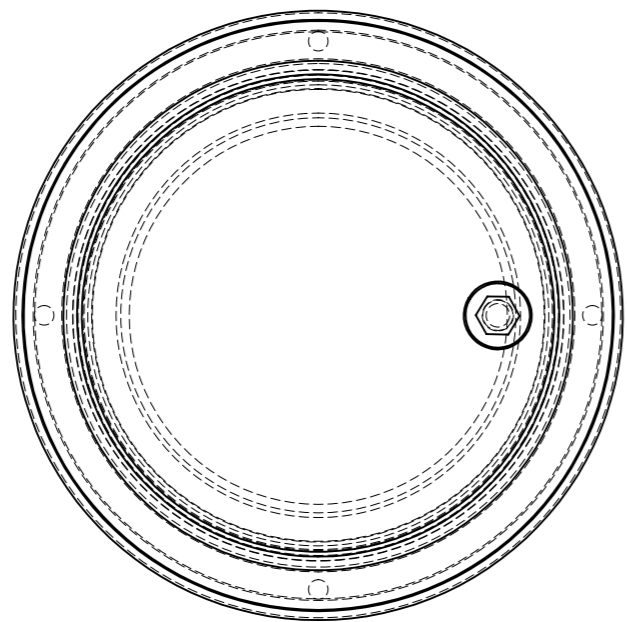
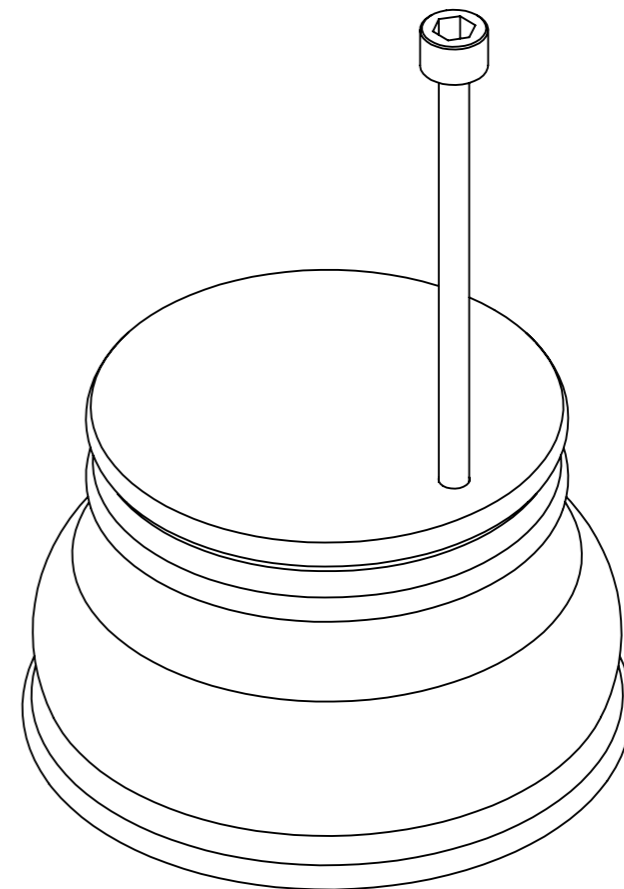
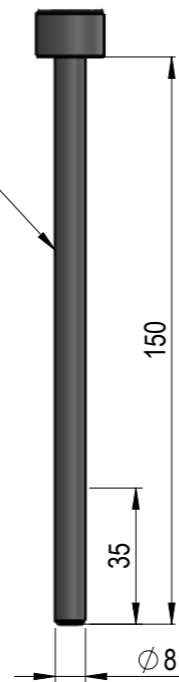
1 2 3 4 5 6 7

A  
B  
C  
D

A  
B  
C  
D



Tornillo DIN 912 12.9



Matar aristas vivas ISO 13715 Break sharp edges  $-0.3$   $+0.3$  Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material:

Acabado: \_  
Finish:

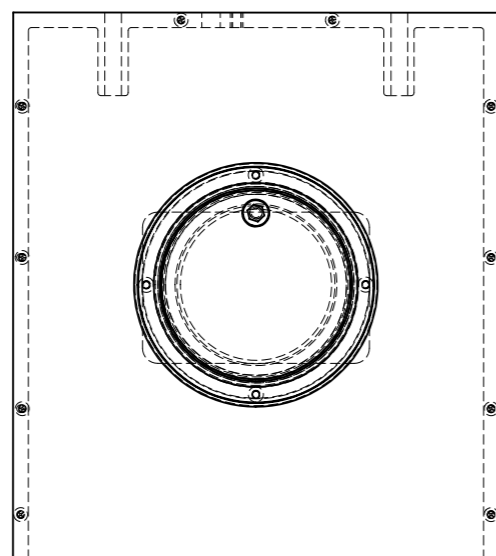
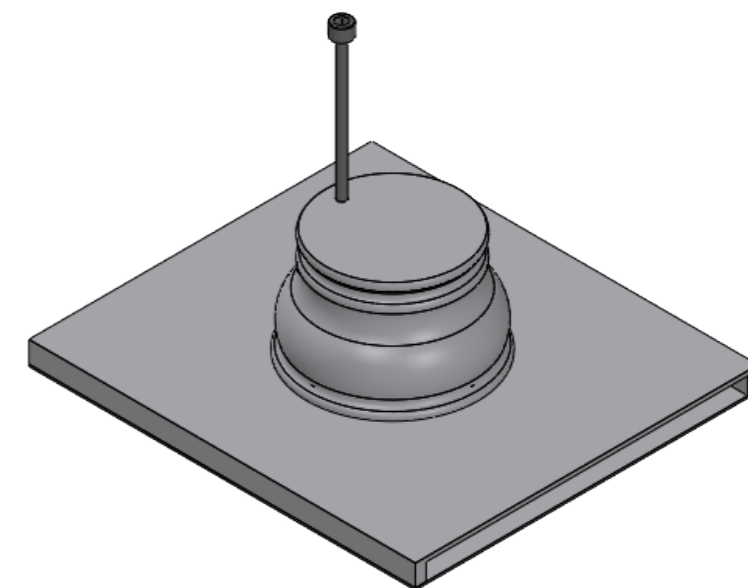
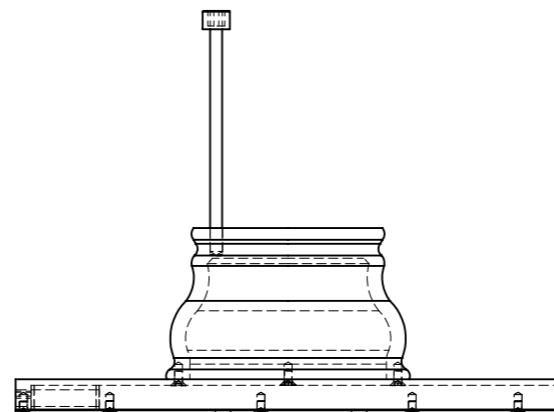
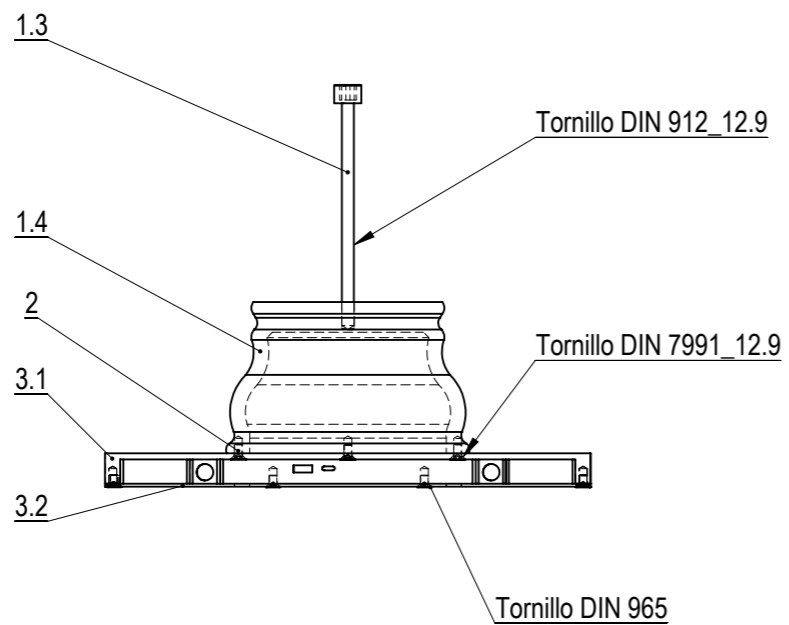
Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2013

Fecha: 25/6/21 Date: Nombre: Alfonso Name:

Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Ensamblaje Bisagra Title:
Comprobado: Checked:	A.M.R	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	Formato hoja: Sheet size: A3 Escala: Scale: 1:2

Proyecto: Ajedrez A.M.R Project:	Peso (g): Weight (g):	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302 $3.2/1.6$
NATO Code:	Referencia: Bisagra y peana Part Number:	Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.
Area (mm <sup>2</sup> ): Surface (mm <sup>2</sup> ):	Numero Plano: <b>A.M.R_008.1</b> Drawing Number:	-DWG Revision: 00 Hoja: 1/1 Sheet:

1 2 3 4 5




Matar aristas vivas ISO 13715  $\begin{matrix} -0.3 \\ +0.3 \end{matrix}$   
 Break sharp edges Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material:

Acabado: \_  
 Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
 Dimensions and tolerances are in mm.  
 Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
 General tolerance: EN ISO 1101:2013

Fecha: 25/06/21 Nombre: Alfonso  
 Date: Name:

Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Montaje Title:
Comprobado: Checked:	A.M.R	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	 Formato hoja: A3 Escala: 1:5 Sheet size: Scale:

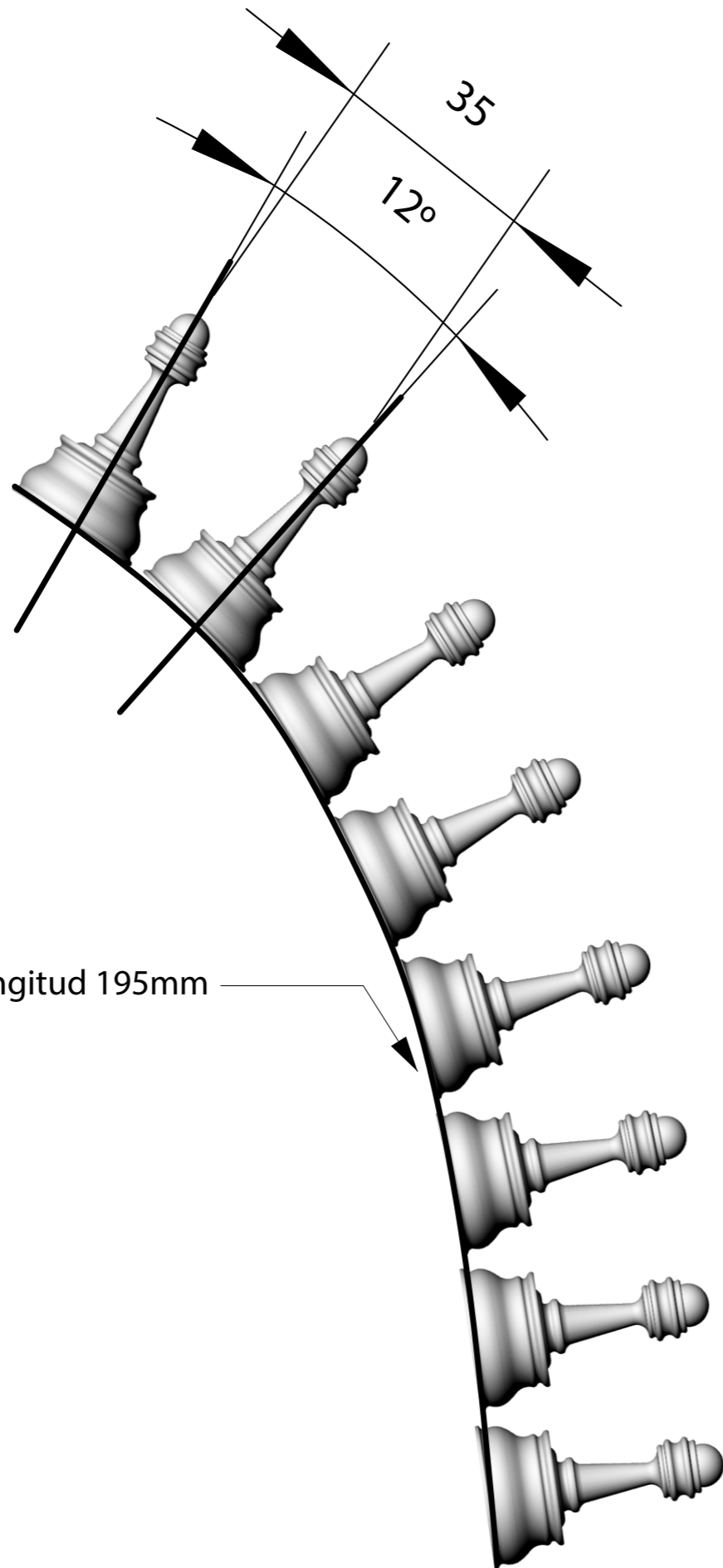
Proyecto: Peso (g): Rugosidad superficial (Ra) 3.2/1.6  
 Project: Weight (g): Surface roughness (Ra) ISO1302

NATO Code: Referencia: Part Number:  
 Reference: Part Number:

Area (mm²): Numero Plano: A.M.R\_08.3 Hoja: 1/1  
 Surface (mm²): Drawing Number: -DWG Revision: 00 Sheet:

Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial  
 Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD  
 All indicated dimensions are after surface treatment  
 For non indicated dimensions use CAD model.





Matar aristas vivas  
Break sharp edges ISO 13715  $\sqrt{0.3}$   $\sqrt{+0.3}$  Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material:

Acabado:  
Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2013

Fecha: 22/6/21  
Date: Nombre: Alfonso  
Name:

señado:  
signed: A.M.R. Título: Curva de peones  
Title:

comprobado:  
checked: A.M.R.

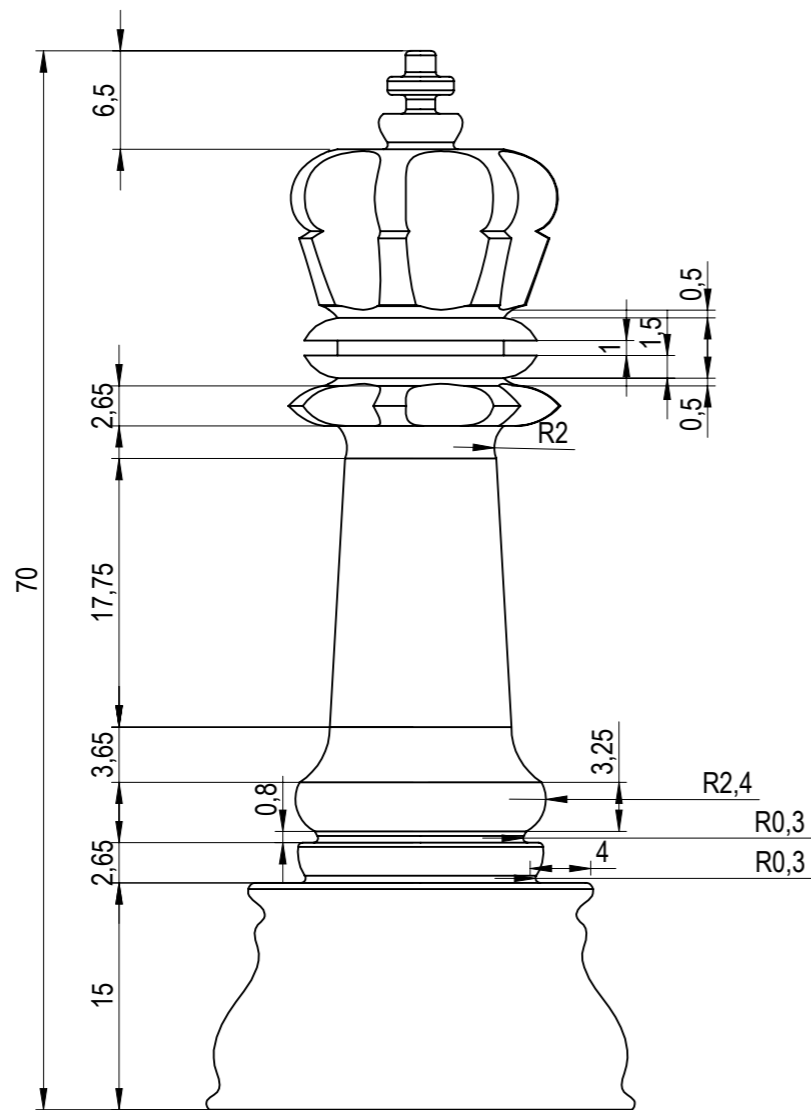
probado Cal:  
approved QA: A.M.R.

probado Ing:  
approved Eng: A.M.R.

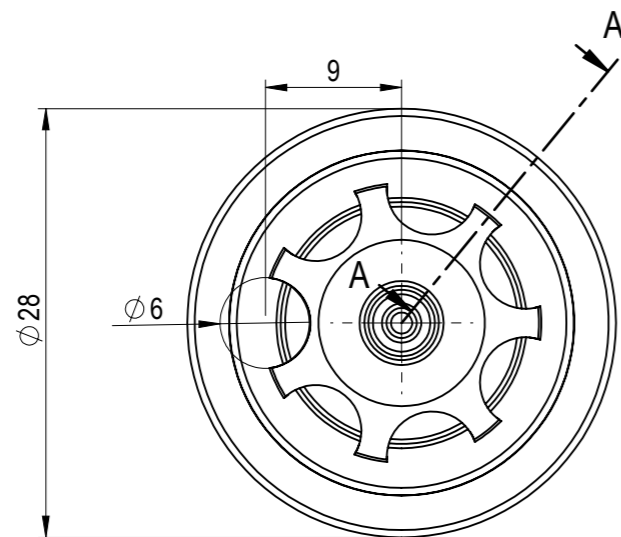
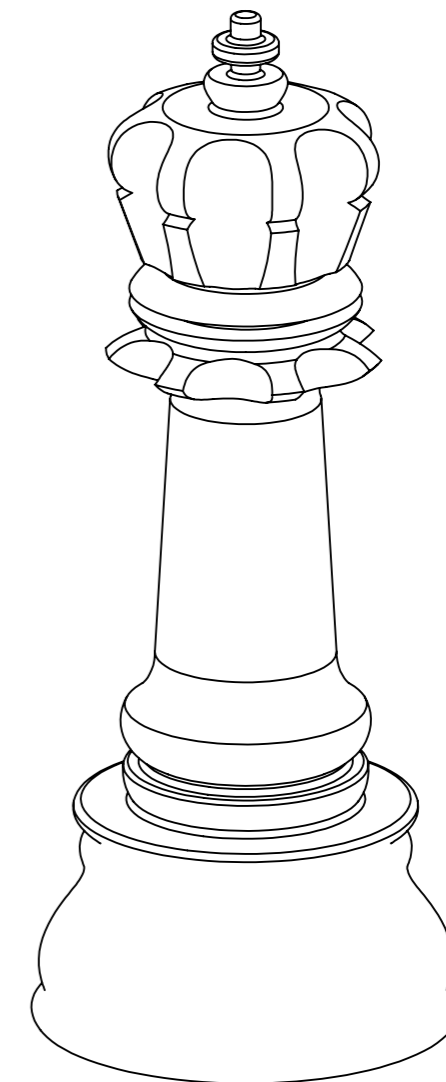
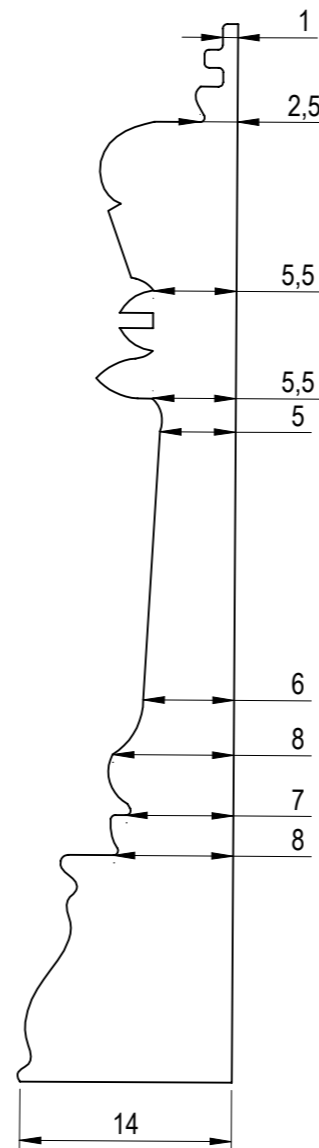
proyecto: Ajedrez A.M.R.  
project: Peso (g):  
Weight (g): Rugosidad superficial (Ra)  
Surface roughness (Ra) ISO1302  $\sqrt{3.2}$   $\sqrt{1.6}$   $\sqrt{0.8}$

NATO Code: Referencia:  
Part Number: Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial  
Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD  
All indicated dimensions are after surface treatment  
For non indicated dimensions use CAD model.

Area (mm<sup>2</sup>):  
Surface (mm<sup>2</sup>): Numero Plano: A.M.R\_009  
Drawing Number: -DWG Revision: Hoja: 1/1  
Sheet:



SECCIÓN A-A  
ESCALA 2 : 1



Matar aristas vivas ISO 13715 Break sharp edges Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

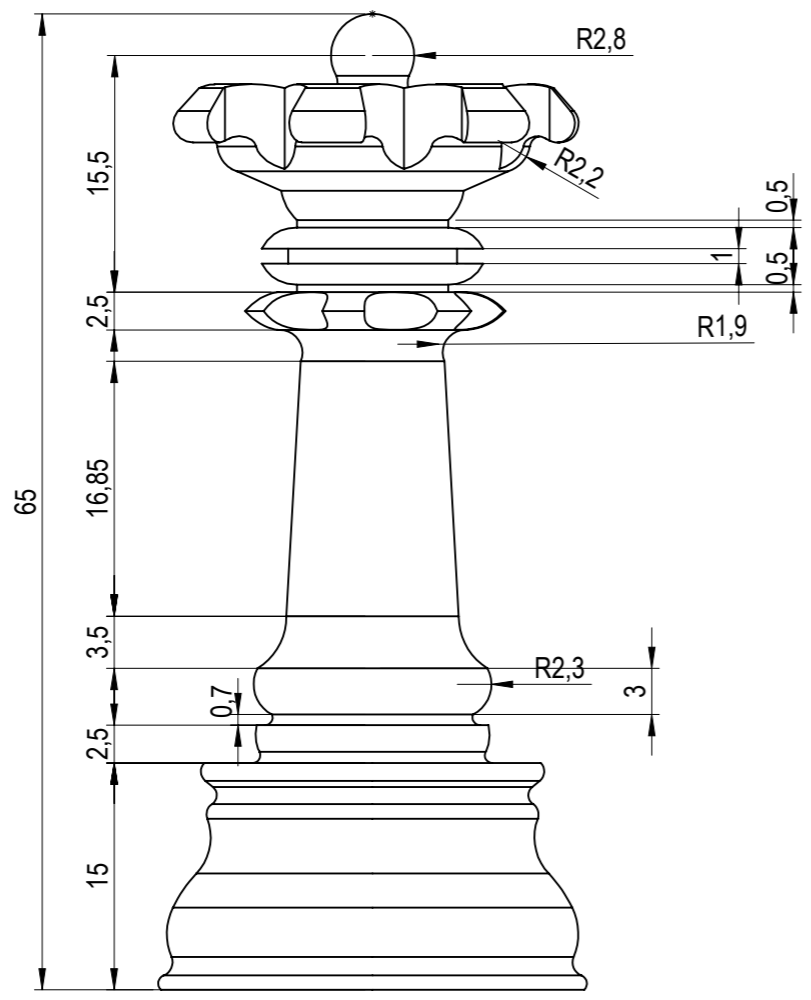
Material: **Bronce**

Acabado: **Patina**  
Finish:

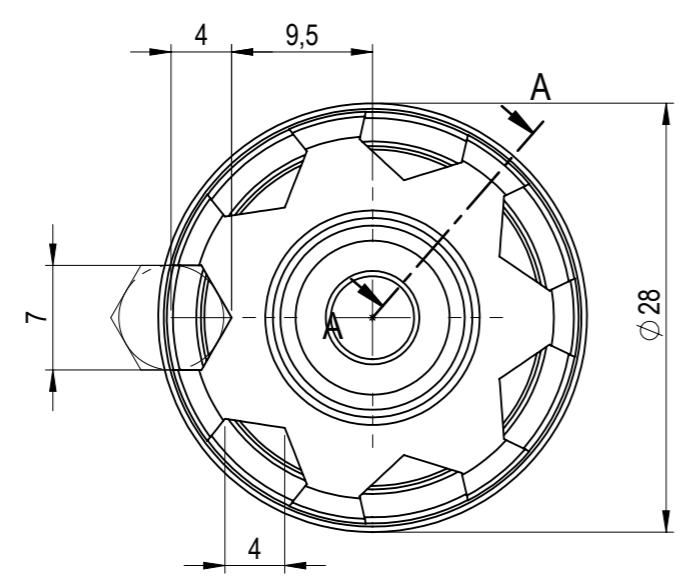
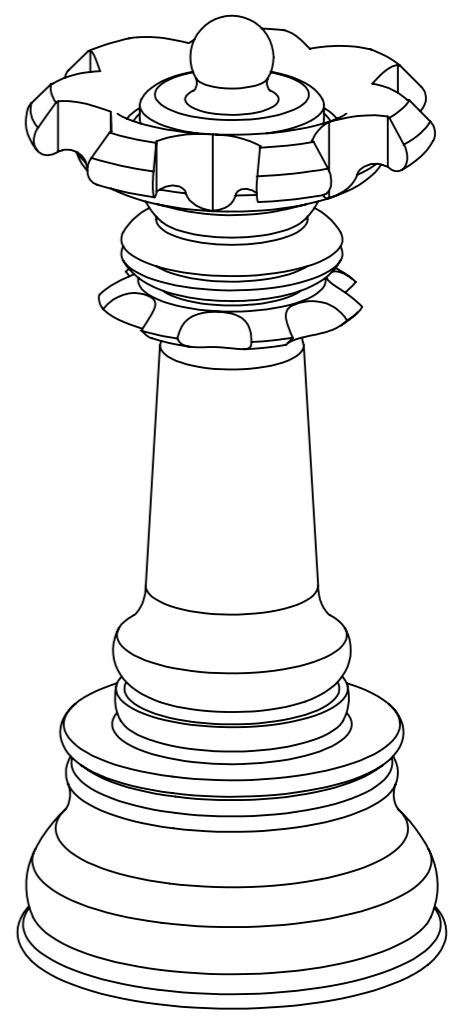
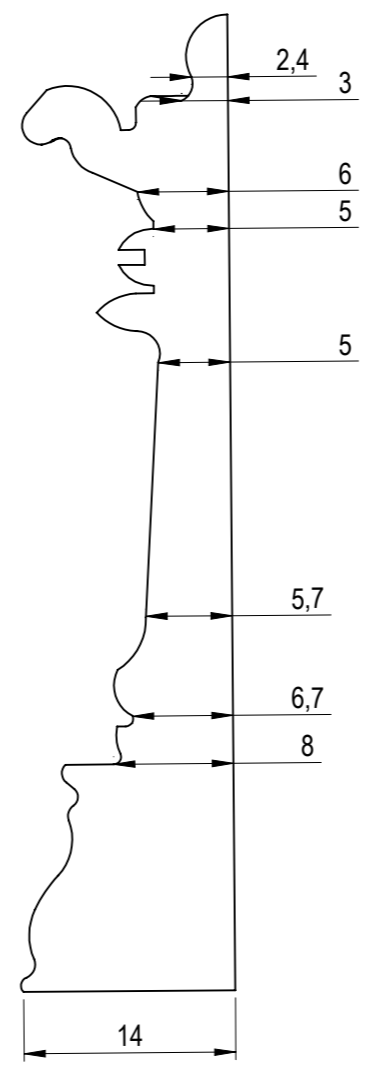
Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha: 27/04/21 Date: Nombre: **Alfonso** Name:

Diseñado: Designed:	A.M.R	Título: <b>Rey</b> Title:
Comprobado: Checked:	A.M.R	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	
Proyecto: <b>Ajedrez A.M.R</b> Project:	Peso (g): <b>118.92</b> Weight (g):	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302 $\nabla$ 3.2 / 1.6
NATO Code:	Referencia: <b>Rey</b> Part Number:	Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.
Area (mm <sup>2</sup> ): <b>5087.44</b> Surface (mm <sup>2</sup> ):	Numero Plano: <b>A.M.R_0010</b> Drawing Number:	-DWG Revision: <b>00</b> Hoja: <b>1/1</b> Sheet:



SECCIÓN A-A  
ESCALA 2 : 1



Matar aristas vivas ISO 13715  $\begin{matrix} -0.3 \\ +0.3 \end{matrix}$  Break sharp edges Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: **Bronce**

Acabado: **Patina**  
Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

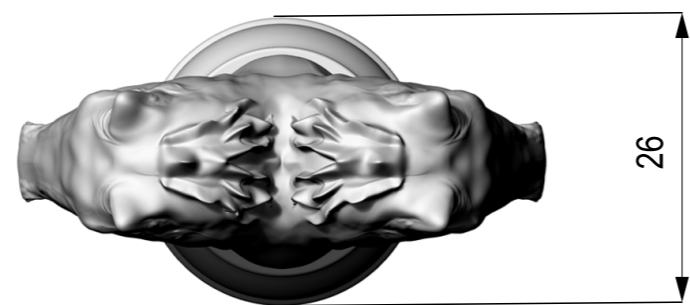
Fecha: 27/04/21 Date: Nombre: **Alfonso** Name:

Diseñado: Designed:	<b>A.M.R</b>	Titulo: <b>Reina</b> Title:
Comprobado: Checked:	<b>A.M.R</b>	
Aprobado Cal: Approved QA:	<b>A.M.R</b>	
Aprobado Ing: Approved Eng:	<b>A.M.R</b>	

Proyecto: **Ajedrez A.M.R** Project: **Peso (g): 118** Weight (g): **Rugosidad superficial (Ra)** Surface roughness (Ra) ISO1302  $\begin{matrix} 3.2 \\ 1.6 \end{matrix}$

NATO Code: Referencia: **Reina** Part Number: **Area (mm<sup>2</sup>): 5452.05** Surface (mm<sup>2</sup>): **Numero Plano: A.M.R\_0011** Drawing Number: **-DWG** Revision: **00** Hoja: **1/1** Sheet:

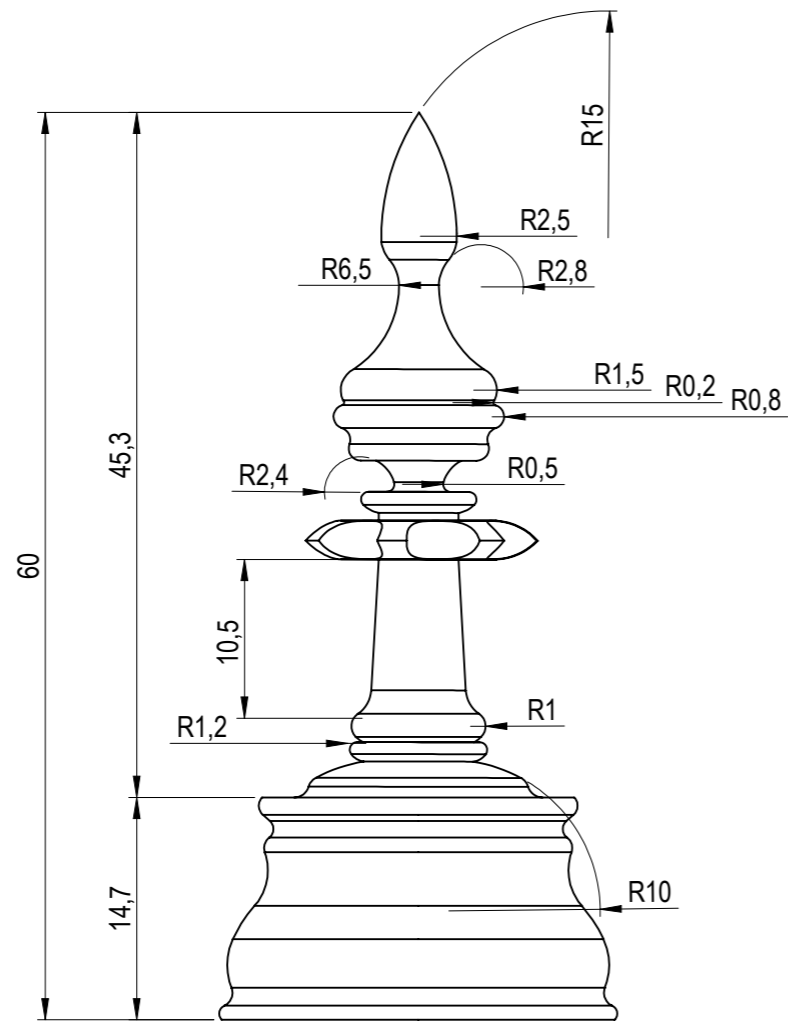
Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial  
Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD  
All indicated dimensions are after surface treatment  
For non indicated dimensions use CAD model.



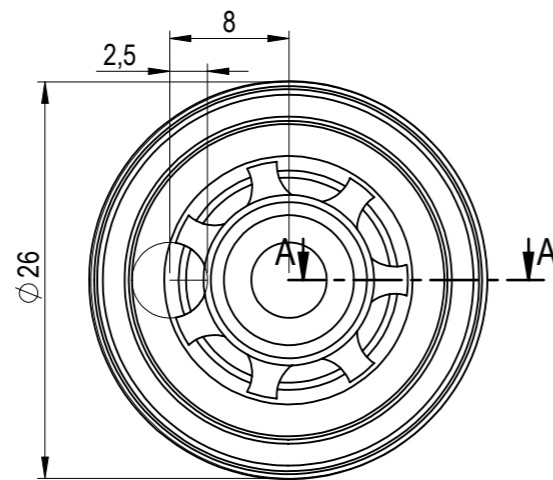
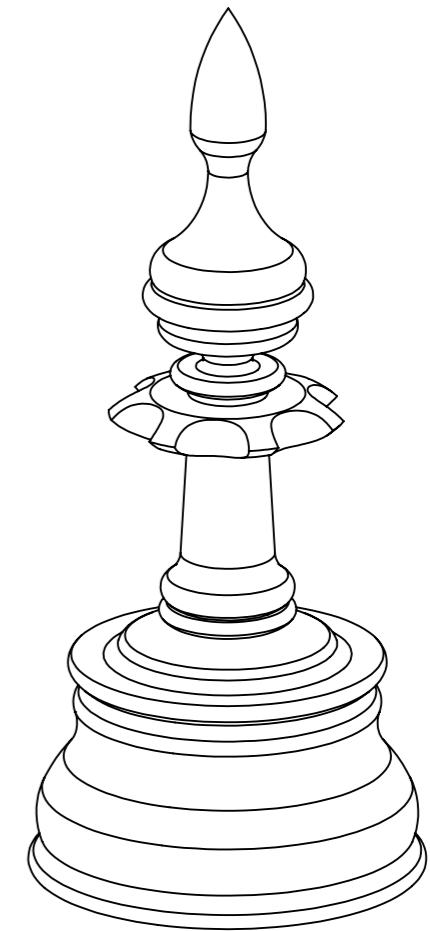
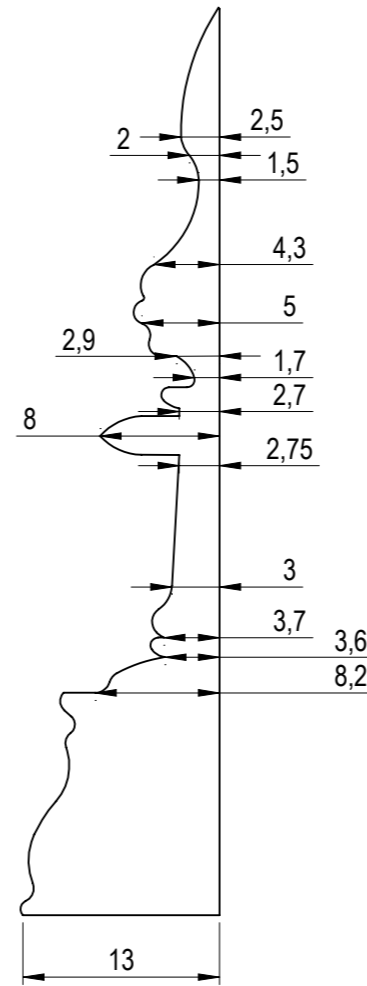
Matar aristas vivas ISO 13715  $-0.3$   $+0.3$   
 Break sharp edges Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material:			
Acabado: Finish:			
Dimensiones y tolerancias en mm. Dimensions and tolerances are in mm. Tolerancia general: UNE EN 22768 MK General tolerance: EN ISO 1101:2013			
Fecha: 22/6/21 Date:	Nombre: Alfonso Name:	Titulo: Caballo Title:	
Diseñado: Designed:	A.M.R		
Comprobado: Checked:	A.M.R		
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R		
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	Formato hoja: Sheet size: A3	Escala: Scale: 1 20
Proyecto: Ajedrez A.M.R Project:	Peso (g): Weight (g):	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302	3.2 / 1.6
NATO Code:	Referencia: Part Number:	Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.	
Area (mm <sup>2</sup> ): Surface (mm <sup>2</sup> ):	Numero Plano: A.M.R_012 Drawing Number:	-DWG	Revision: Hoja: Sheet: 1/1





SECCIÓN A-A  
ESCALA 2 : 1



Matar aristas vivas ISO 13715  $\begin{matrix} -0.3 \\ +0.3 \end{matrix}$   
Break sharp edges Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: **Bronce**

Acabado: **Patina**  
Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha: 27/04/21 Nombre: **Alfonso**  
Date: Name:

Diseñado: Designed:	<b>A.M.R</b>	Titulo: <b>Alfil</b> Title:
Comprobado: Checked:	<b>A.M.R</b>	
Aprobado Cal: Approved QA:	<b>A.M.R</b>	
Aprobado Ing: Approved Eng:	<b>A.M.R</b>	

Proyecto: **Ajedrez A.M.R** Peso (g): **68.35**  
Project: Weight (g):

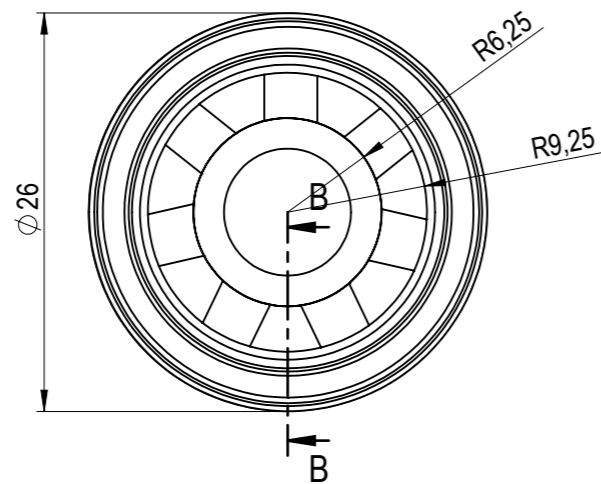
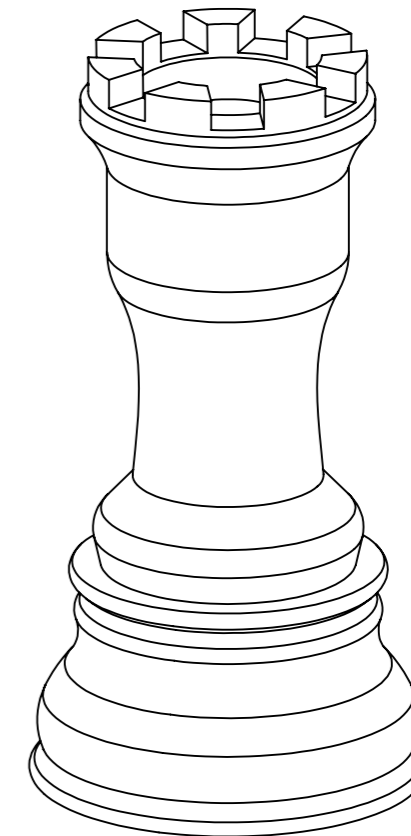
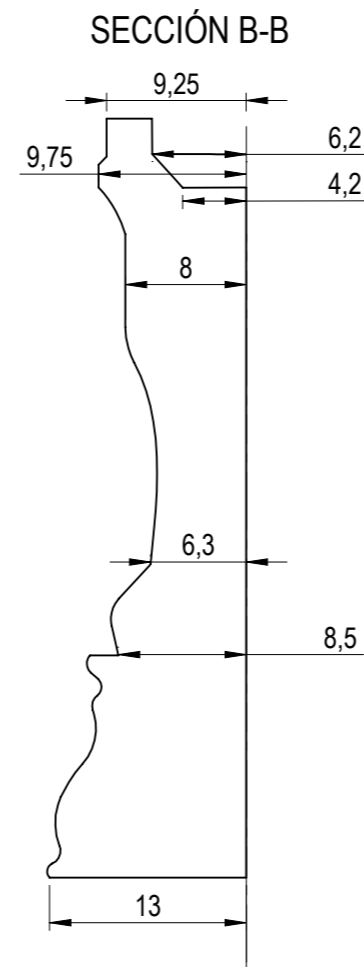
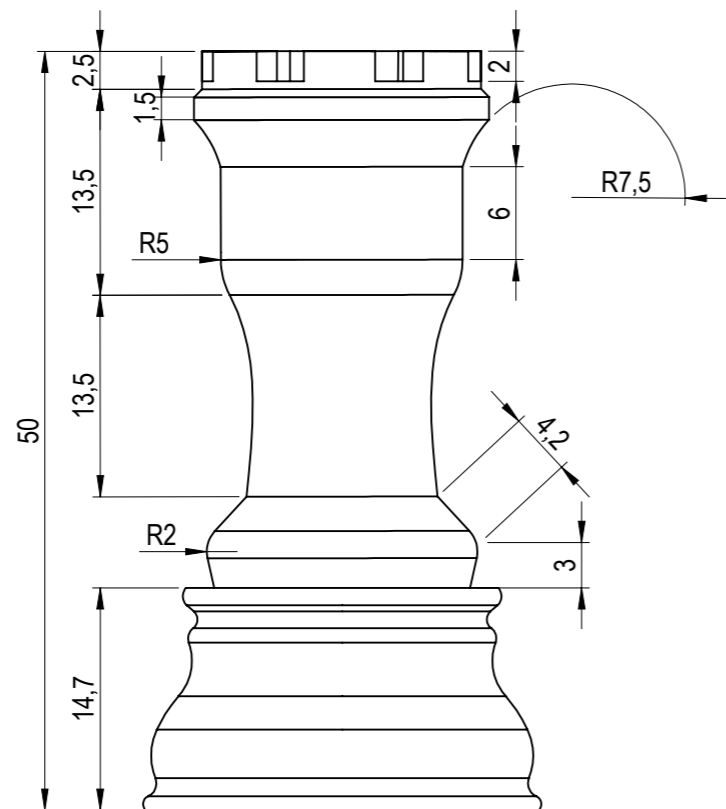
NATO Code: Referencia: **Alfil**  
Part Number:

Area (mm<sup>2</sup>): 3270.12 Numero Plano: **A.M.R\_0013**  
Surface (mm<sup>2</sup>): Drawing Number:

Rugosidad superficial (Ra)  
Surface roughness (Ra) ISO1302  $\begin{matrix} 3.2 \\ 1.6 \end{matrix}$

Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial  
Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD  
All indicated dimensions are after surface treatment  
For non indicated dimensions use CAD model.

-DWG Revision: **00** Hoja: **1/1**  
Sheet:



Matar aristas vivas Break sharp edges ISO 13715  $-0.3$   $+0.3$  Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: **Bronce**

Acabado: **Patina**  
Finish:

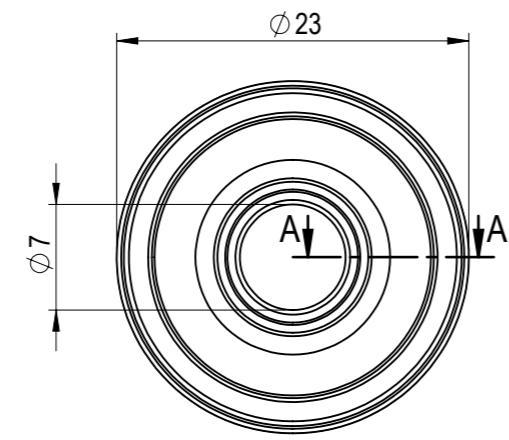
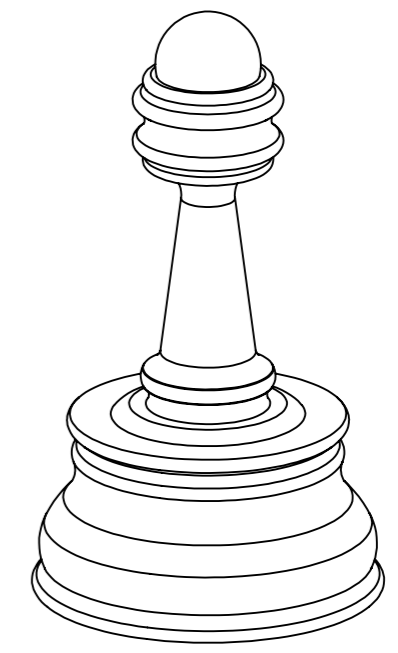
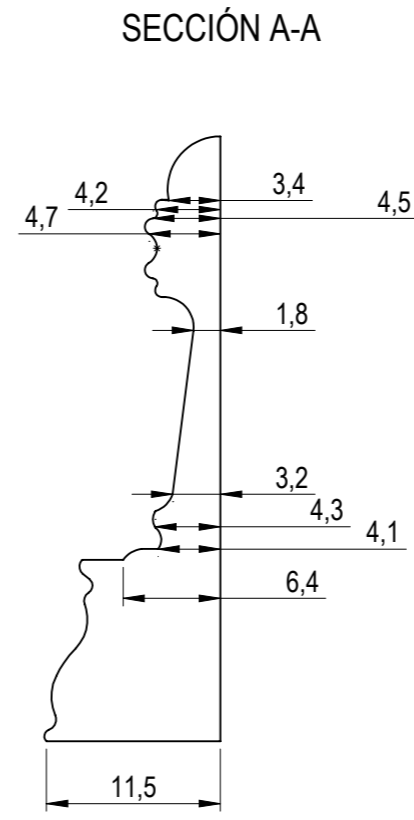
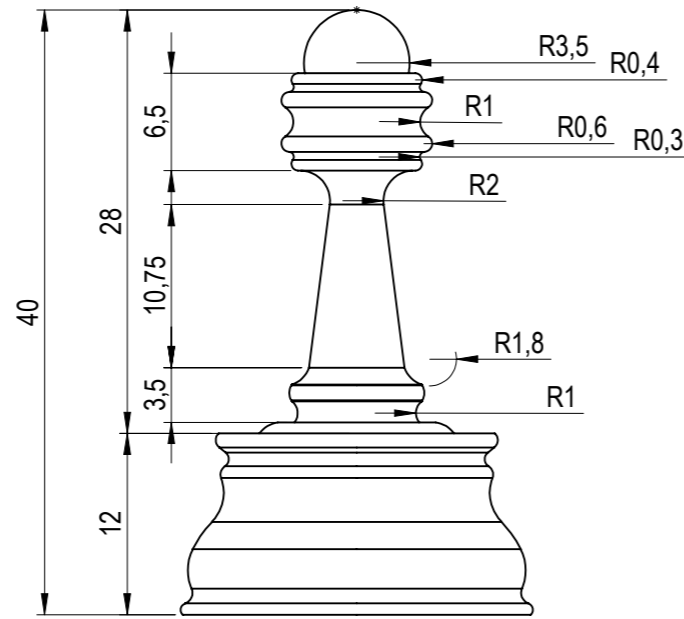
Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha (DD/MM/AA):  
Date (DD/MM/YY):

Nombre:  
Name:

Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Torre Title:
Comprobado: Checked:	A.M.R	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R	
Proyecto: Ajedrez A.M.R Project:	Peso (g): 104.5 Weight (g):	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302 $3.2/1.6$
NATO Code:	Referencia: Torre Part Number:	<small>Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.</small>
Area (mm <sup>2</sup> ): 3982.25 Surface (mm <sup>2</sup> ):	Numero Plano: <b>A.M.R_0014</b> Drawing Number:	Formato hoja: <b>A3</b> Sheet size: Escala: <b>2:1</b> Scale:
		Hoja: 1/1 Sheet:

-DWG Revision: 00



Matar aristas vivas Break sharp edges ISO 13715  $-0.3$   $+0.3$  Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: **Bronce**

Acabado: **Patina**  
Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha: 27/04/21 Date: Nombre: Alfonso Name:

Diseñado: A.M.R. Título: Peón  
Designed: Title:

Comprobado: A.M.R.  
Checked:

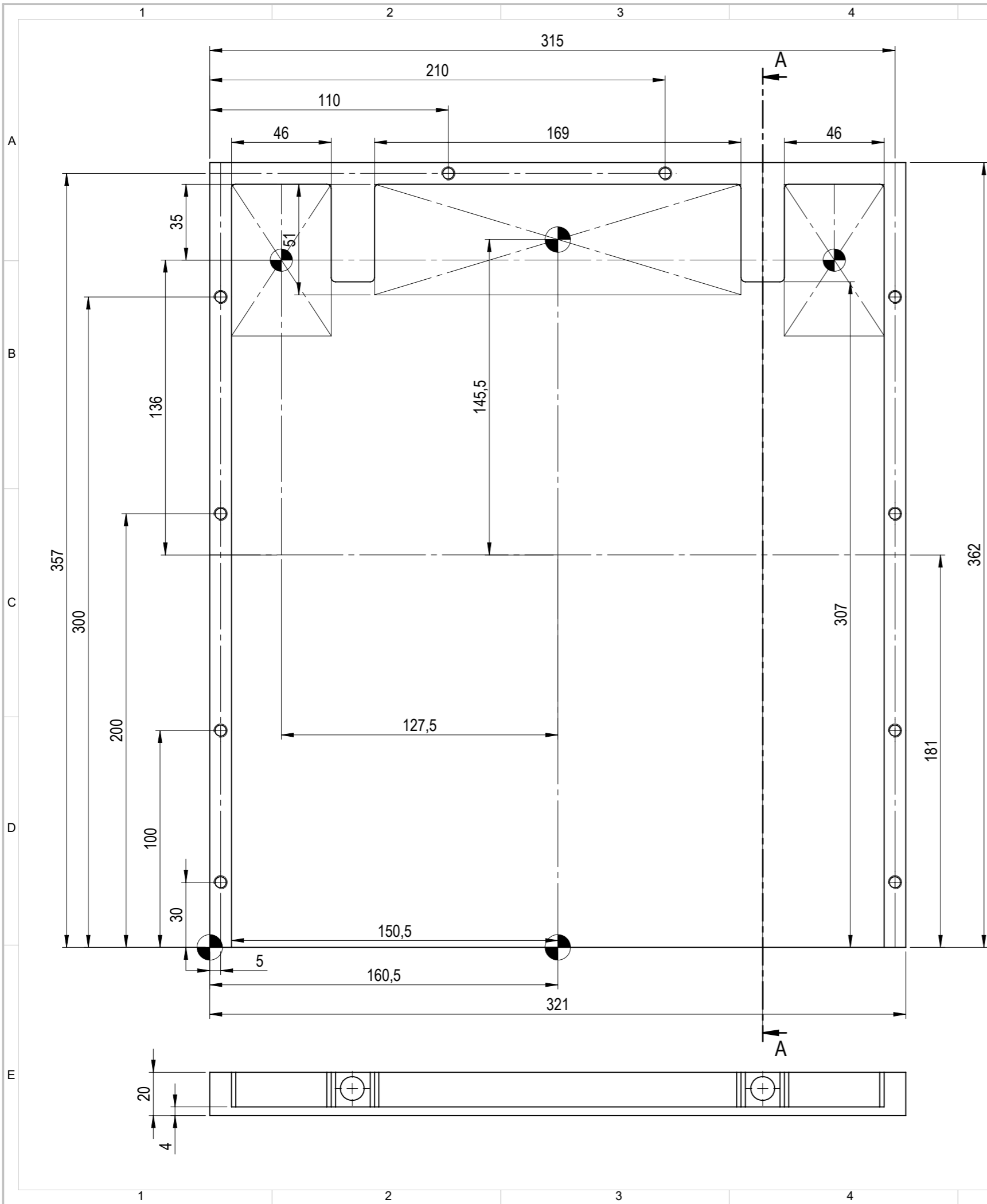
Aprobado Cal: A.M.R.  
Approved QA:

Aprobado Ing: A.M.R. Formato hoja: A3 Escala: 2:1  
Approved Eng: Sheet size: Scale:

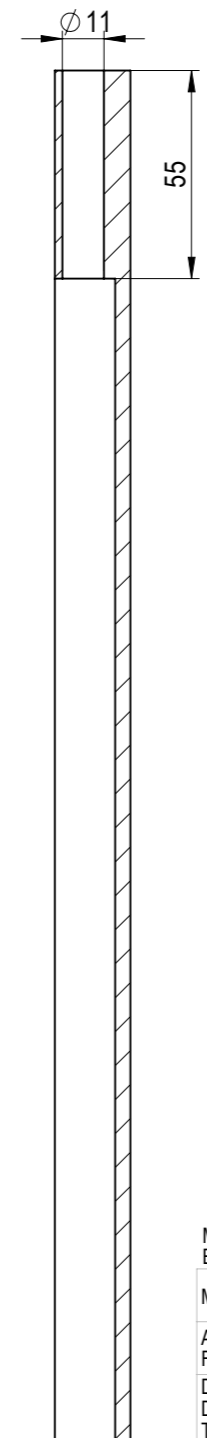
Proyecto: Ajedrez A.M.R. Peso (g): 42.22  
Project: Weight (g): Rugosidad superficial (Ra) 3.2/1.6  
Surface roughness (Ra) ISO1302

NATO Code: Referencia: Peón Part Number:  
Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial  
Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD  
All indicated dimensions are after surface treatment  
For non indicated dimensions use CAD model.

Area (mm<sup>2</sup>): 2161.71 Numero Plano: A.M.R\_0015 Hoja: 1/1  
Surface (mm<sup>2</sup>): Drawing Number: -DWG Revision: 00 Sheet:



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2



Matar aristas vivas  
Break sharp edges ISO 13715

$-0.3$   $+0.3$

Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: 6082-T651

Acabado:  
Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2013

Fecha (DD/MM/AA):  
Date (DD/MM/YY):

Nombre:  
Name:

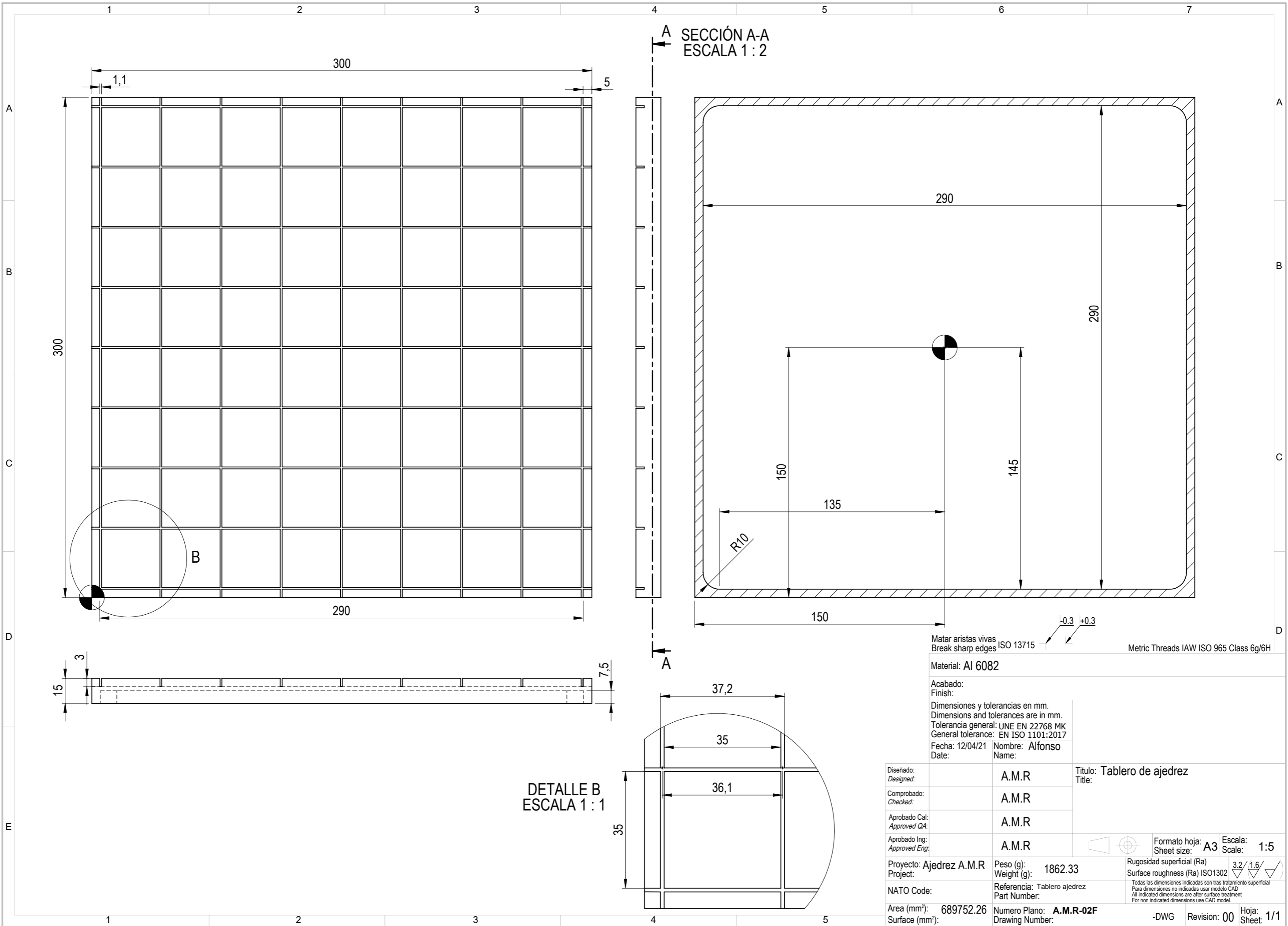
Diseñado: Designed:	A.M.R.	Titulo: Plano de fabricacion pedestal Title:
Comprobado: Checked:	A.M.R.	
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R.	
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R.	

Proyecto: Project:	Ajedrez A.M.R.	Peso (g): Weight (g):	1739.37	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302	$3.2/1.6$
NATO Code:	010CB	Referencia: Part Number:		Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD All indicated dimensions are after surface treatment For non indicated dimensions use CAD model.	
Area (mm <sup>2</sup> ): Surface (mm <sup>2</sup> ):	279168.42	Numero Plano: Drawing Number:	A.M.R-01F	-DWG	Revision:00
				Hoja: Sheet:	1/1

Formato hoja:  
Sheet size: A3

Escala:  
Scale: 1:5





SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

DETALLE B  
ESCALA 1 : 1

Matar aristas vivas  
Break sharp edges ISO 13715

Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material: Al 6082

Acabado:  
Finish:

Dimensiones y tolerancias en mm.  
Dimensions and tolerances are in mm.  
Tolerancia general: UNE EN 22768 MK  
General tolerance: EN ISO 1101:2017

Fecha: 12/04/21  
Date:

Nombre: Alfonso  
Name:

Diseñado:  
Designed: A.M.R

Comprobado:  
Checked: A.M.R

Título: Tablero de ajedrez  
Title:

Aprobado Cal:  
Approved QA: A.M.R

Aprobado Ing:  
Approved Eng: A.M.R

Proyecto: Ajedrez A.M.R  
Project:

Peso (g):  
Weight (g): 1862.33

Formato hoja:  
Sheet size: A3

Escala:  
Scale: 1:5

NATO Code:

Referencia: Tablero ajedrez  
Part Number:

Rugosidad superficial (Ra)  
Surface roughness (Ra) ISO1302

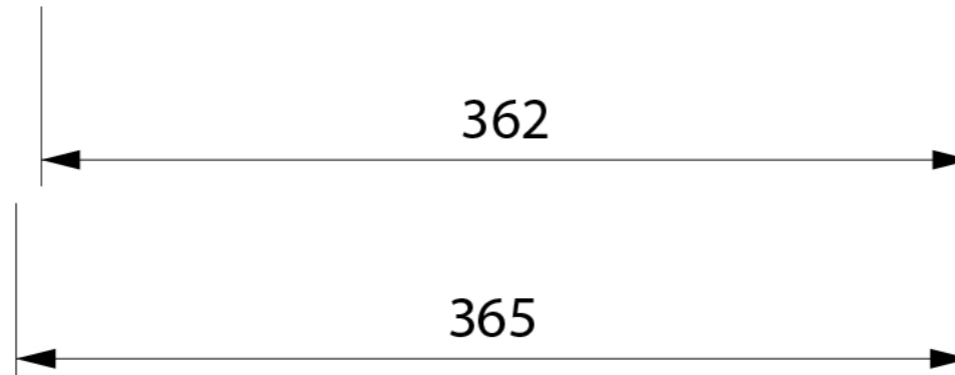
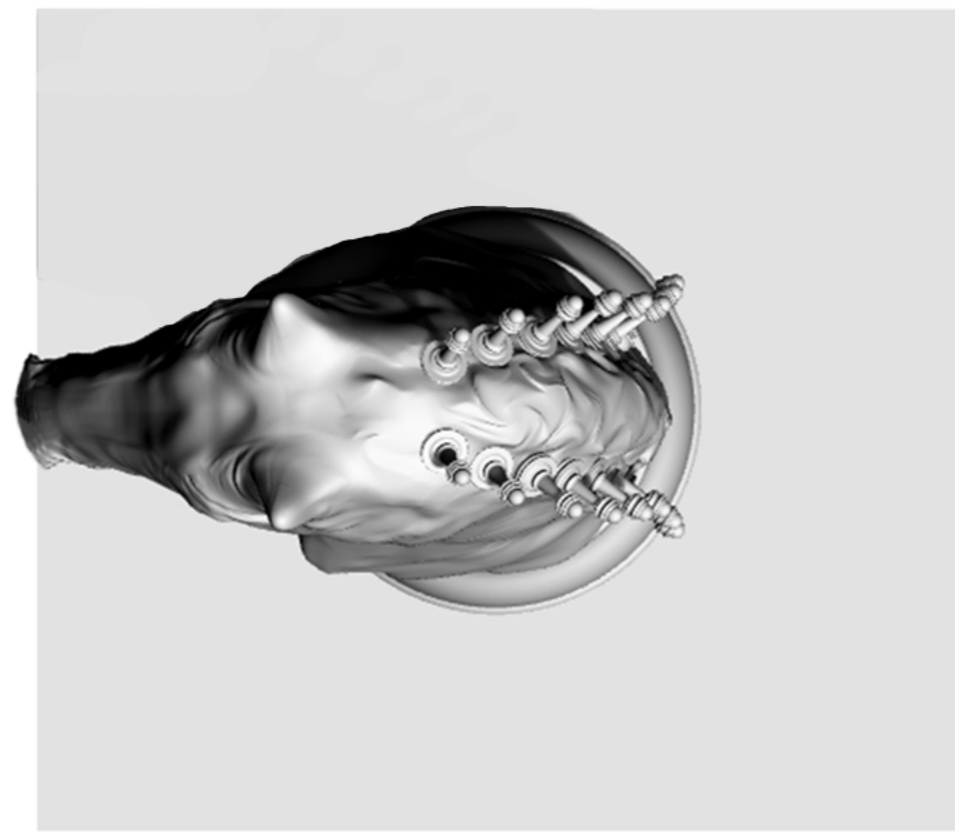
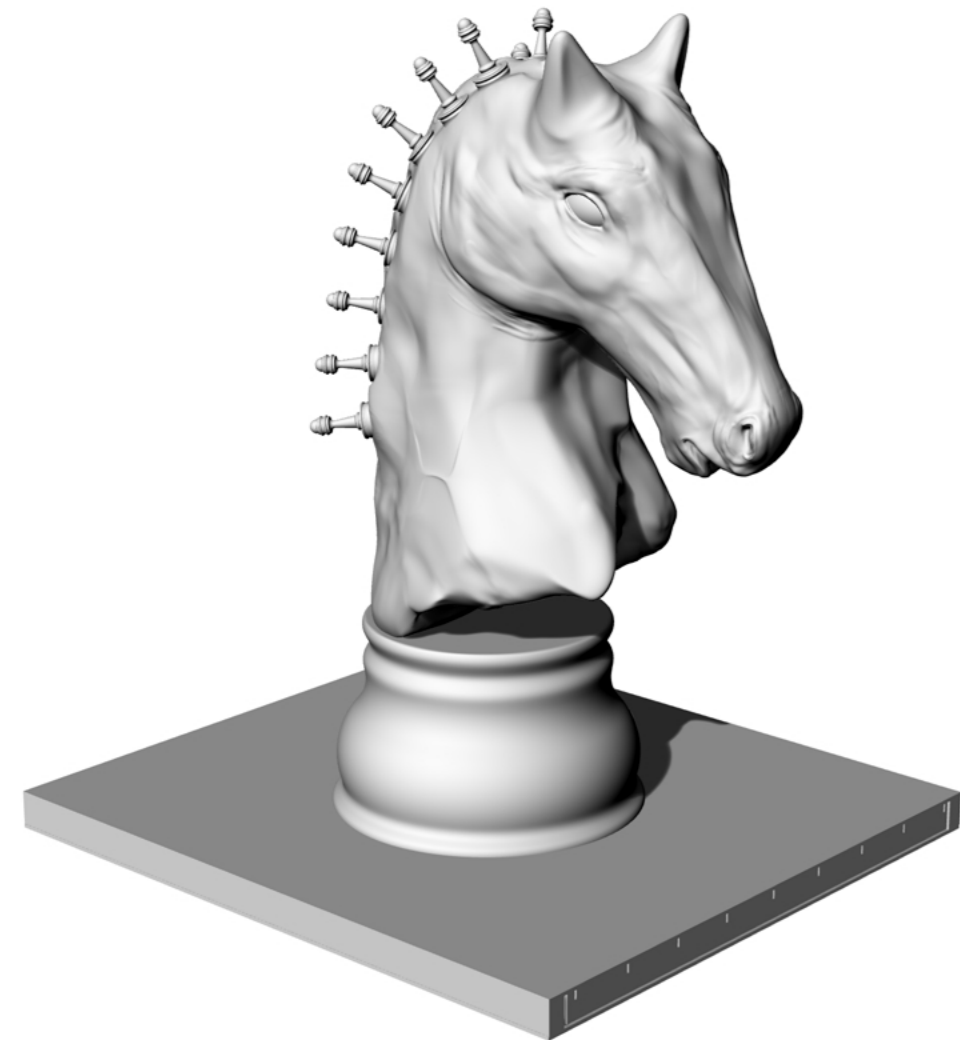
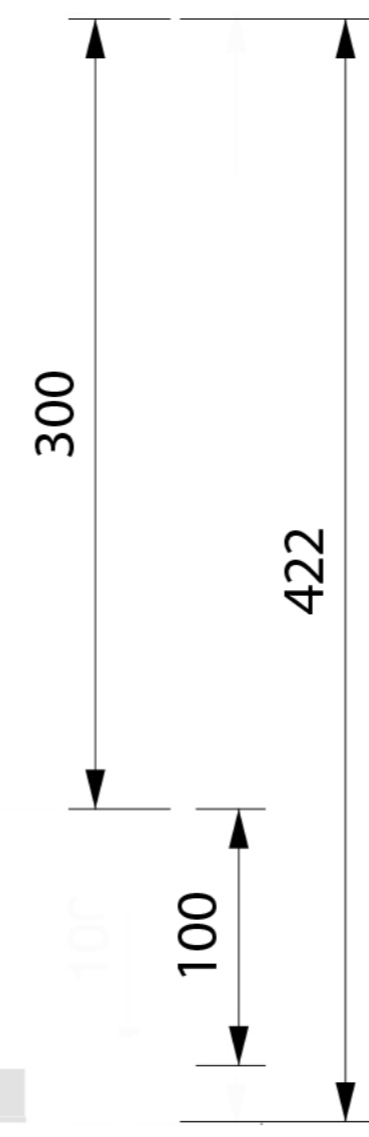
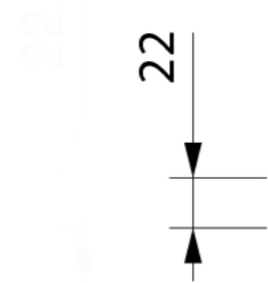
3.2 / 1.6

Area (mm<sup>2</sup>): 689752.26  
Surface (mm<sup>2</sup>):

Numero Plano:  
Drawing Number: A.M.R-02F

Todas las dimensiones indicadas son tras tratamiento superficial  
Para dimensiones no indicadas usar modelo CAD  
All indicated dimensions are after surface treatment  
For non indicated dimensions use CAD model.

-DWG Revision: 00 Hoja: 1/1  
Sheet:



Matar aristas vivas ISO 13715  $-0.3$   $+0.3$   
 Break sharp edges Metric Threads IAW ISO 965 Class 6g/6H

Material:			
Acabado: Finish:			
Dimensiones y tolerancias en mm. Dimensions and tolerances are in mm. Tolerancia general: UNE EN 22768 MK General tolerance: EN ISO 1101:2013			
Fecha: 22/6/21 Date:	Nombre: Alfonso Name:		
Diseñado: Designed:	A.M.R	Titulo: Babieca chess Title:	
Comprobado: Checked:	A.M.R		
Aprobado Cal: Approved QA:	A.M.R		
Aprobado Ing: Approved Eng:	A.M.R		
Proyecto: Ajedrez A.M.R Project:	Peso (g): Weight (g):	Rugosidad superficial (Ra) Surface roughness (Ra) ISO1302	Escala: Scale: 1:10
NATO Code:	Referencia: Conjunto Part Number:	3.2 / 1.6	
Area (mm <sup>2</sup> ): Surface (mm <sup>2</sup> ):	Numero Plano: A.M.R_016 Drawing Number:	-DWG	
	Revision:	Hoja: Sheet: 1/1	