



Universidad de León



Ingeniería Técnica Industrial

# **CAD en Mundos Virtuales: Construcción del Edificio Tecnológico de la EII en RealXtend**

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AERONÁUTICA

UNIVERSIDAD DE LEÓN

TUTOR: D. Fernando Jorge Fraile Fernández

AUTORES: José Luis Montero Benavides  
Jorge Morales González

**Agradecimientos:**

A nuestro tutor del proyecto, por su paciencia a la hora de solucionar los problemas que nos surgieron.

A Lara y a Noemí, por su agradable compañía durante tanto tiempo.

A nuestros familiares y amigos, especialmente a nuestros padres, que nos han ayudado durante todos estos años a llegar hasta aquí.

En este proyecto que se va a desarrollar a continuación, se hará una breve introducción a los mundos virtuales, para facilitar la comprensión del mismo.

A continuación se explicará el proceso seguido para lograr introducir un edificio (concretamente el Edificio Tecnológico de la EIII) en el RealXtend (uno de estos mundos virtuales).

Esta explicación se realizará detallando minuciosamente cada uno de los pasos que nos han conducido al objetivo final del proyecto.

Para finalizar este proyecto, se realizará una comprobación de los objetivos que se plantearon al inicio del proyecto, para verificar cuales se han cumplido, y cuales no.

# ÍNDICE

0.- INTRODUCCIÓN .....	1
1.- OBJETIVOS .....	6
2.- METODOLOGÍA .....	9
2.1.- Toma de medidas .....	11
2.2.- Modelado en AutoCAD .....	16
2.2.1.- Estructura externa .....	17
2.2.2.- Estructura interna.....	24
2.2.3.- Escaleras .....	33
2.2.4.- Cubiertas.....	45
2.2.5.- Interiores .....	51
2.2.6.- Mobiliario.....	52
2.2.7.- Evolución del edificio en AutoCAD ..	59
2.3.- Autodesk 3ds Max .....	74
2.3.1.- Tratamiento de los cristales .....	80
2.3.2.- 3ds2mesh .....	81
2.4.- Tratamiento de texturas .....	84
2.5.- Construcción en RealXtend .....	90
2.5.1.- Evolución de la construcción en RX100	
2.5.2.- Scripts .....	111
3.- PROBLEMAS.....	113
CONCLUSIONES.....	120
BIBLIOGRAFÍA .....	125
ANEXO 1 (modificación de planos).....	127
ANEXO 2 (Comparación de la realidad y el mundo real)	129

# **0.- INTRODUCCIÓN**

Un mundo virtual consiste en la simulación de mundos o entornos denominados virtuales en los que el hombre interactúa con la máquina en entornos artificiales semejantes a la vida real. Sus aplicaciones son múltiples y abarcan un gran número de posibilidades, entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

Educativas: Al contar con la posibilidad de simular situaciones semejantes a la vida real, un profesor puede transportarse a cualquier lugar del mundo y así explicar a sus alumnos de una manera más real que con las tradicionales fotografías. Ejemplo que podemos ver en la figura 0-01, en la que se puede observar la Capilla Sixtina, donde el profesor puede dar sus clases sin tener que desplazarse ni él ni sus alumnos a Roma.



*Figura 0-01: Capilla Sixtina en mundo virtual*

Otra aplicación educativa puede ser la dirigida a sectores profesionales como por ejemplo bomberos, policías o personal sanitario, para saber cómo deben de comportarse y qué hacer en caso de que sucedan situaciones extremas que pongan a prueba su capacidad de reacción. Además, no solo se aprende como actuar en este tipo de situaciones, sino que en algún entorno virtual podemos encontrar disponibles diferentes herramientas y sistemas de aprendizaje de habilidades concretas (aprender a evacuar, tratamientos críticos, admisión, instrumental médico...). Y no sólo desde el punto de vista de las personas, sino que también ofrece la posibilidad de comprobar como reaccionará un edificio ante catástrofes como terremotos, inundaciones, ataques terroristas etc.

**Empresariales:** Gracias a los mundos virtuales, una empresa puede expandir su número de clientes o modificar su modelo de negocio. Se puede gestionar el negocio “real” mediante sucursales “virtuales”. Incluso se puede desarrollar un negocio cuyo ámbito sea exclusivo para estos mundos.

Algunas compañías cuentan con una sala de videoconferencia, que permite trabajar de una manera mucho más eficiente, cómoda y barata. Se puede observar en la figura 0-02 a 5 personas de una empresa debatiendo problemas desde distintos lugares del mundo (Madrid, Zurich, Buenos Aires, y Pamplona). Esto le supuso a la empresa un ahorro de 30000 kilómetros de viaje, 300 horas de vuelo, y 9000 euros.



**Figura 0-02:** Reunión de trabajo en mundo virtual

**Ocio:** El ejemplo más claro es el de los videojuegos, ya que es algo utilizado por millones de personas en su tiempo libre. También se puede utilizar para interactuar con personas de distintos puntos del planeta, de forma mucho más real de la que se hace en los chats, ya que permite realizar actividades como bailar, dar un paseo, sentarse en un banco etc.

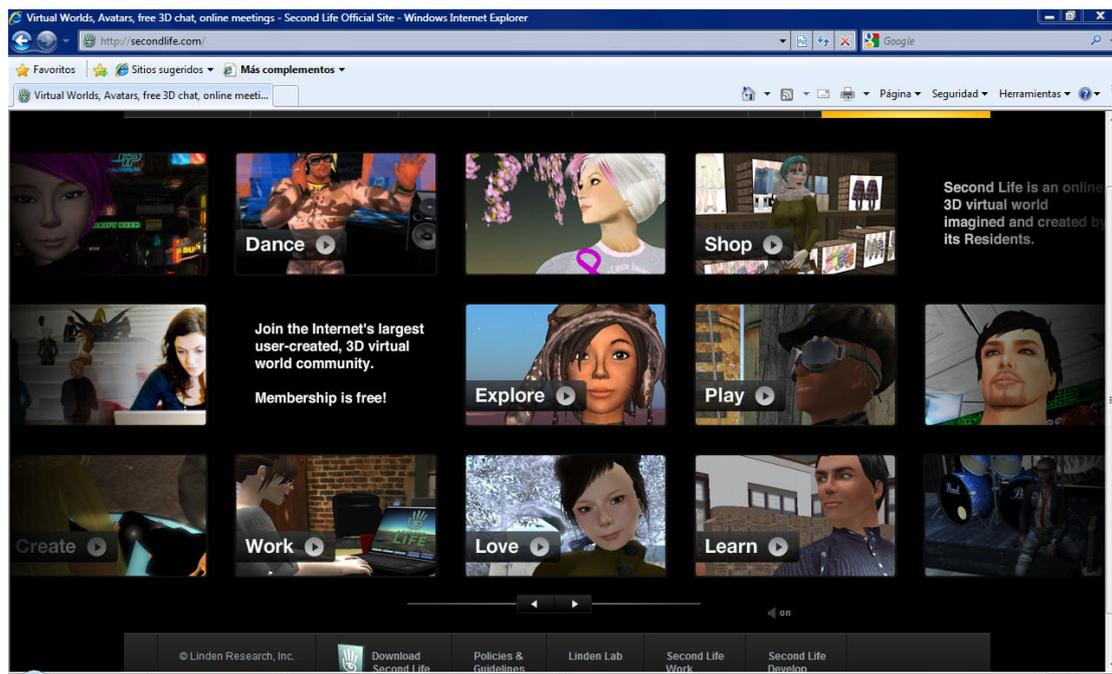
A muchas personas les causa nostalgia recordar momentos de sus vidas, y esto es algo que pueden hacer gracias a la recreación de tiempos pasados dentro de los mundos virtuales, así por ejemplo podemos ir de fiesta por la movida madrileña.

También es utilizado por los amantes de la conducción, ya sea de coches, aviones, trenes... que pueden sentirse a los mandos de ellos de manera sencilla. Por ejemplo, podemos conducir un Mercedes clase C, como el de la figura 0-03, cuyo valor en la vida real supera los 30000 euros, así como el Concorde, que actualmente está en desuso.



**Figura 0-03:** Conducción en mundo virtual

Además se puede complementar con la vestimenta que el usuario prefiera. Uno de los mundos virtuales más conocidos es Second Life, que nació en el año 2003 desarrollado por Linden Research Inc. En él, los residentes interactúan entre ellos mediante avatares. Los avatares son personajes que pueden adoptar diferentes rasgos físicos (altura, peso, rasgos faciales etc). Muchas personas tratan de diseñar un avatar que se asemeje lo más posible a sus características personales, con el fin de sentirse representado por él. En la figura 0-04 podemos ver la página oficial de Second Life, en la que se pueden apreciar los diferentes avatares de los usuarios.



**Figura 0-04:** Página oficial de Second Life

Al igual que en el mundo real, existen una serie de normas de convivencia, sin embargo cada uno puede comportarse de la forma que quiera debido a la inexistencia de represalias. Un claro ejemplo de esto ocurrió en las pasadas elecciones de 2007, en las que dos sedes locales del PSOE y PP estuvieron a punto de ser pasto de las llamas, pero ninguno de los provocadores fue expulsado o tiene vetado su acceso.

Otra característica de Second Life, es que cuenta con su propia moneda (el Linden Dollar) que además de ofrecerte la posibilidad de comprar terrenos u otro tipo de bienes en el mundo virtual (ropa, coches, construcciones etc) puede ser canjeada por dinero real en determinados bancos virtuales que permiten realizar este tipo de cambio. Tal es la importancia del Linden Dollar que tiene cotización en bolsa, sufriendo variaciones de su valor diariamente.

Algunas ciudades o instituciones, ya tienen una replica virtual. Así pueden darse a conocer de una manera más accesible. Varios ejemplos podemos encontrarlos en la figura 0-05, en la que podemos ver de izquierda a derecha y de arriba abajo Ámsterdam, Barcelona, Madrid (edificio Caja Madrid), Nueva York y Washington.



**Figura 0-05: Lugares del mundo**

Uno de los inconvenientes que presenta Second Life es su alto precio, motivo por el cual, en este proyecto, se ha optado por otro mundo virtual alternativo (el RealXtend), que está basado en el Second Life, por lo que la mecánica es la misma, pero sin embargo, es de código abierto y acceso gratuito.

# **1.- OBJETIVOS**

El objetivo final que se buscaba a la hora de iniciar este proyecto era realizar una visita virtual a un edificio de manera que fuese lo más parecido posible a la realidad, y así lograr que quien lo visitara desde un ordenador tuviera las mismas sensaciones que alguien que estuviera dándose un paseo por el, salvando siempre la barrera de que ningún mundo virtual, por realista que sea, inspire las mismas sensaciones que el mundo real (al menos hasta la actualidad). El edificio que se eligió fue el Edificio Tecnológico de la escuela de Ingenierías de la universidad de León, que podemos ver en la figura 1-01.



**Figura 1-01:** Edificio Tecnológico de la EIII

Inicialmente, el objetivo fue realizar la visita de manera que se pudiera ver la estructura externa, la Planta Baja, y la Planta 1, con el máximo nivel de detalle, incluyendo los laboratorios, cuartos de baño, despachos de los profesores, etc. Este objetivo fue reconsiderado, y se decidió completar tanto la estructura externa, como la interna de todo el edificio (Planta Baja, Piso 1, Piso 2, Piso 3, y Piso 4), y se desestimó la idea de dibujar los laboratorios y despachos por dentro, ya que esto supondría una molestia para las personas que se encuentran trabajando dentro de ellos.

Para lograr este objetivo final, se marcaron una serie de puntos intermedios, que detallaremos a continuación.

Primero se realizaría una medición de los elementos que configuran el edificio, y se tomarían de los planos aquellas medidas que no se pudiesen determinar. A continuación, el siguiente paso sería el de modelar estos elementos con algún programa.

Para este segundo paso, el programa que se decidió usar fue el Autocad 2007, que permitiría realizar esta minuciosa tarea. Se debía ser muy meticuloso en este paso, ya que con los archivos que surgieran del mismo, se procedería a su ensamblado, y era necesario que todas las piezas encajaran correctamente, es decir, que no se superposicionaran los elementos y tampoco hubiera huecos entre los mismos.

Una vez se tuviera el edificio modelado en Autocad, se procedería a la construcción del edificio dentro de un mundo virtual. Para ello, el programa que se eligió fue el RealXtend. Se sabía de antemano que este programa daría una serie de problemas, pero aún así se optó por el (por motivos económicos).

El siguiente paso consistiría en darle material y textura a los elementos modelados con el Autocad. Sobretodo se buscaba que las texturas del edificio fuesen lo más parecidas a las que hay en realidad, incluyendo la escala. También se buscaba buscar la forma de darle una determinada opacidad a los cristales que se reparten por el edificio, que dependiendo del lugar son mas o menos opacos.

El último paso sería la realización de una serie de scripts, que dotaran al edificio de un toque más realista. Estos scripts que se pretendían realizar eran principalmente la apertura de las puertas y de las ventanas. También se buscaría la forma de hacer que determinados elementos emitieran luminosidad (y conseguir el efecto luminoso que proporcionan las luminarias dentro del edificio).

# **2.-METODOLOGÍA**

Teniendo en cuenta los objetivos previamente planteados, la primera cuestión era determinar que tipos de archivos se iban a utilizar en nuestro mundo virtual. En este mundo (RealXtend) sólo se pueden crear formas muy simples (cubo, esfera, cuñas...), también conocidas como primitivas. Dado el alto nivel de complejidad que presentan las formas que se pretenden modelar en este proyecto (véase figura 3-01), se hizo necesario recurrir a un programa de diseño alternativo. Por sugerencia de Fernando Jorge Fraile, tutor del proyecto, y por ser uno de los programas más conocidos y usados en todo el mundo, se decidió utilizar AutoCAD, en su versión de 2007.



**Figura 2-01:** Formas complejas que presenta el edificio

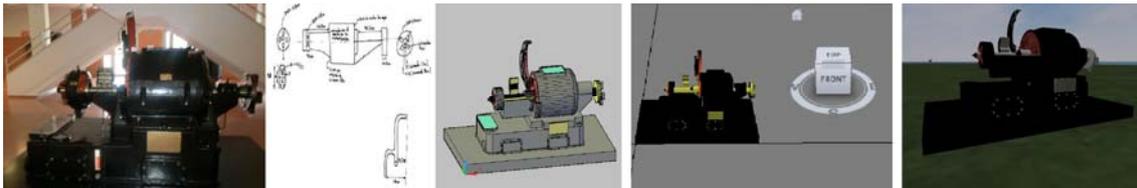
Para el diseño con AutoCAD se contó con una serie de planos del edificio, los cuales más adelante resultaron poco útiles por ser bastante inexactos. Por ello fue necesario tomar el mayor número de medidas in-situ. Para realizar estas mediciones se utilizaron una serie de instrumentos que se detallarán en su correspondiente apartado.

Tras la toma de medidas se inició el modelado en AutoCAD de todas las partes de las que se compone el edificio (estructura externa, interna, ventanas, puertas, mobiliario, cubiertas...), proceso que al igual que el anterior, se detallará más adelante.

Dado que los archivos de AutoCAD tienen una extensión (.dwg) irreconocible por RX, fue necesario utilizar una serie de programas informáticos intermedios que transformaran dichos archivos en otros de las mismas características, pero que si fuesen compatibles con RX. Este camino lo componen dos programas, Autodesk 3dStudio y 3ds2mesh.

Una vez realizado todo el proceso anterior es necesario dotar a nuestros objetos en RX del mayor realismo posible. Esto se consigue mediante texturas, que se obtienen mediante el tratamiento digital de fotografías.

En la Figura 2-02 se puede observar este camino resumido en cinco imágenes: fotografía real, boceto, dibujo en AutoCAD, dibujo en 3dStudio y resultado final en RX (el programa 3ds2mesh se ha obviado por no ofrecer imágenes).



**Figura 2-02:** Evolución del modelado de una de las máquinas

En los siguientes apartados, se explicará más detalladamente cada uno de estos pasos.

## **2.1.- Toma de medidas:**

Como se ha explicado en los apartados anteriores, se hizo necesario tomar medidas de todos los elementos de los que se compone el edificio, tanto de la parte estructural como del mobiliario. Para este proceso, se utilizaron diferentes instrumentos de medición, los cuales se detallarán a continuación.

**Metro de tela:** Se utilizó principalmente para la medición de superficies curvas de pequeño tamaño, en las que resultaba más cómodo medir su perímetro que su diámetro. Véase en la Figura 2.1-01 unos ejemplos del tipo de mediciones que se realizaron con este metro.



*Figura 2.1-01: Tomando medidas con el metro de tela*

**Metro estándar:** Su uso principal consistió en la medición de pequeñas distancias (entre 0 y 2 metros), principalmente en zonas interiores y de fácil acceso, tales como: marcos de las puertas, máquinas, papeleras... en la Figura 2.1-02 se puede observar una serie de ejemplos de los objetos que se midieron con este instrumento.



*Figura 2.1-02: Tomando medidas con el metro tradicional*

Dado que con estos dos instrumentos se hacía casi imposible una medición precisa de la parte estructural del edificio (con distancias que llegan hasta los 80 metros), se hizo necesario recurrir a otro tipo de instrumento de medida con mayor alcance.

Metro láser: El instrumento que finalmente se utilizó para las grandes longitudes, fue facilitado por Fernando Jorge Fraile, tutor del proyecto. Se trata de un láser de la marca LEICA modelo DISTO D3, cuyas características técnicas se detallan a continuación:

Precisión de medición	±1mm
Alcance	De 0.05 a 100 m
Ø de punto láser	6mm
Ángulo de cobertura	± 45°
Precisión respecto al rayo láser	± 0.3°
Precisión respecto a la carcasa	± 0.3°
Memorización de constantes	1
Mediciones por juego de pilas	Hasta 5000
Pilas	Tipo AAA 2 x 1.5V
Medidas	125x45x24mm

Puede observarse una fotografía del metro láser en la Figura 2.1-03.



**Figura 2.1-03:** Metro láser

Se comenzó la toma de medidas por la parte exterior del edificio, concretamente la zona SurEste, para continuar en sentido horario rodeando el edificio. Se tomaron todas las medidas necesarias para realizar un modelado en 3D, es decir, referidas a las tres dimensiones del espacio (altura, anchura y profundidad). Un ejemplo de las medidas que se tomaron puede observarse en la Figura 2.1-04, donde puede apreciarse las anotaciones de las medidas de una de las escaleras.



**Figura 2.1-04:** Fotografía con anotaciones

Uno de los problemas que surgieron a la hora de tomar estas medidas, consistió en que en muchas ocasiones se interponían objetos en la trayectoria del láser, por lo que se debieron buscarse lugares alternativos para realizar dicha medición. En la Figura 2.1-05 podemos observar el ejemplo de la ventana circular, en la cual un árbol impedía tomar la medida desde la parte exterior del edificio. (Esta medida se consiguió desde la parte interior del edificio).



**Figura 2.1-05:** Árbol impidiendo la toma de medidas

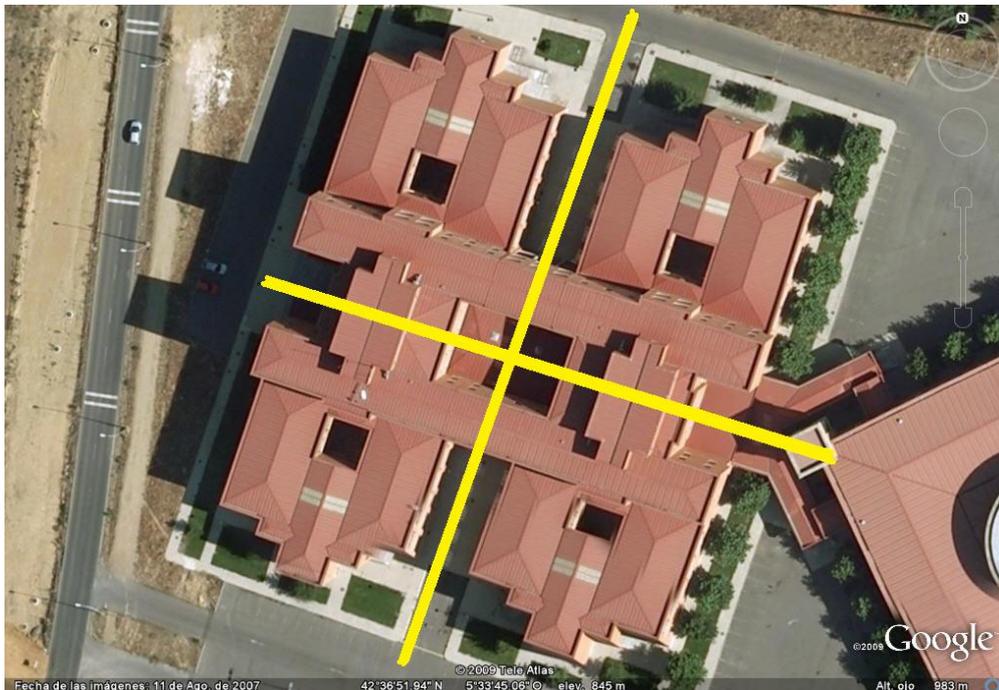
Este no fue el único problema que surgió a la hora de medir. Otro de los inconvenientes que se encontraron fue el de medir las alturas de las partes más elevadas del edificio, debido a que por limitaciones del ojo humano se perdía la visión del láser. La primera solución que se intentó consistió en buscar zonas del edificio en las que la luz solar no camuflara al punto láser. Dado que estas mediciones se tomaron durante la época de verano, la luz solar era demasiado intensa, haciendo que

incluso en las zonas sombreadas fuese imposible tomar las medidas con la precisión que se quería alcanzar.

La siguiente alternativa para solucionar este problema fue el uso de unos prismáticos, se utilizaron unos de la marca Pentax, modelo 8x40 PCF. Aún con el uso de estos prismáticos, el punto se perdía con facilidad.

Finalmente se decidió determinar estas medidas a partir del modelado de la parte interior del edificio (principalmente las escaleras centrales y la Planta 2). Las escaleras centrales aportaron la información necesaria para determinar la altura de las plantas superiores y el modelado de la Planta 2 lo hizo con las distancias longitudinales de los muros exteriores.

A medida que se avanzaba con las mediciones, se constató algo que previamente se sospechaba: El edificio tiene dos ejes de simetría. Véanse en la figura 2.1-06 estos ejes.



**Figura 2.1-06:** Ejes de simetría que presenta el edificio

Una vez tomadas las medidas de la zona externa, se prosiguió con la interna, siguiendo un orden lógico ascendente. Comenzando por la Planta Baja, y ascendiendo planta por planta para acabar en la Planta 4.

Estas medidas internas son, sobre todo, anchura de los muros, longitudes de los pasillos, altura de los techos etc.

Una vez realizada la toma de medidas, se prosiguió con el siguiente paso, que consiste en el modelado en 3D con el programa AutoCAD.

## **2.2.- Modelado en AutoCAD**

Autodesk AutoCAD es un programa de diseño asistido por ordenador (CAD "Computer Aided Design"; en inglés, Diseño Asistido por Computadora) para dibujo en 2D y 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

Al igual que otros programas de Diseño Asistido por Ordenador (DAC), AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado. Las versiones modernas del programa permiten la introducción de éstas mediante una interfaz gráfica de usuario o en inglés GUI, que automatiza el proceso.

Como todos los programas de DAC, procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

La extensión del archivo de AutoCAD es .dwg, aunque permite exportar en otros formatos (el más conocido es el .dxf). Maneja también los formatos IGES y STEP para manejar compatibilidad con otros softwares de dibujo.

El formato .dwg ha sufrido cambios al evolucionar en el tiempo, lo que impide que formatos más nuevos.dwg puedan ser abiertos por versiones antiguas de AutoCAD u otros CADs que admitan ese formato. La última versión de AutoCAD hasta la fecha es el AutoCAD 2010, y tanto él como sus productos derivados (como Architectural DeskTop ADT o Mechanical DeskTop MDT) usan un nuevo formato no contemplado o trasladado al OpenDWG, que sólo puede usar el formato hasta la versión 2000.

A continuación se explicará el proceso que se siguió en el modelado con AutoCAD de cada uno de los elementos que componen el edificio.

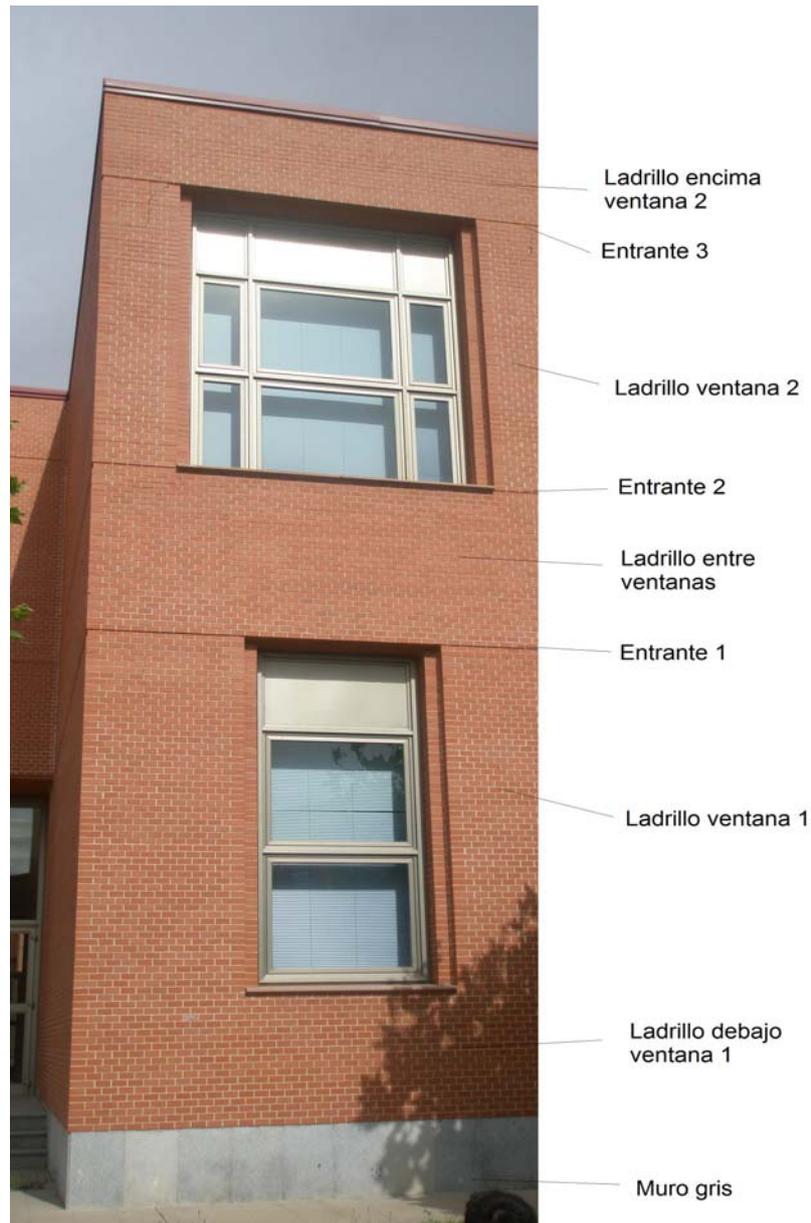
### 2.2.1.- Estructura externa:

Al empezar a modelar la estructura externa del edificio se decidió seguir el mismo orden que en las mediciones, es decir empezar en la mitad del muro EsteSur y continuar en el sentido de las agujas del reloj. También se llegó a la conclusión de que sería más sencillo si se dividía en cuatro partes y dentro de dichas partes se trabajaba con varias capas. Así se determinó estructurarlo todo de la siguiente forma: muro EsteSur, muro SurOeste, muro OesteNorte y muro NorteEste. Además se consideró que primero se dibujarían los dos primeros pisos ya que los tres siguientes sería más sencillo hacerlos tomando alguna referencia de la estructura interna.



**Figura 2.2.1-01:** Comienzo modelado

Comenzamos por el muro EsteSur y se hizo la división en capas que además se mantendrían en el resto de muros cambiando tan solo el nombre correspondiente a la orientación de cada muro. La primera capa correspondería al muro gris de abajo y a partir de ella se iría subiendo. Las siguientes serían el ladrillo rojo debajo de la ventana uno, el ladrillo rojo a la altura de la ventana 2 , el ladrillo rojo entre ventanas, el ladrillo rojo a la altura de la ventana 2 y el ladrillo por encima de la misma. Además se descubrió que a diversas alturas el ladrillo rojo contaba con unos entrantes q se metían 2 cm con respecto al resto del muro.

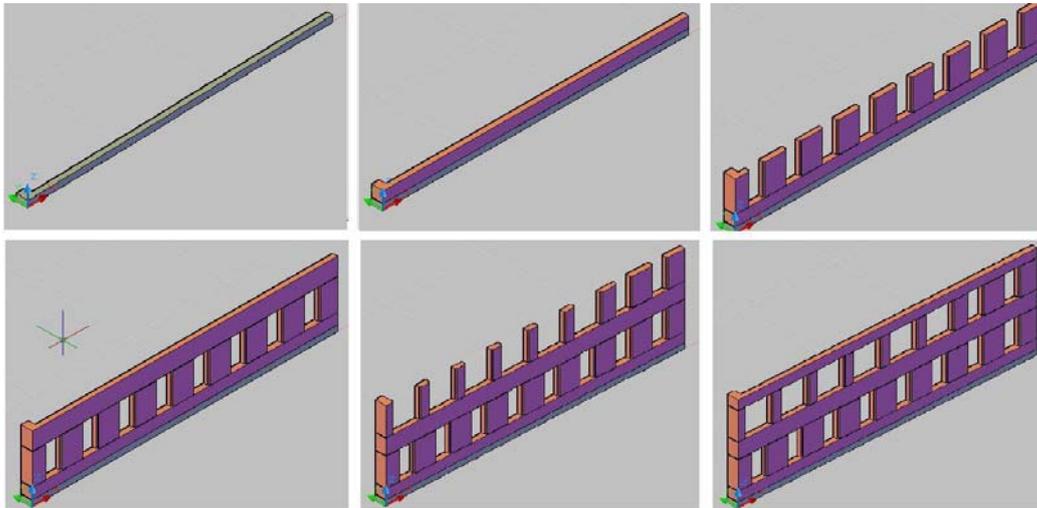


**Figura 2.2.1-02:** División en capas

Una vez estructurada la forma en la que se iba a dibujar, se empezó con el modelado propiamente dicho. Para ello se tuvieron en cuenta las medidas previamente realizadas en la mayoría de los casos, sin embargo hubo otros como por ejemplo el grosor de los muros en los que fue necesario recurrir a los planos. Las medidas obtenidas de estos, como se verá posteriormente, resultaron no ser válidas y hubo que modificarlas después.

A la hora de dibujar se siguió el orden correspondiente a las capas, empezando por abajo hasta llegar a la pared superior. También se realizaron los huecos correspondientes a las ventanas con sus correspondientes entrantes para que quedase listo cuando llegara el momento de hacerlas. El procedimiento de esto se hace dibujando la estructura en 2D para posteriormente darle la tercera dimensión mediante el comando extruir.

El desarrollo de esto que ha sido explicado puede apreciarse en la figura 2.2.1-03:



**Figura 2.2.1-03:** Evolución muro Este

La parte correspondiente a la zona Sur mantuvo una distribución de capas parecida pero al no tener ventanas iguales a las del muro anterior, los nombres de las mismas cambiaron para referenciarlas numéricamente en vez de hacerlo respecto a su posición relativa con dichas ventanas.

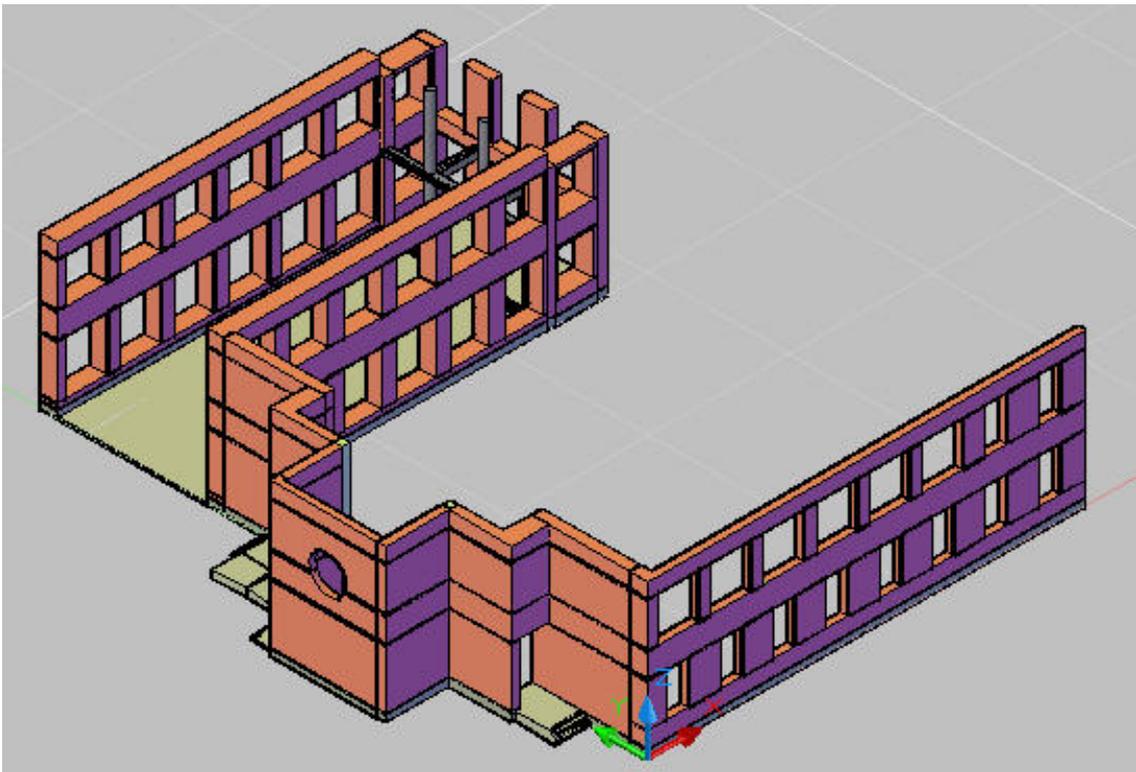
Aquí la mayor complejidad vino con la ventana redonda grande cuyo hueco en la pared se hizo sustrayéndole al muro un cilindro de igual diámetro que el de la ventana. También fue necesario dejar los huecos correspondientes a las puertas de las salidas de emergencia. Aquí se procedió a realizar las escaleras que llevan a dichas puertas en el orden en el que íbamos avanzando en el muro. Para ello se creó la capa Escalera.



**Figura 2.2.1-04:** Vista general del muro Sur

Para finalizar el dibujo de la primera de las cuatro partes del edificio se llega al patio que se encuentra en la zona del parking de la Escuela de Ingenierías y de Empresariales. La principal dificultad en este patio fue constatar que el suelo que suponíamos constante no lo era, y por tanto hubo que dibujar un suelo adicional con una pequeña inclinación que comenzaba en el principio del patio y finalizaba en las escaleras del mismo. También se dibujaron además de los muros, diversos adornos arquitectónicos como las columnas que se encuentran en el descanso de las escaleras de entrada al edificio.

La vista general del trabajo realizado hasta ahora sería la siguiente:



**Figura 2.2.1-05:** Muro EsteSur

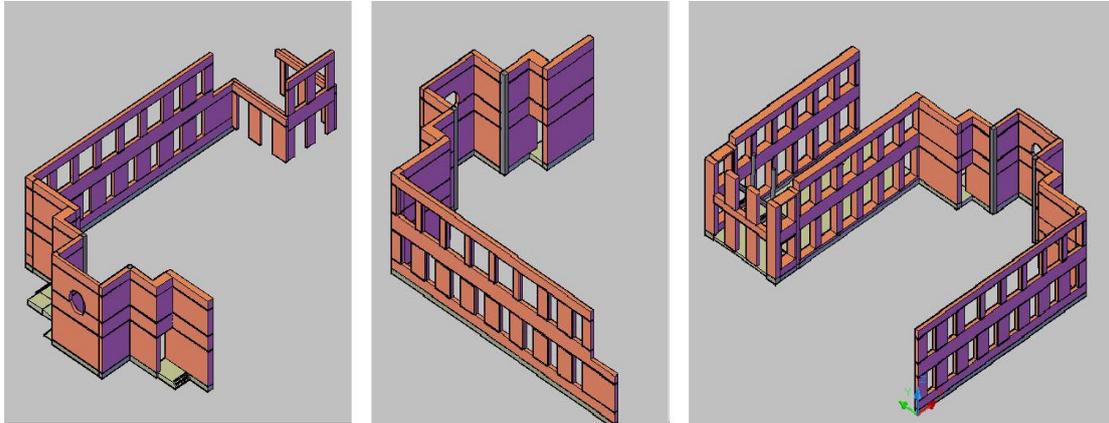
A partir de aquí se aprovechó la simetría del edificio y utilizamos el comando “Simétrico” del AutoCAD para dibujar las siguientes partes, exceptuando el patio que ya estaba completamente dibujado. Además se cambió el nombre de las capas para adecuarlas a su correcta orientación, así lo que antes se llamó MuroGrisEste ahora pasó a ser MuroGrisOeste y así sucesivamente. Aparte hubo que dibujar las escaleras correspondientes a la entrada Oeste del edificio.

En este punto se nos planteó la cuestión de cómo podríamos unir los cuatro muros que teníamos modelados de forma independiente pero que tendrían que formar parte del mismo dibujo. Esto se solucionó con las referencias externas, que permiten unir varios dibujos de forma que al modificarse cada uno de ellos en su archivo

original, el dibujo que resulta de la unión de todos ellos también sufre ese mismo cambio.

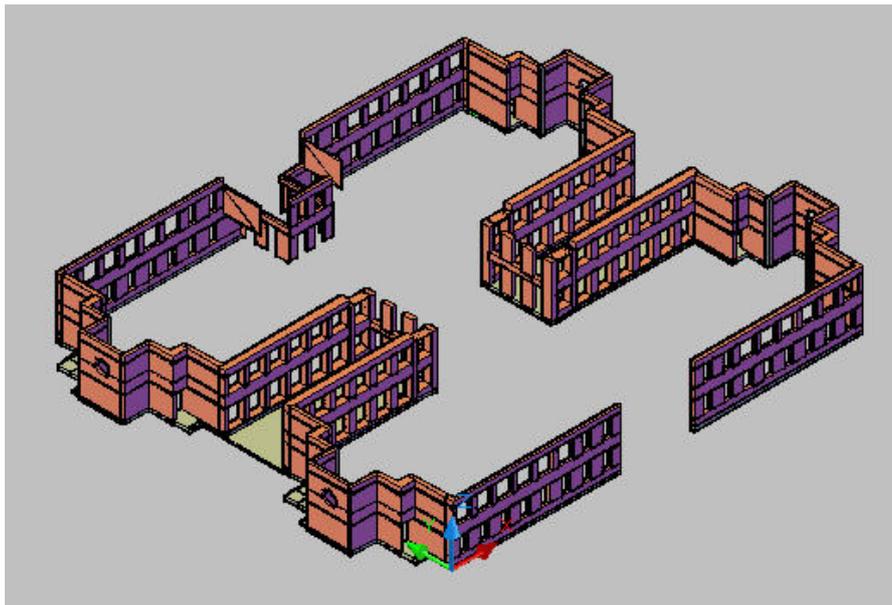
A continuación se pueden observar algunos de los resultados obtenidos.

Con los muros independientes:



**Figura 2.2.1-06:** Muros independientes

Y con todos los muros unidos formando lo que sería el esqueleto de las dos primeras plantas del edificio:



**Figura 2.2.1-07:** Edificio

Una vez dibujada esta estructura el problema era de qué forma se iban a tomar referencias para poder posicionar correctamente los pisos superiores ya que su distribución era completamente distinta a la dibujada hasta ahora. Se tomó la determinación de dibujar primero el interior de las dos primeras plantas, a partir de él dibujar el interior de las dos siguientes y utilizar ese dibujo para posicionar el exterior de dichas plantas de forma correcta.

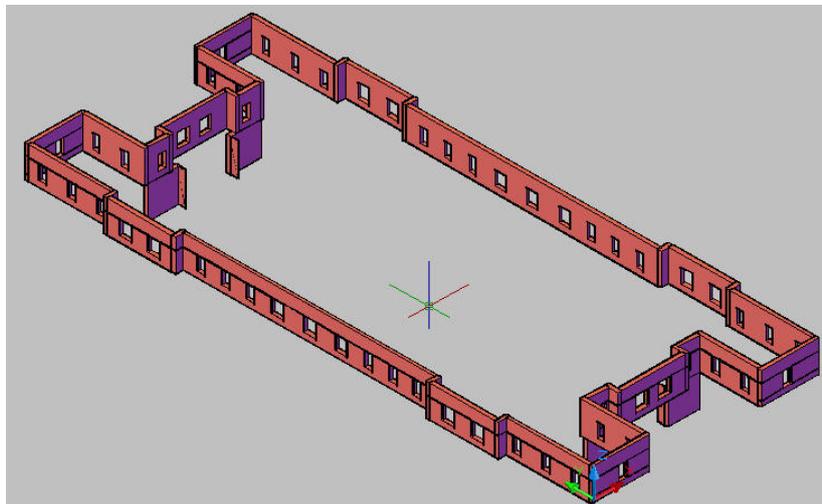
Cuando se dispuso ya de ese interior se comenzó el dibujo de las plantas dos y tres. Para ello se adoptó una estrategia distinta ya que se modeló cada planta por separado en vez de las dos simultáneamente como se había hecho antes. Por tanto

no fue necesario el estructurar el dibujo en capas ya que se pudo trabajar cómodamente con una sólo, a la que se llamó LadrilloRojo. Además tampoco se consideró necesario dividir esta estructura en cuatro partes debido a que su tamaño era más reducido y con muchos menos detalles y por tanto exigía mucho menos al AutoCAD. Los entrantes comentados anteriormente se realizaron mediante el comando diferencia, sustrayendo al muro la cantidad necesaria para que quedase el mismo hueco que en las plantas inferiores.

El mayor quebradero de cabeza llegó a la hora de ubicar correctamente las ventanas debido a la imposibilidad de realizar mediciones por no poder acceder a la mayoría de despachos. Se recurrió a las pocas medidas que se pudieron tomar y a los planos, pero estos una vez más resultaron ser bastante poco exactos y el número de ventanas en algunos puntos era diferente, o simplemente no había. Se optó por mantener las medidas en las zonas en las que sí había coincidencia y colocar de manera proporcional el resto de forma que se guardasen unas distancias entre ventanas que se pudiesen lo más posible a la realidad. El hueco de estas ventanas se hizo también con una sustracción.

Para finalizar, se añadieron zonas que podrían considerarse de unión entre la estructura previamente realizada y la nueva y q se incorporó ahora por no haberse dibujado antes.

El resultado fue el siguiente:

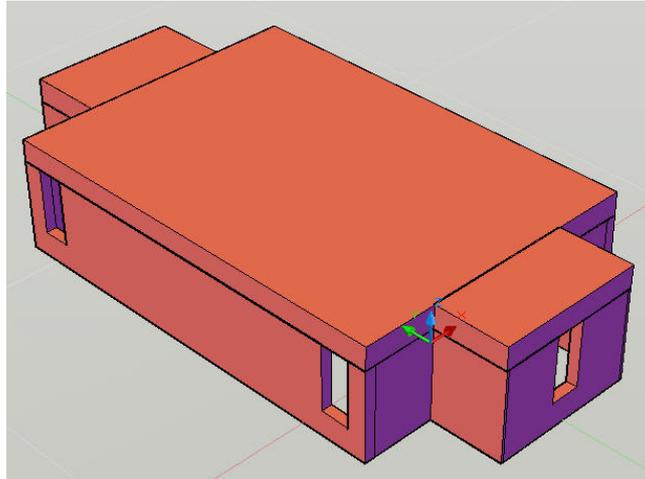


**Figura 2.2.1-08:** Muro planta 2

El muro correspondiente a la planta 3 es exactamente igual y se colocó justo encima de este.

Para finalizar los muros exteriores sólo quedaba entonces la planta 4 y la estrategia seguida fue la misma que en las plantas 2 y 3, es decir, construir el exterior a partir del interior. Aquí debido a sus reducidas dimensiones fue todo mucho más sencillo y también se realizó con tan solo una capa. Por imposibilidad de acceso no se

pudo determinar si esta planta contaba con los característicos entrantes ya comentados anteriormente y por tanto se decidió no dibujarlos. Tampoco se pudieron determinar las medidas correspondientes a los extremos de la planta por el mismo motivo. El cálculo de estas medidas se realizó mediante una foto del Google Earth puesto que tampoco se disponía de planos. El dibujo de esta planta puede apreciarse en la figura siguiente:



**Figura 2.2.1-09:** Planta 4

El dibujo del edificio hasta ahora tiene la siguiente forma:

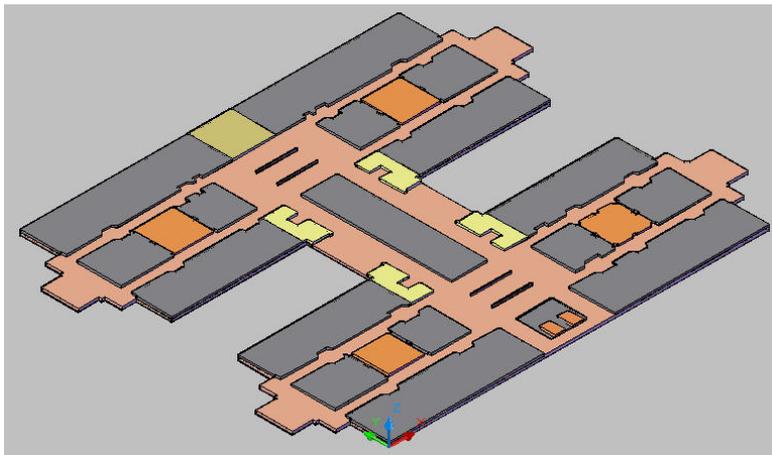


**Figura 2.2.1-10:** Aspecto del edificio

Llegados a este punto tan sólo faltaba por dibujar la entrada del edificio, la cual se explicará en su apartado correspondiente.

### 2.2.2.- Estructura interna:

La estructura interna comenzó una vez que se hubieron terminado las dos primeras plantas de la estructura externa. A partir de ese dibujo se hizo el contorno interior para así tener el suelo del edificio que podemos observar en la figura 2.2.2-01. En ella puede verse como se dividieron cada una de las partes de las que se compone, para luego ser tratadas con el RealXtend, consiguiendo diferentes tipos de superficie (lavabos, suelo rojo, suelo blanco, patio interior etc.).

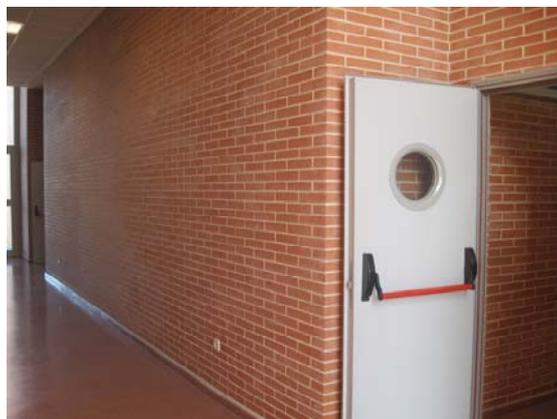


**Figura 2.2.2-01:** Suelo del edificio

Una vez que se tuvo el suelo ya se pudo proceder con los muros interiores propiamente dichos. Se empezó por la planta baja y se siguió el orden lógico ascendente para finalizar en la planta 4.

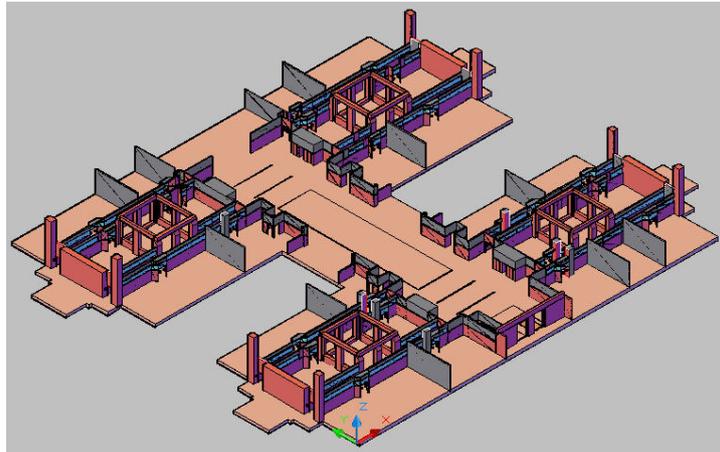
Planta baja: A la hora de modelar esta planta se analizó su distribución y se dibujó en función de las diferentes zonas en las que se subdividió para mayor comodidad.

Así se empezó por las zonas en las que se encuentran las escaleras de los extremos, que corresponde además a la unión entre pasillos. Se puede apreciar en la figura 2.2.2-02.



**Figura 2.2.2-02:** Unión de los pasillos

La organización de las capas se hizo de forma que se pudiera apreciar correctamente los diferentes materiales de que se componen las paredes, de forma que resultaron dos capas distintas: LadrilloRojo y ParedBlanca. Cuando estuvo dibujado se copió y se pegó otras 3 veces en los sitios que correspondían. El resultado fue el siguiente. Figura 2.2.2-03



**Figura 2.2.2-03:** Planta baja

Lo siguiente fue, a partir de las referencias que se tenían con la unión entre pasillos, dibujar dichos pasillos. Para una mejor organización se numeraron en función de su orientación a derecha o izquierda y a su proximidad a la entrada del edificio. Así por ejemplo, el primer pasillo según se entra a la derecha sería Pasillo1Derecha. El orden de dibujo de estos pasillos fue un poco aleatorio aunque en líneas generales se siguió el orden numérico. Aquí fue necesario añadir varias capas ya que a las anteriores se tuvieron que añadir las correspondientes al marco y al cristal que tienen los laboratorios.

Especial mención merece el adorno que se encuentra encima de las puertas de los laboratorios. Por motivos que se desconocen, el programa AutoCAD no dejaba dibujarlo directamente y se tuvo que recurrir al artificio de recortarle a una forma rectangular el trozo necesario para obtener la forma deseada. El resultado es el que se observa en la figura 2.2.2-04. Este adorno se incluyó en la capa ParedBlanca.



**Figura 2.2.2-04:** Adorno inclinado en las puertas de los laboratorios

Cuando se finalizó el dibujo de estos pasillos, se pasó al modelado de su unión por la parte interior, que es la que se puede apreciar en la figura 2.2.2-05.



**Figura 2.2.2-05:** Zona de los ascensores

Esta es la zona en la que se encuentran ubicados los ascensores y reviste especial importancia, ya que al ser constante en el resto de plantas por motivos obvios, fue utilizada como referencia junto con las columnas de las escaleras para el dibujo de plantas superiores. Al estar el ascensor (y las puertas que tiene al lado) rodeado de mármol, se añadió una capa nueva que se llamó MarmolAscensor.

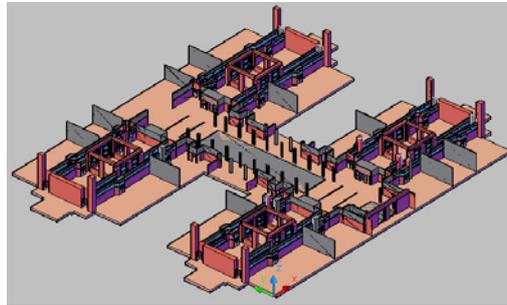
Cabe destacar que aquí fue necesario dar mayor altura a las paredes, debido a que el techo está más elevado en esta zona que en los pasillos.

El siguiente paso fue la parte que se encuentra entre los pasillos 2 y 3 y en la que se encuentran las entradas laterales. Lo más importante es que es el lugar en el que nos encontramos los baños y por lo tanto hubo que hacer los huecos correspondientes a las puertas.

Para finalizar las paredes correspondientes a la planta baja se hicieron las dos entradas del edificio, la principal que da a la unión con el edificio de la escuela y la que se ubica enfrente.

Las columnas que se encuentran en la parte central se hicieron en un dibujo aparte y se insertaron como referencia externa. Como anécdota, decir que al igual que en otras formas cilíndricas la forma de dibujarlas fue mediante un polígono de 64 lados, de manera que el efecto fuese todo lo circular posible. Esto se debe a que en el RealXtend las formas redondeadas se ven deformadas, mientras que estos polígonos permite subirlos con un aspecto bastante real.

Para finalizar se dibujó la conserjería que se encuentra a la entrada. Debido a su sencillez no hay nada más que comentar. Así se consiguió el modelado de la primera planta, cuyo resultado puede observarse en la figura 2.2.2-06



**Figura 2.2.2-06:** Planta Baja finalizada

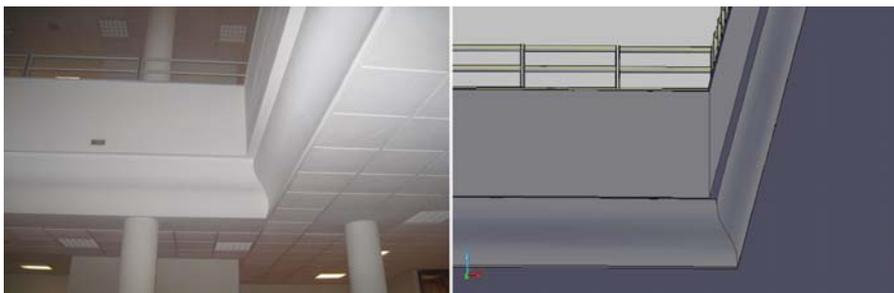
Unión Planta Baja con Planta1: Se llamó así al techo de la planta baja, que a su vez es el suelo de la planta 1. Esta unión se estructuró en dos partes bien diferenciadas, una de ellas la correspondiente a la zona central y la otra la zona de los extremos y los pasillos de los laboratorios.

Para modelar la unión en la zona de los laboratorios y de los extremos lo que se hizo fue dibujar con una polilínea el contorno de dicha zona y darle el espesor necesario. Fue necesario crear una capa nueva a la que se dio el nombre Techo. Para la zona central, fue necesario realizar un proceso diferente. Las partes que mayor número de complicaciones dieron fueron las correspondientes a la unión de esta pieza con las columnas (figura 2.2.2-07), la forma curva de la apertura central (figura 2.2.2-08), y los entrantes que tiene en el techo de la planta baja en su unión con las puertas.

Tras modelar esta parte de la estructura, se la dotó de una serie de adornos para darle un aspecto más realista.



**Figura 2.2.2-07:** Unión con las columnas



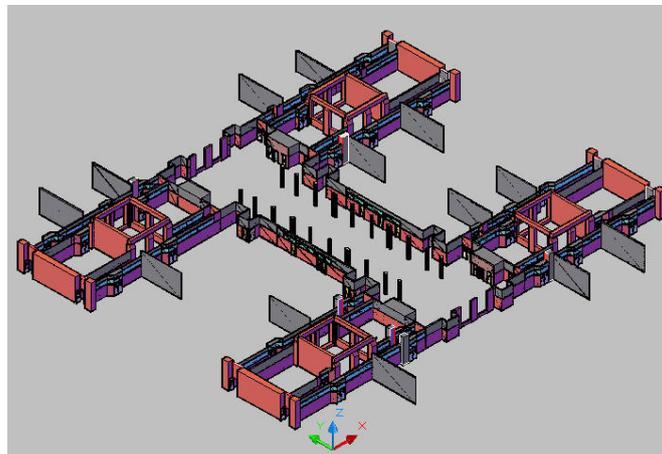
**Figura 2.2.2-08:** Forma curva en la unión

Planta 1: En un principio se pensó que esta planta sería idéntica a la de abajo y que podría hacerse de forma sencilla mediante el comando copiar y pegar. Pero tras una rápida observación se pudo constatar que no era así y que la distribución de los laboratorios presentaba variaciones, que aun sin ser excesivas motivaban reformar completamente el dibujo. Sin embargo se decidió no empezar de cero ya que podría ser más cómodo modificar la planta baja que realizar un dibujo nuevo.

De esta forma con las medidas correspondientes a esta planta se procedió a realizar las modificaciones necesarias para adecuar el dibujo a las medidas de la planta 1.

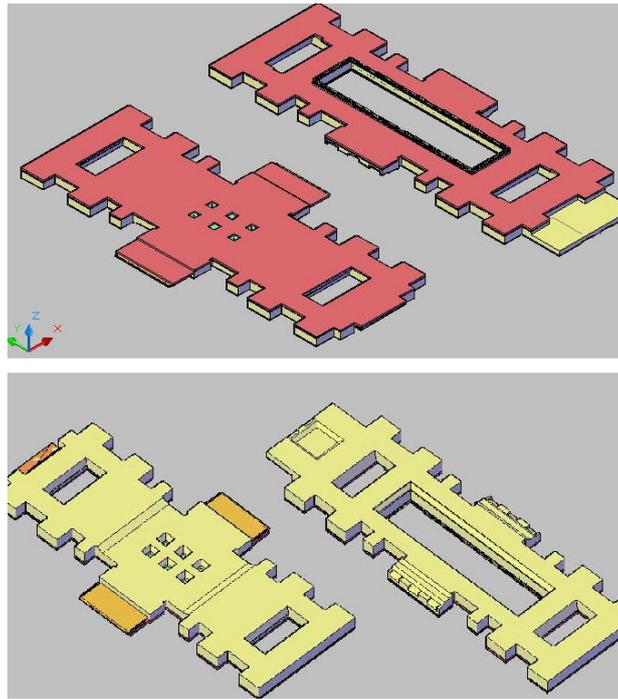
Otra diferencia significativa con respecto a la planta baja es en la zona que correspondería a las entradas de los patios, que en esta planta esta formada por cinco despachos. Para dibujarlos se añadió una pared a cada lado con sus correspondientes huecos para las puertas y cristales. Como a diferencia de los laboratorios, el marco para este cristal es de madera por lo que añadió una nueva capa llamada MarcoMadera.

También fue necesario modificar la parte equivalente a la entrada del edificio, ya que por motivos evidentes en la planta 1 no hay puertas sino ventanas. Se cambió de forma sencilla y con ello se dio por terminada esta planta. El resultado se puede ver en la figura 2.2.2-09.



**Figura 2.2.2-09:** Modelado de la Planta 1

Unión Planta 1 con Planta 2: El procedimiento seguido para modelar esta parte del edificio, fue similar a la otra unión, con una diferencia. Donde la unión anterior presentaba un vacío, esta unión presenta una serie de ventanas que dan a un patio interior. Puede observarse la diferencia entre ambas estructuras en la figura 2.2.2-10. Al igual que la anterior, la mayor complicación fue la de unir esta pieza con las columnas de las escaleras.



**Figura 2.2.2-10:** Diferencias entre las uniones

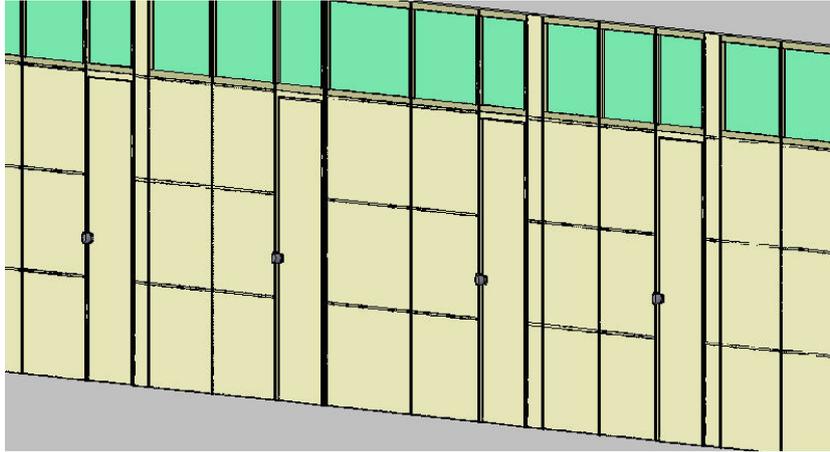
Planta 2: Aquí la distribución del edificio cambia completamente y además al comenzar el dibujo se carecía de referencias de los muro exteriores, pues como se explicó antes estos fueron realizados a partir de la estructura interna, de forma contraria a la hecha hasta ahora.

Se observó en primer lugar la distribución de la planta. Esta consta de dos pasillos largos y cuatro más pequeños en los extremos. Estos son simétricos dos a dos. Unos y otros se encuentran unidos por una zona que se llamó unión pasillos. La última zona fue la que se encuentra al subir de las escaleras o salir del ascensor.

La referencia que se tomó aquí fueron los ascensores, por ser estos constantes en todas las plantas. A partir de estos se construyó la zona que se encuentra justo alrededor de ellos y de la escalera.

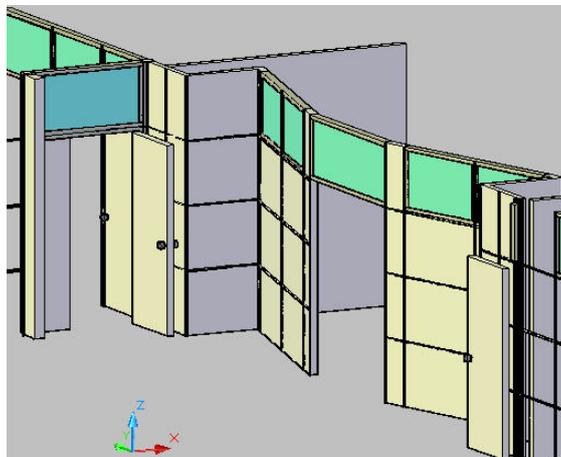
Al ser el material de los muros de color gris, se decidió dibujarlos con una capa con ese mismo nombre, Gris. Los marcos y los cristales, también tuvieron su propia capa, nombrada con su propio nombre, es decir Marco y Cristal.

Quizá el elemento más destacable de esta planta sean las tiras grises que se pueden observar en la figura 2.2.2-11 y que se encuentran en todas las paredes de los despachos. Por ser del mismo color que el muro, se incluyeron en la misma capa. Estas tiras se distribuyen de la siguiente forma: horizontalmente, hay tres que dividen la pared en cuatro partes iguales, mientras que verticalmente su distribución no sigue un patrón definido y fue necesario medirlas cada una individualmente para poder colocarlas adecuadamente. Además siempre se encontraban rodeando las puertas de los despachos.



**Figura 2.2.2-11:** Modelado de los pasillos en la planta de despachos

Una vez dibujada esta parte la siguiente fue por proximidad la de la unión de pasillos. Fue una zona especialmente complicada, debido a que a pesar de ser bastante pequeña, las paredes presentan una inclinación de aproximadamente  $75^\circ$  respecto a la perpendicular al suelo, puede verse este detalle en la figura 2.2.2-12. Al no trabajar con ángulos rectos el dibujo se hizo más difícil y hubo que recurrir a dibujar las paredes inclinadas aparte, moverlas el ángulo necesario después, y finalmente unirlos con el resto. Las cuatro uniones son idénticas por lo tanto una vez dibujada una, mediante simétricos fueron realizadas las demás.



**Figura 2.2.2-12:** Inclinación de  $75^\circ$

El siguiente paso fue la realización de los pasillos pequeños. Estos no presentaron mayor dificultad. Las capas fueron las mismas que utilizadas anteriormente y el dibujo se realizó rápidamente. Estos pasillos son iguales dos a dos por lo que fue necesario dibujar dos distintos y realizar dos simétricos.

A continuación se modelaron los dos pasillos largos que son idénticos con la salvedad de que están girados  $180^\circ$  uno con respecto al otro, por lo que una vez dibujado uno, bastó con girarlo para tener terminada la estructura interna de la planta 2.

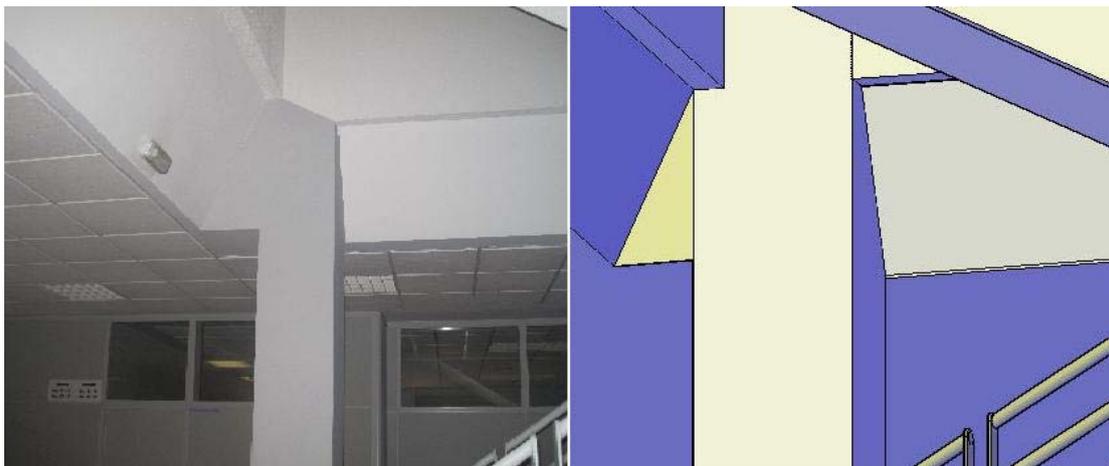
Para finalizar esta planta y aunque en principio correspondería a la estructura externa, se dibujaron los muros que delimitan el patio interior. Para ello y por no poder acceder directamente para realizar mediciones se tuvo que recurrir a los planos.

El resultado final fue el que aparece en la figura 2.2.2-13.



**Figura 2.2.2-13:** Modelado de la Planta 2

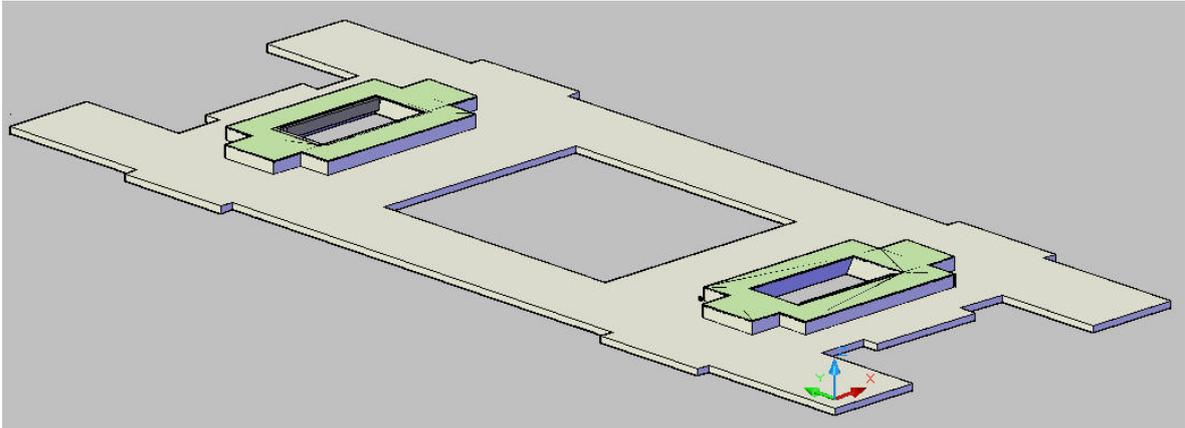
Unión Planta 2 con Planta 3: Para modelar esta parte del edificio, se realizó una polilínea que siguiera su contorno, y se extruyó. Esta unión presentó mayor complicación que las anteriores a la hora de unirla con las columnas centrales, debido a la forma triangular que sobresale. Puede observarse en la figura 2.2.2-14 la unión entre ambas, y el resultado obtenido en Autocad. Otra forma que se hubo que tener en cuenta para su modelado fue la parte central, que es un patio interior, y por tanto se debía eliminar esta parte.



**Figura 2.2.2-14:** Unión del techo con las columnas en la Planta 2

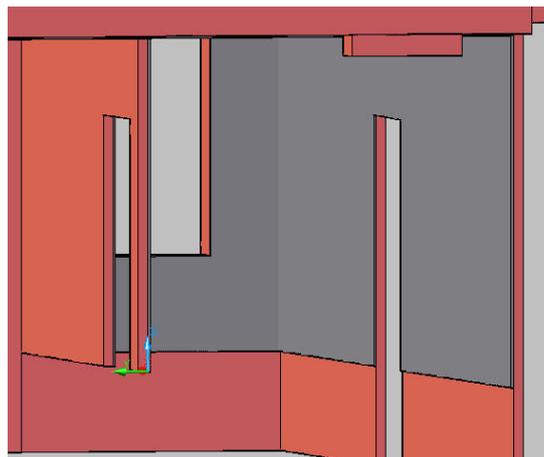
Planta 3: Esta planta es idéntica a la inferior y por lo tanto simplemente bastó con copiar la planta dos.

Unión Planta 3 con Planta 4: Esta unión, a pesar de ser la última que se modeló, y de contar con la experiencia que se adquirió con las anteriores, presentó una peculiaridad que la hizo especial. Se trata del techo de la tercera planta, que supone una gran extensión, unido al suelo de la cuarta planta, que es el más pequeño de todo el edificio. En la figura 2.2.2-15, puede observarse el resultado final de la unión, así como la diferencia comentada anteriormente.



**Figura 2.2.2-15:** Unión de la Planta 3 con la Planta 4

Planta 4: Debido a su reducido tamaño, esta planta fue la más sencilla y rápida de dibujar. Además al ser toda la pared del mismo material sólo se utilizó una capa, que se llamó como en plantas inferiores, ParedBlanca. La referencia que se tomó para el dibujo fue la única posible, las columnas de la escalera. Puede verse en la Figura 2.2.2-16, la parte interna de sus paredes, y como se sobrepone la pared blanca, al muro de ladrillo.



**Figura 2.2.2-16:** Pared Blanca en la última planta

Este piso está formado por dos estructuras completamente iguales e independientes entre sí y por lo tanto se colocó cada una en el sitio que le correspondía.

Con esto se dio por finalizada la estructura interna.

### 2.2.3.- Escaleras:

El diseño de las escaleras supuso un importante reto, ya que más adelante se utilizarían para determinar las cotas de los diferentes pisos. Esto obligó a ser especialmente meticulosos a la hora de tomar las diferentes medidas. El diseño de las escaleras se estructuró en dos grandes bloques. Uno de ellos formado por las escaleras que se sitúan en los extremos del edificio, y otro formado por las escaleras centrales. La situación de las mismas puede observarse en la figura 2.2.3-01.



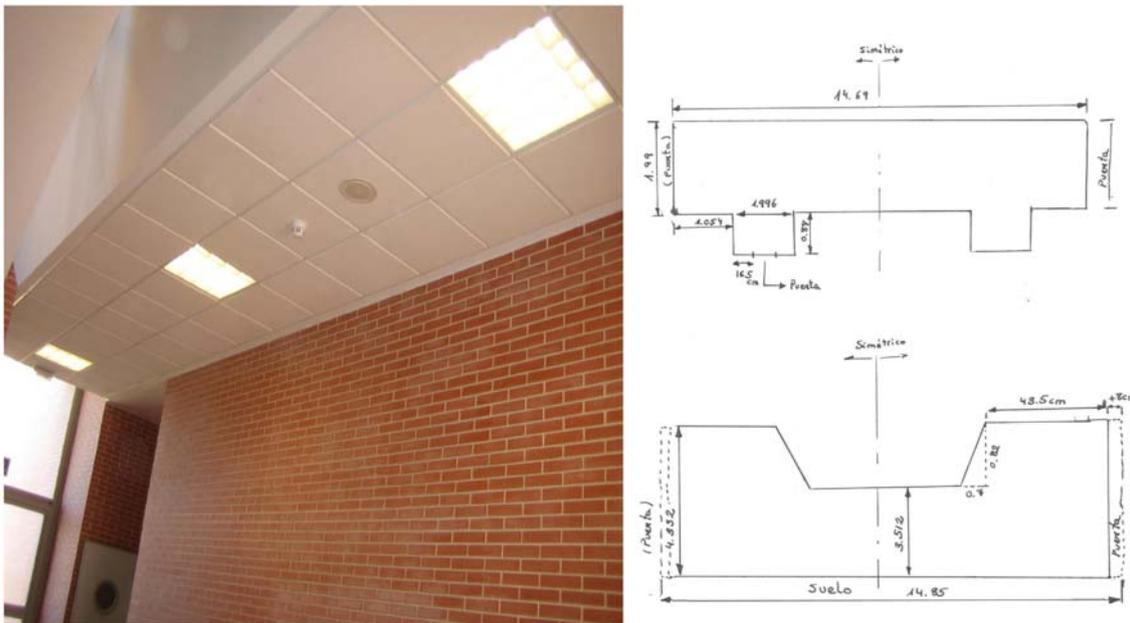
**Figura 2.2.3-01:** Situación de las escaleras en el edificio

Las que primero se diseñaron fueron las situadas en los extremos del edificio, proceso que duró una semana. El tiempo que llevó a cabo el diseño de las escaleras centrales no fue mayor que el de las anteriores, a pesar de ser más complejas y grandes. Esto se debió a que algunas partes de ellas se dibujaron a partir de las que están en los extremos (por ejemplo las barandillas).

A continuación se detallarán los diferentes pasos que dieron lugar al diseño de los dos tipos de escaleras.

Escaleras extremos: Estas escaleras se encuentran situadas en los extremos Sur y Norte del edificio (habiendo dos en el extremo Sur, y otras dos en el extremo Norte). Para su diseño se partió de la escalera que está situada en la cara SurOeste del edificio (véase la figura 2.2.3-01)

El primer objeto que de ellas se dibujó fue el techo, ya que sus medidas eran fáciles de tomar, y sus formas no presentaban grandes complicaciones (véase la figura 2.2.3-02). Éste techo encajaba perfectamente en las esquinas que forman la pared del edificio por dentro (véase figura 2.2.3-03).



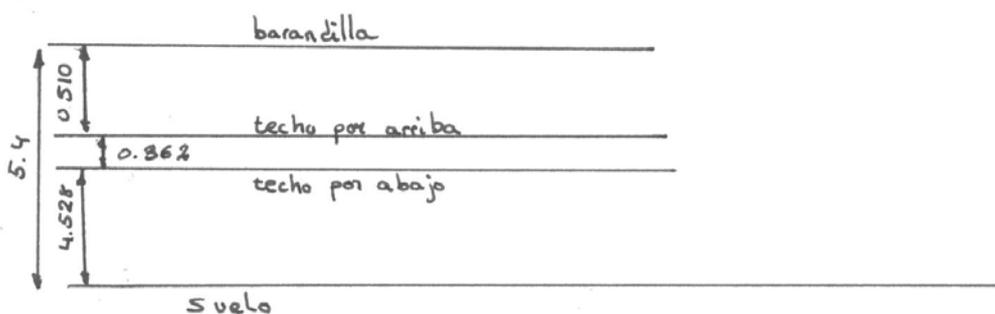
**Figura 2.2.3-02:** Techo de la escalera extremo SurOeste y sus bocetos



**Figura 2.2.3-03:** Techo de la escalera extremo SurOeste encajando en la esquina interior del edificio

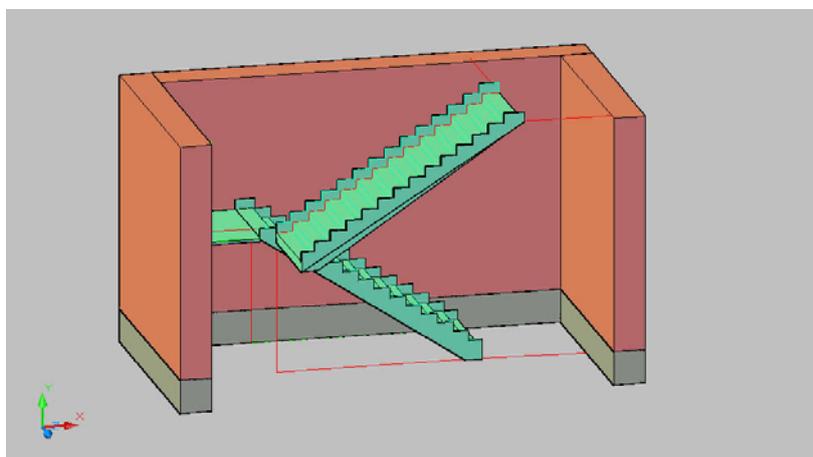
El siguiente paso fue determinar la altura que subían las escaleras. Para ello se tomaron 3 medidas directas: Del suelo de la Planta Baja a su techo (4.528m), del suelo de la Planta Baja a la barandilla de la Planta 1 (5.4m), y finalmente de la barandilla de la Planta 1 al suelo de la misma planta (0.510m). Así se pudo obtener de forma indirecta el espesor del suelo (0.362m). Estas medidas quedaron reflejadas en el boceto que aparece en la figura 2.2.3-04.

Otro paso crucial fue conocer la distancia que avanzaban las escaleras, medida que se tomó ayudándose de la pared, que se usó como referencia (3.59m).

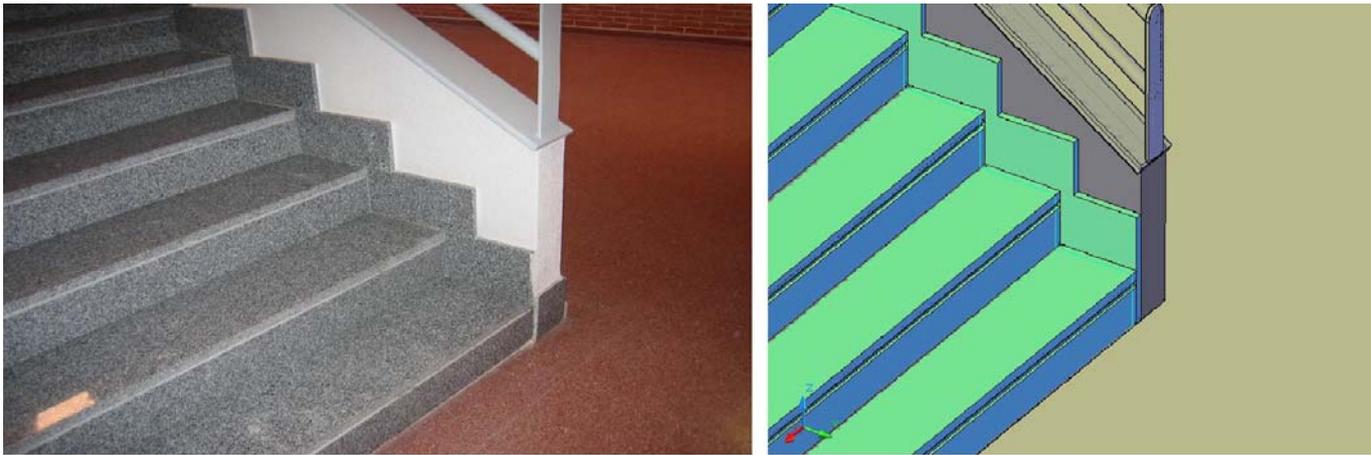


**Figura 2.2.3-04:** Boceto de alturas

Una vez determinadas estas dos medidas, se procedió a dibujar los escalones de la escalera, así como la zona intermedia entre ambas, en la (figura 3.2.3-05) se puede apreciar como en rojo se utilizaron las medidas auxiliares para encajar la escalera en su lugar exacto. A partir de los escalones, se dibujó el adorno de mármol que acompaña cada uno de los escalones, así como el hueco que tiene cada uno de ellos (figura 2.2.3-06)

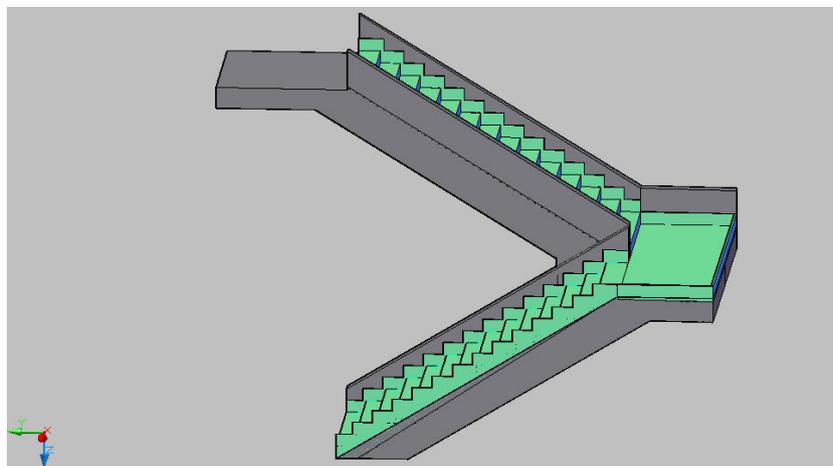


**Figura 2.2.3-05:** Escalones de mármol en Autocad



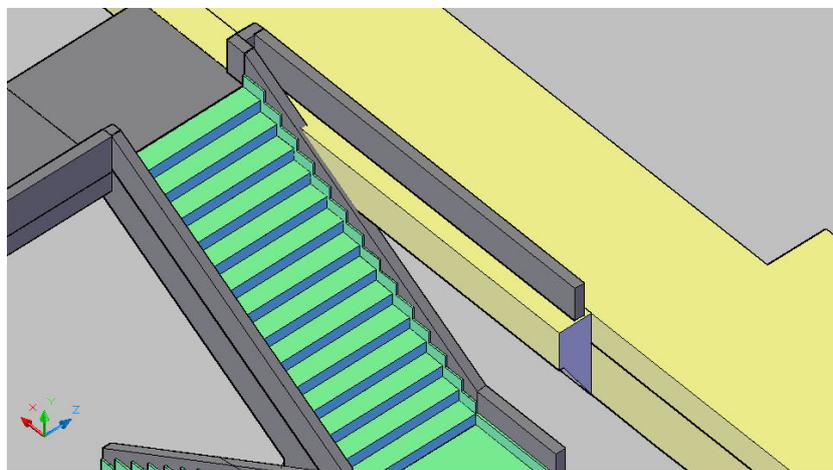
**Figura 2.2.3-06:** Fotografía real y resultado final de los escalones

A continuación se procedió a dibujar la parte de yeso que recubre las escaleras (figura 2.2.3-07).



**Figura 2.2.3-07:** Diseño en Autocad del yeso de las escaleras

El siguiente paso consistió en unir el techo con las escaleras, para verificar que todo encajaba perfectamente. Este paso no resultó satisfactorio, puesto que se comprobó que el techo se superponía con la barandilla de las escaleras (figura 2.2.3-08).



**Figura 2.2.3-08:** La barandilla se superpone al techo

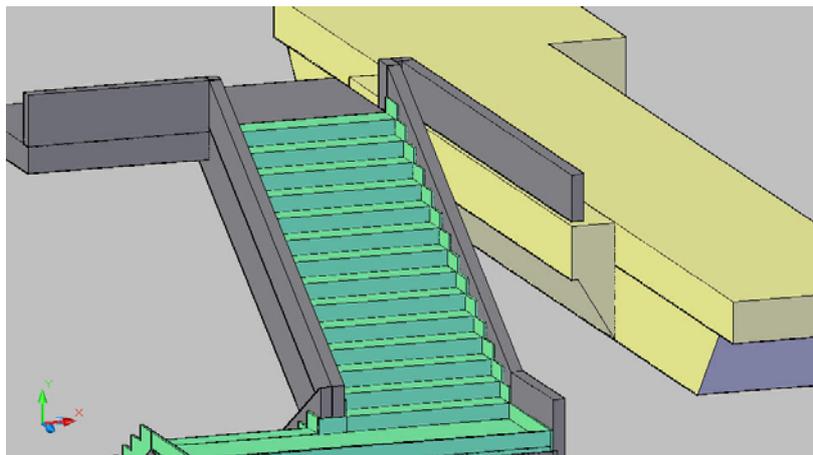
Tras ciertas comprobaciones sin obtener resultado, ya que todas las medidas tanto del interior como del exterior del edificio eran correctas, se propuso la idea de que fuesen los planos lo que eran erróneos, y así fue.

Esto se comprobó en la ventana circular del edificio, véase la figura 3.2.3-09, donde gracias a su accesibilidad, se midió el espesor del muro y se comprobó que el muro que se construyó no se ajustaba fielmente a lo que se especificaba en los planos. Este fallo de construcción fue lo que dio lugar a nuestro error.



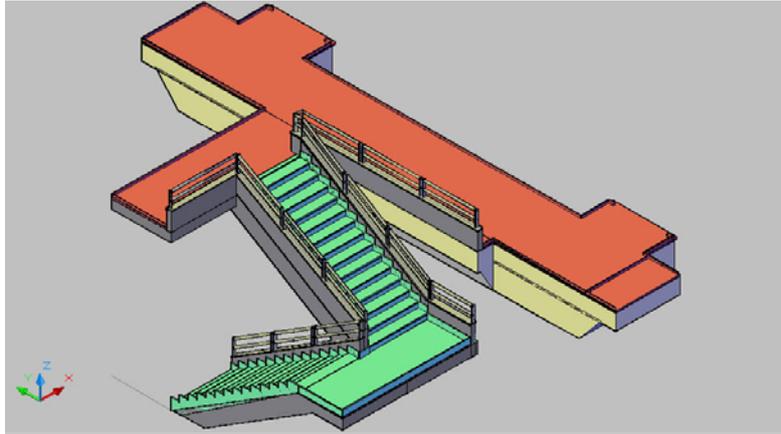
**Figura 2.2.3-09:** Descubriendo el espesor del muro

Tras corregir este error (figura 2.2.3-10), únicamente faltaba colocar las barandillas, y el suelo de la planta 1, así como los adornos de mármol rojo que bordean la parte inferior de las paredes. Para calcular el radio que de las barandillas, se midió el perímetro de su circunferencia, y mediante la fórmula  $2 \cdot \pi \cdot R = \text{perímetro}$ , se obtuvo el radio de las barandillas.



**Figura 2.2.3-10:** Error corregido

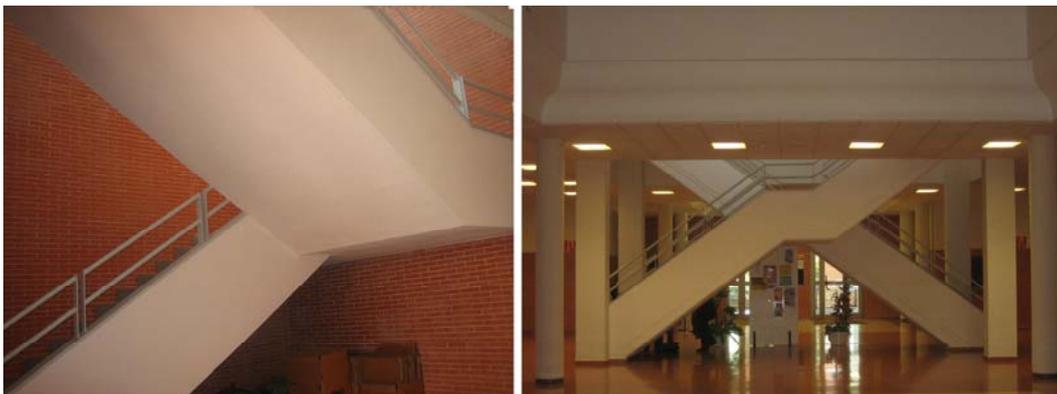
Así se consiguió dibujar la escalera 2 (figura 2.2.3-11), que es la que está situada en la cara SurOeste.



**Figura 2.2.3-11:** Escalera SurOeste en Autocad

A continuación el único paso que restaba era determinar si el resto de escaleras eran simétricas a esta o no, llegando al resultado esperado: Son simétricas 2 a 2.

Escaleras centrales: Estas escaleras están en la parte central del edificio, una al Oeste (que fue la que se tomó como referencia) y la otra al Este (que se dibujó a partir de la anterior). El procedimiento para dibujarlas, a pesar de que parezca muy parecido a las escaleras de los extremos, no fue así, ya que son de formas totalmente diferentes, a excepción de los escalones, y de los adornos de mármol que acompañan cada escalón, que en este caso si que se calcularon y dibujaron mediante el mismo procedimiento. Esta diferencia entre las dos escaleras puede apreciarse claramente en la Figura 2.2.3-12.



**Figura 2.2.3-12:** Diferencia entre las dos escaleras

Primero había que determinar uno o varios objetos que nos sirvieran de referencia para todas ellas, y se determinó que la mejor opción sería utilizar de referencia las columnas que suben desde la Planta Baja hasta el piso superior, y que acompañan a las escaleras en todo momento. Estas se pueden observar en la foto 2.2.3-13. Otro de los objetos que sirvió como referencia fueron las puertas del ascensor, que lógicamente han de estar alineadas (al igual que las columnas).



*Planta Baja*



*Primera Planta*



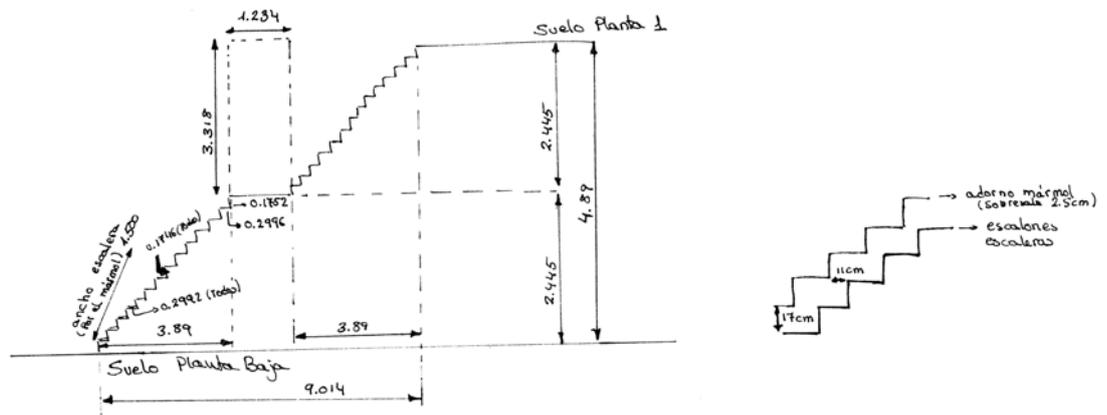
*Segunda Planta*



*Tercera Planta*

**Figura 2.2.3-13:** Columnas en los diferentes pisos acompañando a las escaleras

Una vez determinada la referencia, y siguiendo el mismo procedimiento que para las escaleras de los extremos se dibujó (a partir del boceto que aparece en la figura 2.2.3-14) la parte de mármol de las escaleras.

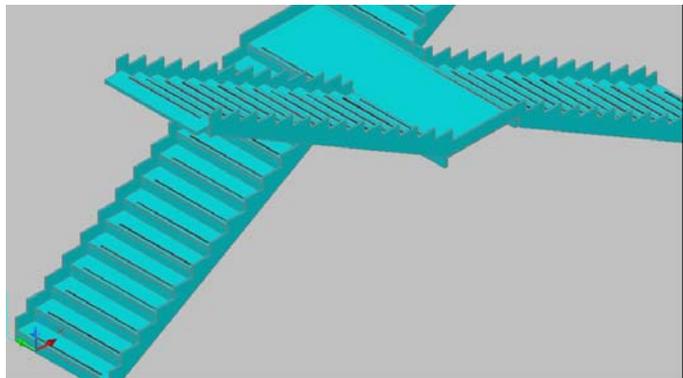


**Figura 2.2.3-14:** Boceto de las escaleras centrales

En este caso se añadía un nuevo elemento por cada escalón, que es una banda negra que lo recorre de lado a lado (figura 2.2.3-15) Inicialmente se creyó que su objetivo era decorativo, pero pronto se rectificó esta idea, ya que el objetivo que presenta es impedir resbalones. Así se llegó a conseguir la parte de mármol que se puede apreciar en la figura 2.2.3-16.

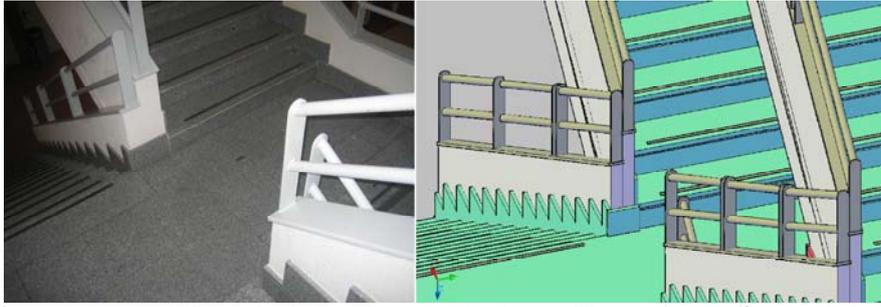


**Figura 2.2.3-15:** Adorno de mármol



**Figura 2.2.3-16:** Dibujo en Autocad

El paso siguiente fue la parte de yeso. Hubo un pequeño problema con esta parte, ya que se creía que todas las barandillas tenían la misma altura, y no es así, véase foto 2.2.3-17, donde puede observarse la fotografía de este detalle., y resultado obtenido en Autocad. También se tuvo en cuenta un adorno que tiene en la zona exterior del yeso, y que se puede observar en la fotografía 2.2.3-18.

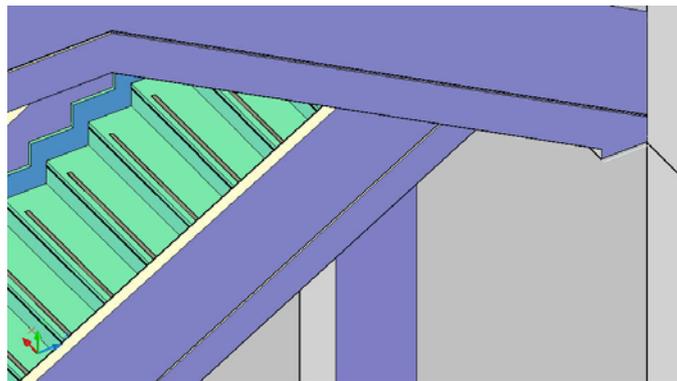


**Figura 2.2.3-17:** Diferencia de las alturas en las barandillas en fotografía y en Autocad



**Figura 2.2.3-18:** Adorno en el yeso de las escaleras

Esto provocó que se tuvieron que hacer una serie de modificaciones posteriores para conseguir ser fieles a la realidad. Finalmente se llegó a los resultados que se pueden apreciar en la figura 2.2.3-19.



**Figura 2.2.3-19:** Resultado final del adorno en Autocad

Tras realizar los pasos anteriores, se colocaron las barandillas y los elementos decorativos que conforman las escaleras.

El siguiente paso fue comprobar que todas las escaleras eran iguales. Esta comprobación no fue la esperada, ya que se descubrió que las escaleras que van desde la planta 2 hasta la planta 3 era diferente a las anteriores, además de que la escalera que sube de la planta 3 a la planta 4 tampoco era como la inferior a ella.

La escalera que sale de la planta 2 tiene la diferencia respecto a las escaleras inferiores en dos puntos cruciales:

Primero: Las escaleras que suben, no empiezan sus escalones en la columna, sino que están desplazados 0.610m hacia dentro.

Segundo: El número de escalones así como el desnivel, no es el mismo que en las otras escaleras. (De 14 escalones pasaron a 12, y de 4.89m de desnivel pasaron a 4.178).

Estos dos cambios motivaron la realización de nuevos bocetos y cálculos que se pueden apreciar en la figura 2.2.3-20.

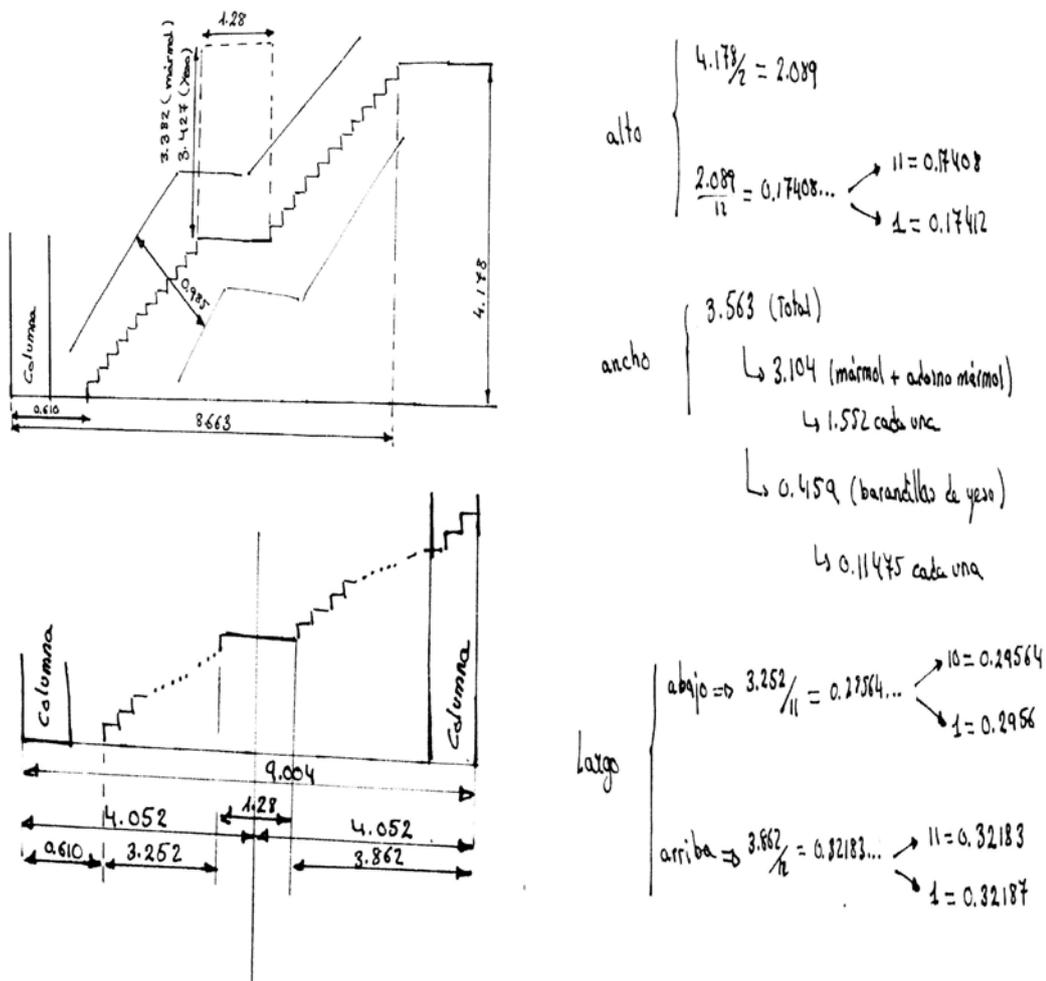
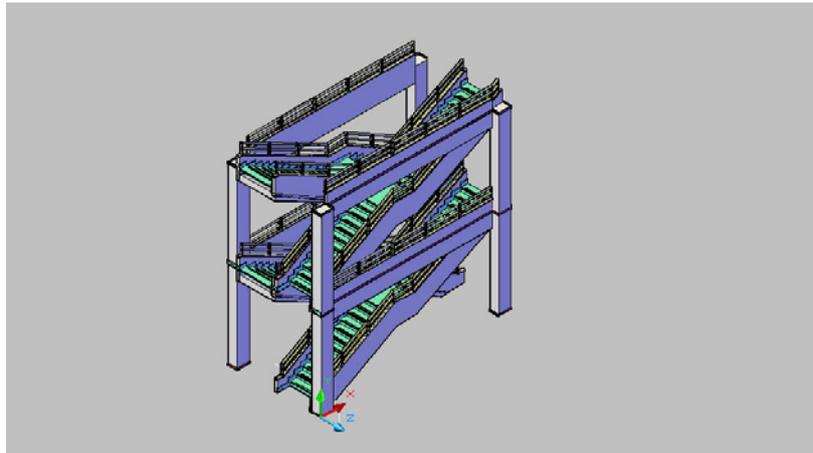


Figura 2.2.3-20: Bocetos y cálculos

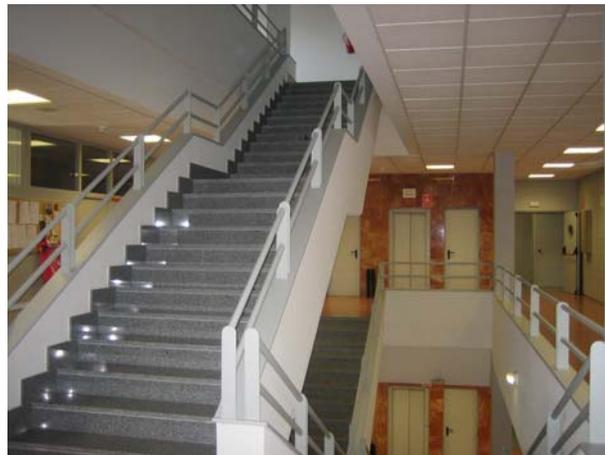
En este caso, cada uno de los escalones asciende el mismo desnivel (excepto el último, que asciende un poco más para compensar la coma flotante). Sin embargo, el largo de los escalones varía de una zona a la otra. Esto es consecuencia de los 0.610m de desplazamiento que tiene la escalera en su inicio. Todas estas medidas están detalladas en los bocetos que aparecen en la figura 2.2.3-20.

Finalmente se realizó el nuevo modelo de las escaleras de los dos últimos pisos, véase la figura 2.2.3-21. En ella se puede apreciar que al último piso llegan dos escaleras, que era lo que se creía inicialmente.

Cuando se fue a comprobar que todo estaba ajustado a la realidad se descubrió que al último piso solo llegaba una escalera (véase la foto de la figura 2.2.3-22) así que se tuvieron que realizar unos últimos reajustes para eliminar la escalera que sobraba.



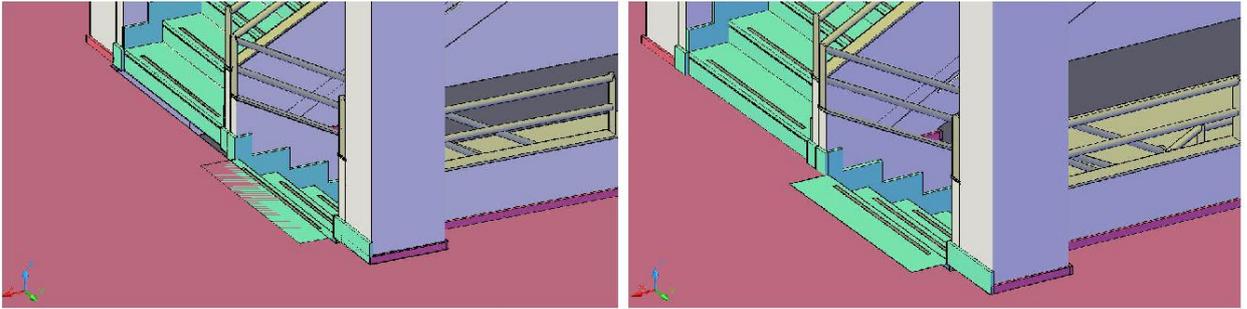
**Figura 2.2.3-21:** Modelo erróneo inicial



**Figura 2.2.3-22:** Escalera llegando al último piso

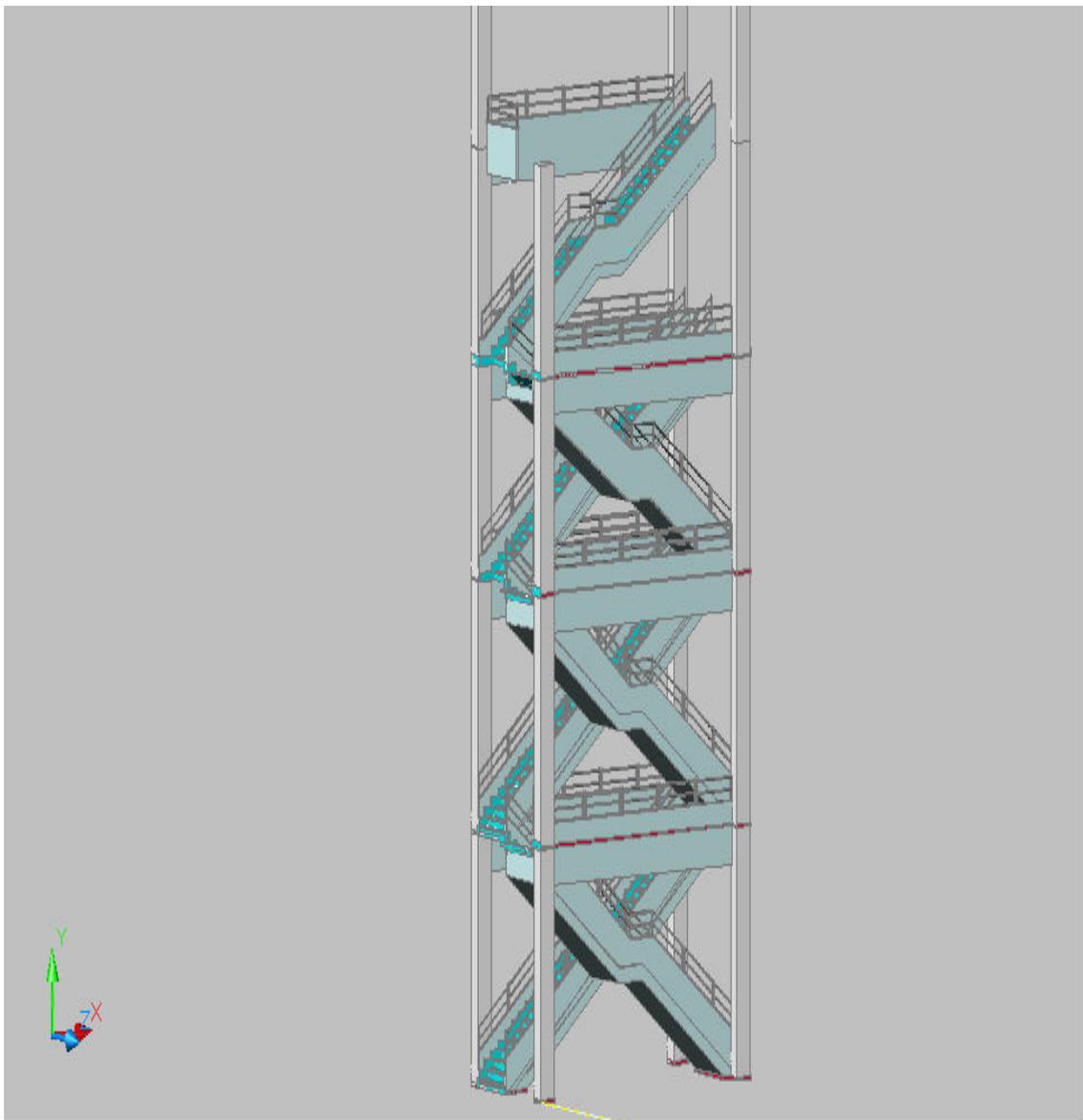
Una vez realizadas todas estas modificaciones, se unieron las escaleras (ayudándose de las columnas que eran la referencia), y se obtuvo las escaleras centrales de la zona Oeste. Las de la zona Este eran simétricas a ellas, con lo que no hubo ningún tipo de problema para obtenerlas a partir de las anteriores.

El último paso consistió en retocar todos los pequeños detalles de forma que al unir unos archivos con otros, todo encajara a la perfección. Una de estas modificaciones puede observarse en la figura 2.2.3-23, donde puede observarse en la parte izquierda de la misma la escalera superponiéndose con el suelo en la escalera que llega al piso 1, y un hueco entre el suelo y la escalera en la escalera que sale hacia el piso 2. En la parte derecha de la imagen estos dos errores se han corregido.



**Figura 2.2.3-23:** Últimos detalles en las escaleras

El resultado final de todo este proceso fue el dibujo que se puede ver en la figura 2.2.3-24, en donde solo aparece uno de los dos bloques de las escaleras centrales del edificio, y que es el que se dibujó primero, y a partir del cuál se obtuvo el otro bloque de escaleras que está situado justo enfrente de las mismas



**Figura 2.2.3-24:** Resultado en Autocad de las escaleras centrales

#### 2.2.4.- Cubiertas:

El principal problema que presentó el dibujo de las cubiertas del edificio fue la imposibilidad de acceder a ellas sin poner en peligro a ninguna persona, por lo que se tuvo que buscar un medio de obtener estas medidas de una forma diferente a la medición por láser. Se tomó una fotografía mediante el programa Google Earth, la cual permitió determinar una serie de referencias para el modelado de las mismas. Además de esta imagen, se tomaron una serie de fotografías desde algunos de los despachos de los profesores. Estas imágenes podemos apreciarlas en la figura 2.2.4-01.



**Figura 2.2.4-01:** Fotografías de las cubiertas

La siguiente cuestión que se planteó fue la pendiente que tenían las cumbres de las mismas. Este dato estaba en los planos (y era del 10%), pero no se tenía mucha confianza en ellos, así que se buscó un lugar adecuado para su comprobación. Este lugar se encontró en el último piso, donde es fácil el acceso a una parte de las cubiertas sin exponerse a los riesgos de caída. Se verificó entonces que en este caso la construcción y los planos si coincidían.

La primera cubierta que se dibujó fue la que se puede apreciar en la figura 2.2.4-02.



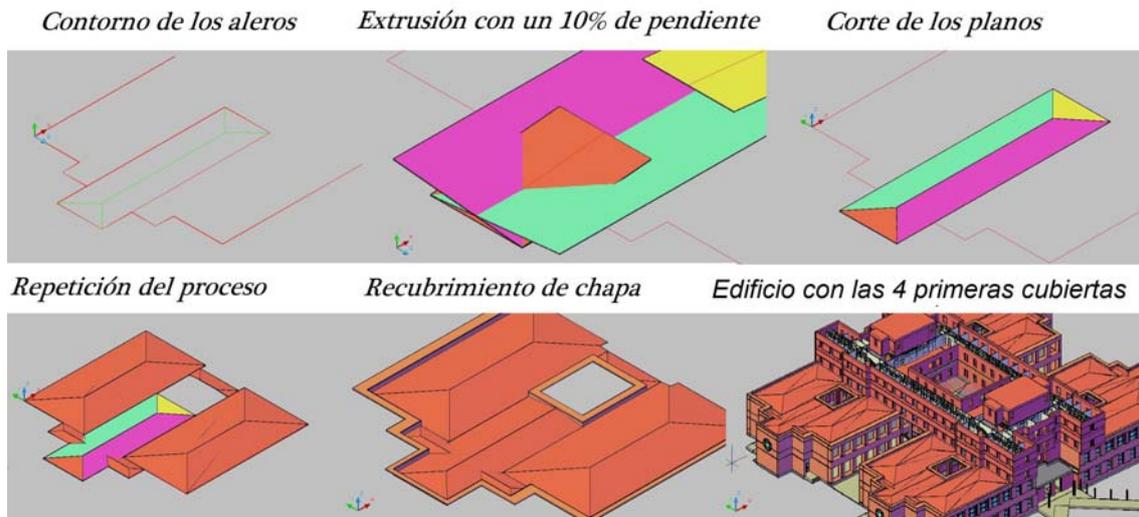
**Figura 2.2.4-02:** Primera cubierta modelada

El primer paso consistió en determinar el contorno de la cubierta. Para ello se accedió al archivo muro EsteSur y se dibujó el contorno. A continuación se accedió a la fotografía de Google Earth, en la que se pudieron tomar una serie de referencias para el modelado. Véase en la figura 2.2.4-03 las referencias que se tomaron.



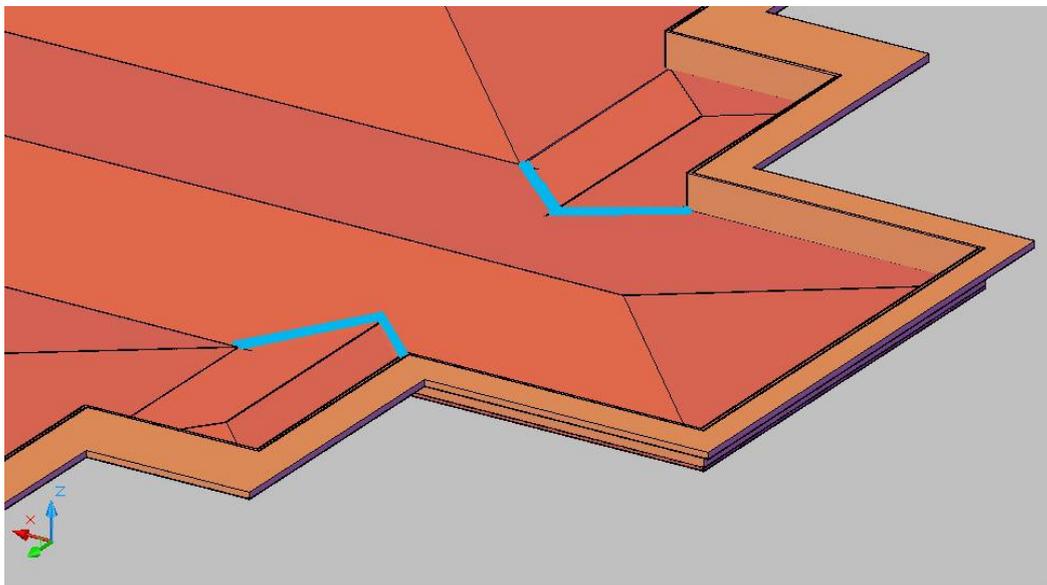
**Figura 2.2.4-03:** Vista aérea con las líneas de referencia

Una vez conocidos los aleros de las diferentes cubiertas, se procedió a su dibujo. A pesar de no parecer un gran reto, su modelado presentó un gran número de complicaciones. Una de ellas era el grosor de las cubiertas, que no aparecía en los planos, ni tampoco se pudo medir. Se decidió tomar 5cm de grosor de las cubiertas. El siguiente paso consistía en hallar las limatesas, limahoyas y cumbres. Esto se realizó sabiendo que todos los faldones tenían la misma pendiente, y por tanto, las intersecciones entre ellos serían las bisectrices de los ángulos que forman los aleros. Una vez conocidas estas intersecciones, se procedió a realizar los faldones de las cubiertas. Se puede observar este proceso en la figura 2.2.4-04, en la que aparece el proceso de creación de las 4 primeras cubiertas del edificio.



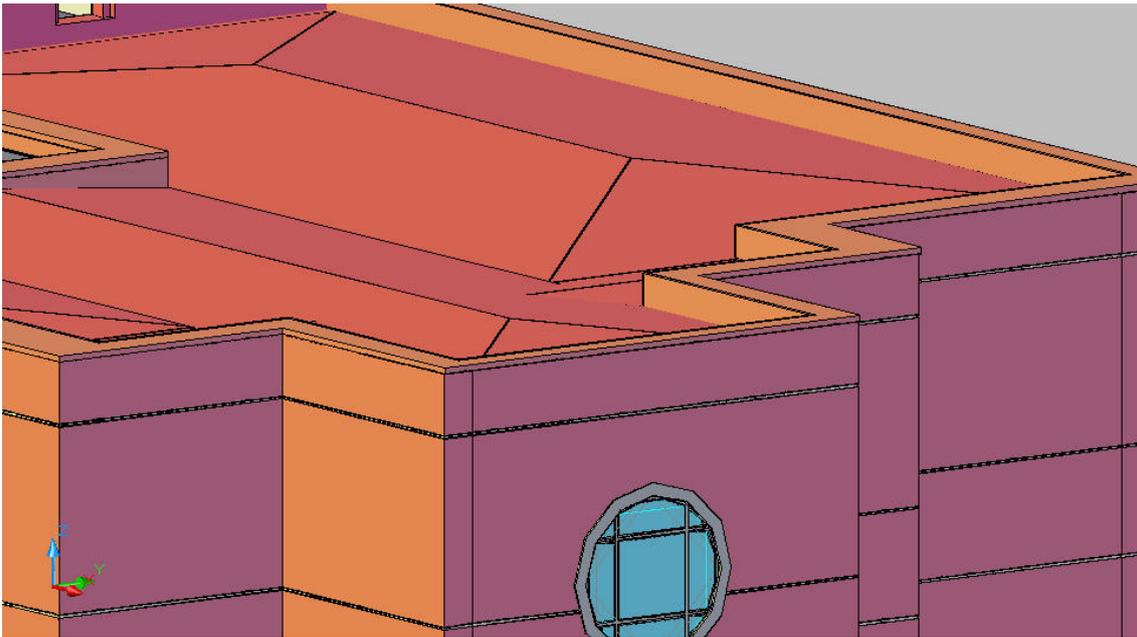
**Figura 2.2.4-04:** Proceso de creación de las 4 primeras cubiertas

Una de las partes que presentó alguna complicación añadida, fue la intersección de determinados planos. En la figura 2.2.4-05, podemos ver un ejemplo de ello, donde en color azul se aprecia la intersección entre varios faldones. Para conocer cual sería esta línea de intersección se dibujaron por separado, y una vez hechas, se usó el comando intersección del Autocad. Así se pudo saber cual era esa línea que determinaba el final de las mismas.



**Figura 2.2.4-05:** Intersección entre faldones

El siguiente paso consistió en unir las cubiertas con el edificio, mediante la chapa de color granate que se puede observar en la figura 2.2.4-06. El dibujo de esta chapa no supuso grandes complicaciones.



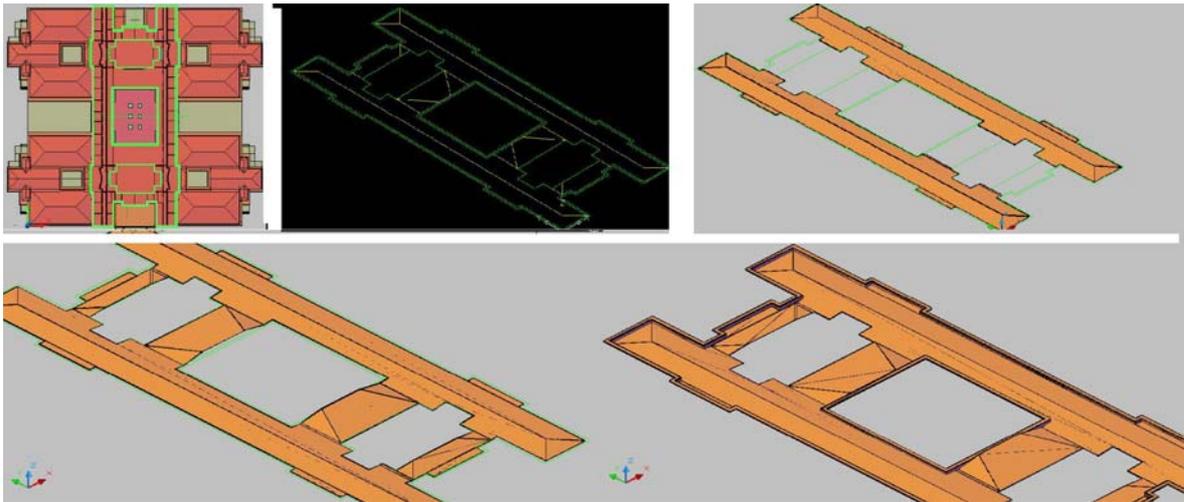
**Figura 2.2.4-06:** Chapa granate que une cubiertas y edificio

Las siguientes cubiertas que se modelaron fueron unas que se encuentran en la cara Oeste del edificio a la altura del primer piso. Estas no fueron complicadas de dibujar, ya que no cuentan con formas irregulares, ni tampoco intersecciones entre planos. La siguiente cubierta que se modeló fue la que se sitúa en la cara Este del edificio, que al igual que la anterior, no presentó complicaciones. Se pueden apreciar estas dos cubiertas en la figura 2.2.4-07.



**Figura 2.2.4-07:** Cubiertas

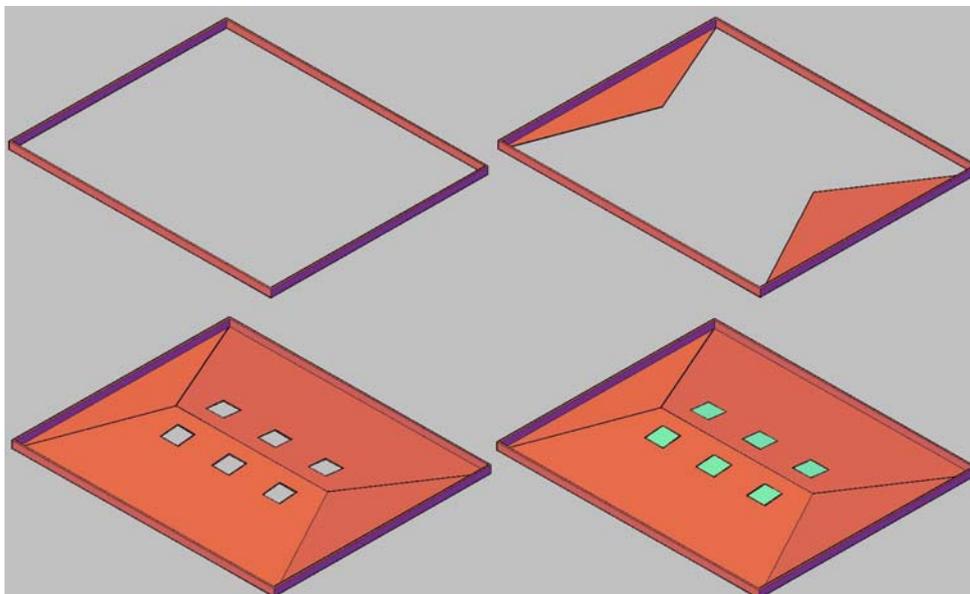
Se continuó con este proceso, con la cubierta que cubre el Piso 4 del edificio. Esta se dividió en 6 partes, y el desarrollo del modelado puede observarse en la figura 2.2.4-08, donde primero se tomaron las medidas utilizando como referencia la estructura del edificio, y a partir de ahí se prosiguió utilizando el mismo sistema que con las cubiertas anteriores.



**Figura 2.2.4-08:** Desarrollo de una de las cubiertas

A continuación se procedió con las cubiertas que se sitúan en la parte más alta del edificio, y que se dibujaron ayudándose de la fotografía de Google Earth.

Finalmente se modeló la última cubierta, que se encuentra en el patio interior, a la altura del segundo piso. Esta cubierta, si que supuso ciertas complicaciones, ya que presenta planos de diferentes pendientes, con intersecciones entre si, y además se debe unir correctamente con la Unión Piso 2 Piso 3 que se había dibujado previamente al modelar la estructura interna. Puede observarse en la figura 2.2.4-09 el proceso de modelado.



**Figura 2.2.4-09:** Modelado cubierta interior

Como puede observarse, las cubiertas se han modelado sin tener en cuenta todos los salientes que tienen, que pueden apreciarse en la figura 2.2.4-10, ya que la dirección que siguen dichos salientes no coincidía en muchos casos, ni tampoco el espesor de los mismos, además de ser una complicación añadida que se pudo solucionar más adelante, mediante el uso de texturas con el programa RealXtend.



**Figura 2.2.4-10:** Detalles de las cubiertas

Se consiguió así el modelado de todas las cubiertas del edificio, cuyo resultado final puede observarse en la figura 2.2.4-11.



**Figura 2.2.4-10:** Vista de las cubiertas del edificio

### 2.2.5.- Interiores

La idea inicial consistía en modelar todos los interiores de la Planta Baja, y de la Planta 1. Como ya se explicó anteriormente, esta idea se rechazó, para así poder abarcar el edificio entero, con lo que se tomó la decisión de modelar exclusivamente los cuartos de baño, y el laboratorio H3.

El cuarto de baño que se decidió modelar fue el que se sitúa en la Planta Baja, justo al lado derecho de la puerta de entrada al edificio. Esta decisión se basó en que es el primero de todo el edificio, y por tanto el más utilizado por la mayoría de las personas que hallan estado alguna vez en el edificio. Más adelante se explicarán cada uno de los elementos que lo componen, así como su tabiquería interior.

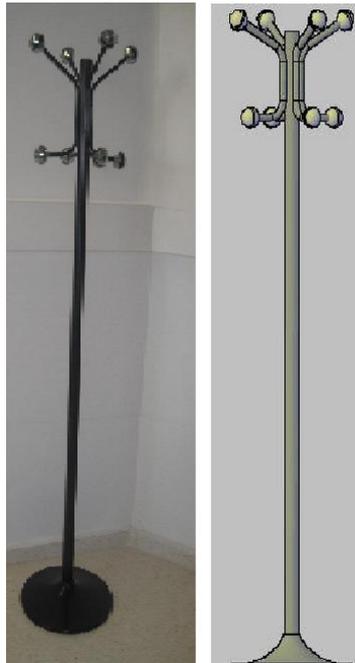
La otra dependencia que se dibujó fue el laboratorio H3, que se sitúa en la Planta 1, en la zona SurOeste. La decisión de modelar este laboratorio se basó en que es el laboratorio de Dibujo, y por tanto, todos los alumnos de la escuela lo conocen. Se explicará más adelante el proceso que se siguió para ello.

Cuartos de baño: Se inició este proceso dibujando la tabiquería del baño. Y posteriormente se modeló el suelo del mismo. Tras este paso, se modelaron las puertas del baño. Una vez realizada esta parte, se comenzó a dibujar cada uno de los elementos que lo componen. En la figura 2.2.5-01 podemos ver algunos de los elementos que se modelaron. Finalmente se colocaron cada uno de ellos en su respectivo lugar.



**Figura 2.2.5-01: Elementos del baño**

Laboratorio H3: Al igual que los cuartos de baño, se inició el modelado del mismo con la tabiquería, y se prosiguió con el mobiliario. Al ser una serie de mesas y ordenadores que se repiten, se hizo un modelado, y se repitió una y otra vez. Más adelante se añadieron los elementos que no se repiten, tales como el perchero, la pizarra...puede observarse en la figura 3.2.5-03 alguno de estos elementos que componen el mobiliario de este despacho. Así se llegó al resultado que se puede observar en la figura 3.2.5-04.



**Figura 2.2.5-03:** Modelado de las perchas del laboratorio H3

Con estas dos dependencias se dio por finalizado el modelado de los interiores.

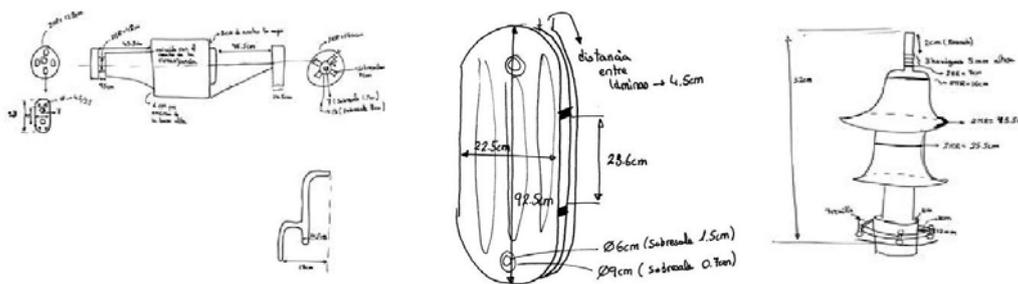
### 2.2.6.- Mobiliario

Máquinas: Esta serie de máquinas se encuentra en el hall del edificio, y su finalidad no es estructural ni tampoco funcional, como por ejemplo los extintores, las escaleras, las cubiertas etc. Por este motivo no son un elemento que sea imprescindible para el edificio. Se decidió dibujar esta serie de máquinas por la importancia que tienen desde el punto de vista de que son una serie de objetos que dan vida y personalidad al edificio, ya que si fuesen retiradas de su ubicación actual, no pasaría desapercibido para nadie que conozca el edificio. Se puede observar en la figura 2.2.6-01 la situación de las mismas en el hall del edificio.



**Figura 2.2.6-01:** Situación de las máquinas en el edificio

El problema principal que se tuvo al dibujarlas fue que no se contaba con planos de las mismas, lo que dificultaba la labor. Se puede observar en la figura 3.2.6-02 los bocetos que se hicieron de algunas de las partes de las mismas.



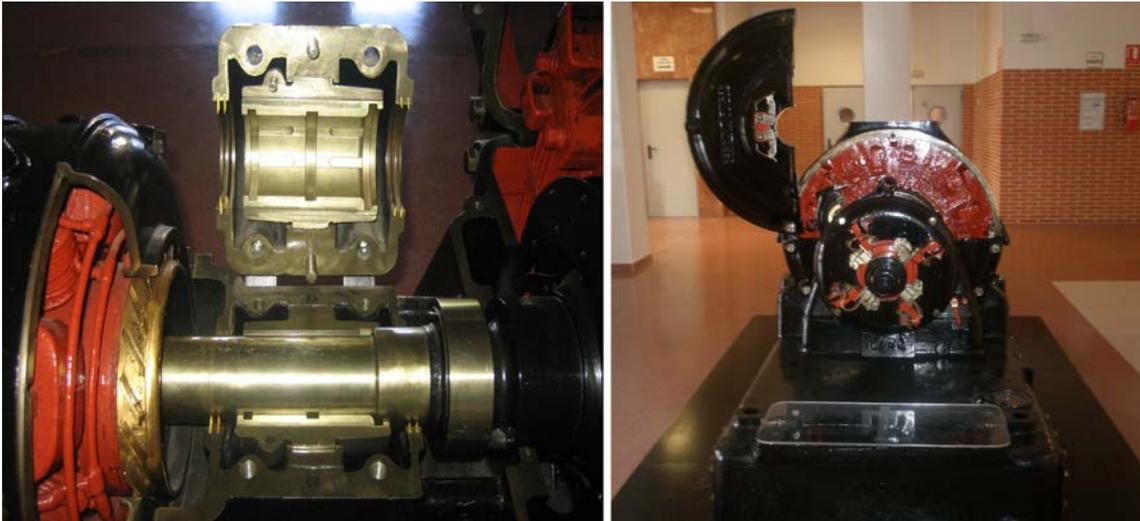
**Figura 2.2.6-02:** Bocetos de algunas partes de las máquinas

A favor se contaba con la decisión de no dibujarlas al cien por cien de detalle, ya que el dibujo de las mismas con el máximo detalle puede suponer muchísimas complicaciones y se hubiera tardado en ello muchísimo tiempo, descuidando así otros aspectos del edificio que tienen mayor importancia. Se puede observar en la figura 2.2.6-03 los pequeños detalles que presentan las máquinas.



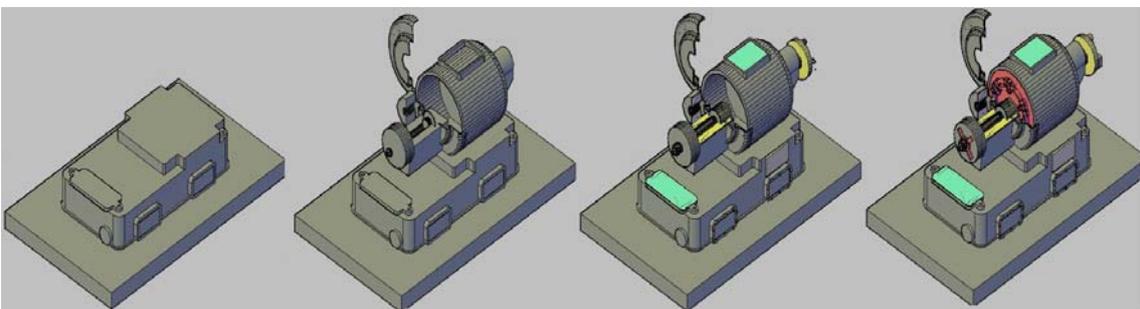
**Figura 2.2.6-03:** Detalles de las máquinas

La primera de las máquinas que se dibujó fue el alternador que se sitúa justo delante de las escaleras, y que fue el más difícil de dibujar, ya que tiene formas irregulares y cortes en sus piezas para poder apreciar las partes interiores. En la figura 2.2.6-04 se pueden apreciar estos cortes y detalles que hacen más difícil su modelado.



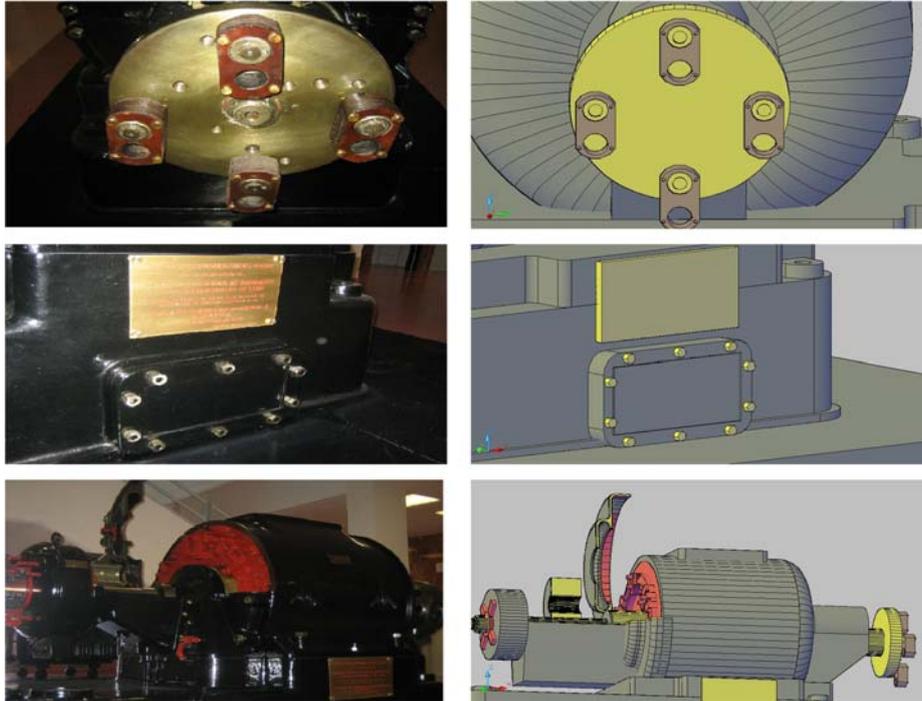
*Figura 2.2.6-04: Cortes en el alternador*

La primera parte que se dibujó fue la base, y a partir de la misma se fueron colocando los ejes y demás objetos que conforman el alternador. Puede observarse esta evolución en la figura 2.2.6-05. Un problema que se añadía era que por algunos lados del corte, el color era diferente que por el opuesto, con lo que se complicó su modelado en la parte final.



*Figura 2.2.6-05: Modelado del alternador*

Finalmente se llegó a los resultados que se pueden observar en la figura 2.2.6-06, en donde podemos apreciar la máquina desde distintos puntos de vista, dibujados a Autocad y en fotografía.



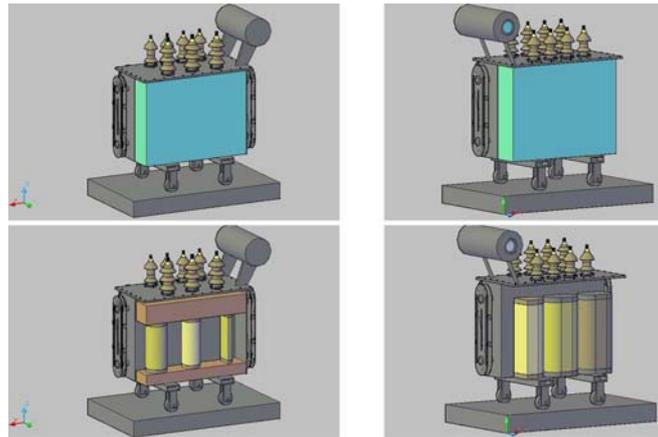
**Figura 2.2.6-06:** Resultado final del alternador

La siguiente máquina que se dibujó fue el transformador que se sitúa al otro lado de la escalera. Esta máquina contaba con un nuevo material, con el que no se sabía que hacer a la hora de dibujarlo. Este material es el cristal que envuelve parte de la máquina, y que se puede apreciar en la figura 2.2.6-07.



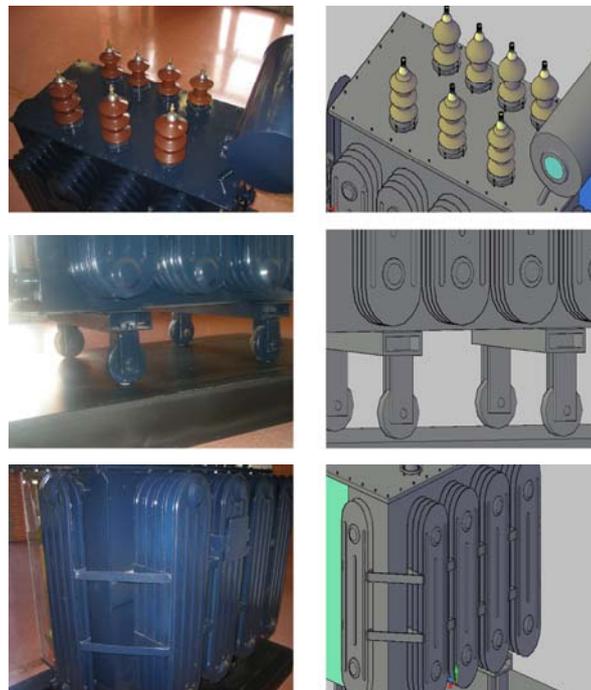
**Figura 2.2.6-07:** Cristal en el transformador

El dilema que se planteaba era si dibujarlo o no, ya que no se sabía a ciencia cierta si se podría dar textura de cristal en el RealXtend. Tras una serie de pruebas en las que se determinó que no sólo podíamos poner textura del cristal, sino que además podíamos determinar su opacidad, se tomó la decisión de dibujarlo. En la figura 2.2.6-08 podemos ver los dos transformadores con y sin el cristal.



**Figura 2.2.6-08:** Transformadores con y sin cristal

Al igual que en el alternador, se comenzó por la base y a partir de la misma, se modeló el resto. Se puede observar en la figura 2.2.6-09 los resultados obtenidos en Autocad, al lado de la imagen real para su comparación.



**Figura 2.2.6-09:** Resultado final del transformador pequeño

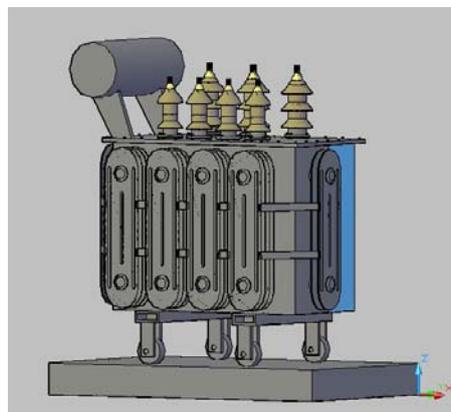
La siguiente que se dibujó fue el otro transformador, y que difiere del anterior en una serie de detalles que podemos observar en la figura 2.2.6-10.

Estos son la forma y el tamaño de los elementos que se encuentran tras el cristal. La forma de las barras que sujetan el cilindro superior, y la forma de los salientes negros que en el pequeño son de forma circular en su parte superior e inferior, y en el grande son cuadrados, a parte de que hay una fila más de ellos.



**Figura 2.2.6-10:** Diferencias entre transformadores

La semejanza entre estos dos transformadores hizo que para su modelado se tomaran dos pasos. El primero fue escalar las máquinas, se tomó una medida de referencia (en nuestro caso el alto del cristal), y se midió en la máquina pequeña 958 milímetros, y en la grande 1224 milímetros. Dividiendo una entre otra, se obtuvo el factor de escala 1.27766. El siguiente paso consistió en retocar las pequeñas diferencias de los dos transformadores. Finalmente se llegó al resultado que puede observarse en la figura 2.2.6-11.



**Figura 2.2.6-11:** Resultado final del transformador grande

La siguiente máquina que se modeló fue la que se sitúa junto al segundo transformador, y que comparte base con este. Se trata de un interruptor para alta tensión.

Puertas: Las puertas suponen un elemento del mobiliario que, al igual que las ventanas, puede considerarse indispensable para este proyecto. Es el lugar por el que todas las personas que hallan entrado alguna vez al edificio, han tenido que atravesar, por lo que son un elemento indispensable de modelar.

Las primeras puertas que se modelaron son las que se encuentran en las zonas de los extremos (junto a las ventanas circulares). Se puede apreciar el nivel de detalle en la figura 2.2.6-12.



*Figura 2.2.6-12: Puerta de una de las entradas*

Se prosiguió con el modelado del resto de las puertas del edificio. Dado que son todas muy parecidas, no se pondrán más fotos.

Ventanas: Para el modelado de las ventanas, se hizo necesario una medición de cada una de sus partes, ya que no aparecían en los planos ninguno de sus detalles. Se comenzó con las ventanas situadas en el muro EsteSur. Este muro presenta dos tipos de ventanas, de igual altura, pero de diferente anchura. En la figura 2.2.6-13 puede verse este muro, y los dos tipos de ventanas que se encuentran en él.



*Figura 2.2.6-12: Dos tipos de ventana en el muro*

Para el modelado de las ventanas se tuvo en cuenta cada uno de los salientes que presentan, lo cual supone una complicación. En la figura 3.2.6-02 puede verse una serie de anotaciones, en uno de los bocetos que se hicieron de las ventanas, indicando las dimensiones de cada uno de estos salientes.

Las ventanas del edificio tienen pequeñas diferencias unas de otras, con lo que se tubo que modelar varios tipos de ventanas. En la figura 3.2.6-03 puede observarse una pequeña muestra de algunas de las ventanas del edificio.



**Figura 2.2.6-13:** Muestra de la gran variedad de ventanas que presenta el edificio

El resultado final de una de las ventanas puede observarse en la figura 2.2.6-13, donde se aprecia la gran fidelidad que se las quiso dar, debido a la importancia de las mismas en el resultado final del proyecto, ya que son un objeto que se repite muchas veces, y de fácil acceso.

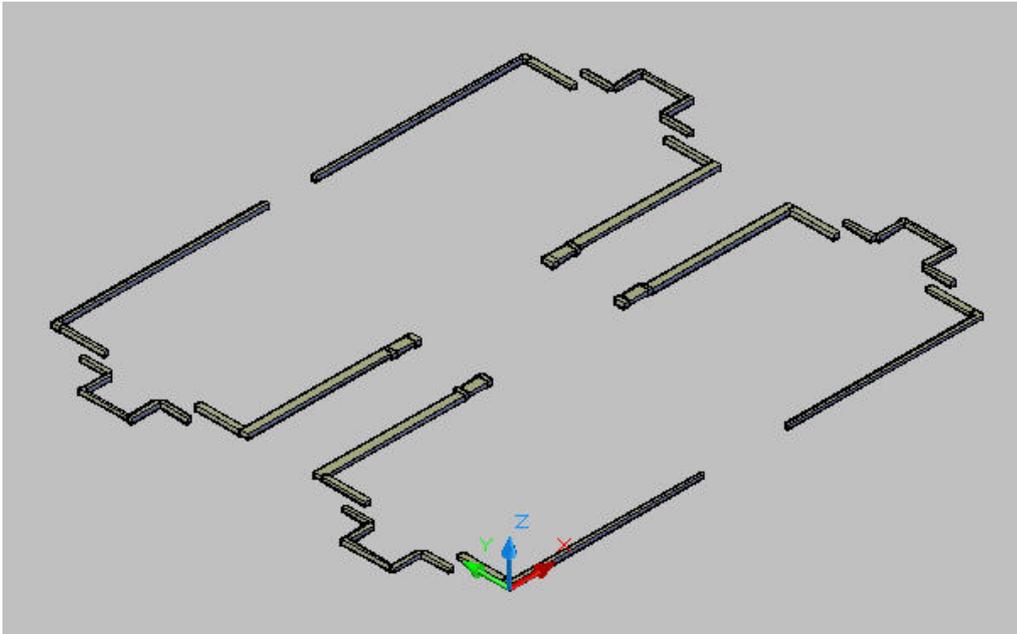


**Figura 3.2.6-04:** Detalles en una de las ventanas

### 2.2.7.- Evolución del edificio en AutoCAD:

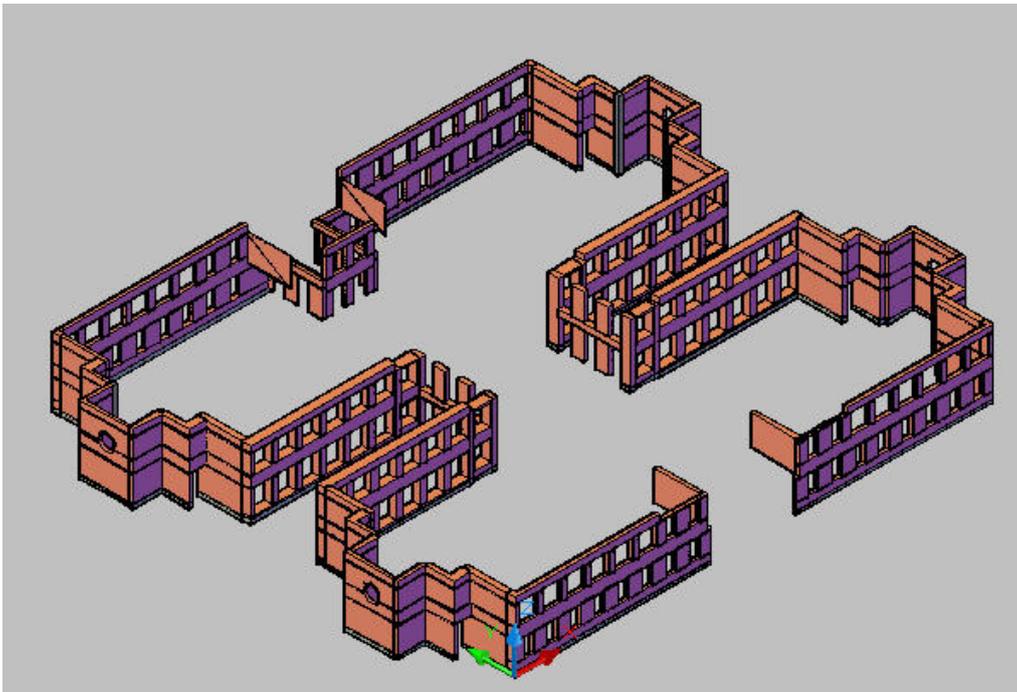
En este apartado se va a detallar visualmente como ha evolucionado el edificio, a lo largo de este proyecto, mediante se iba avanzando en el dibujo.

Lo primero que se realizó fue la estructura exterior. Se comenzó por el muro gris.



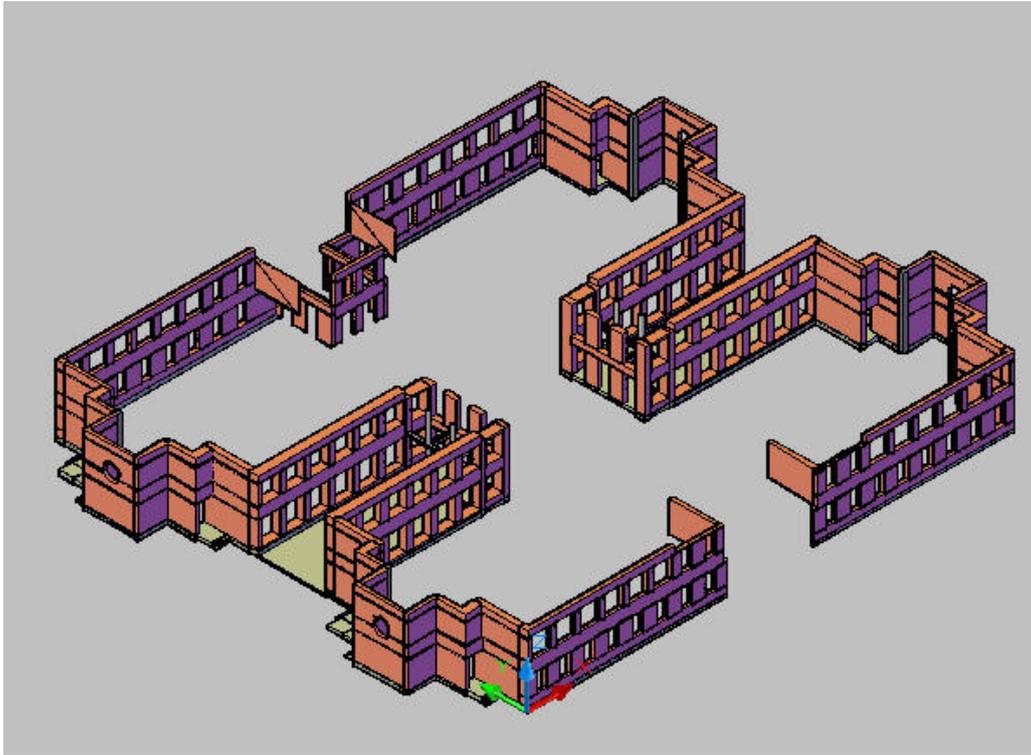
**Figura 2.2.7-01:** Muro Gris que rodea el edificio

Lo siguiente fue el ladrillo rojo que se encuentra encima del muro anterior



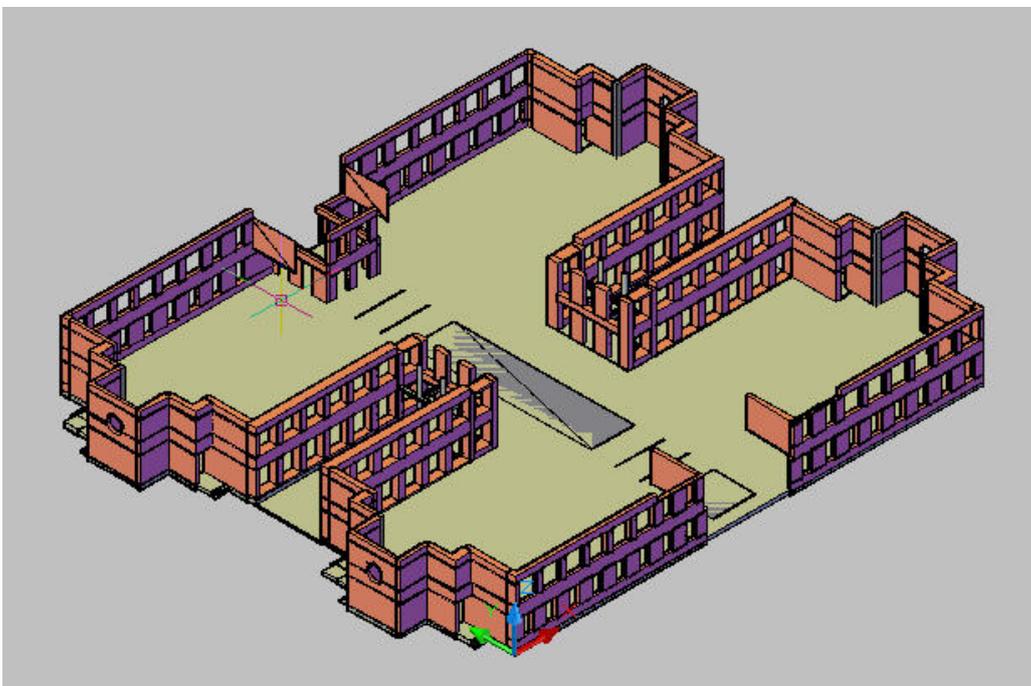
**Figura 2.2.7-02:** Ladrillo rojo

Las escaleras exteriores, así como los patios y sus correspondientes adornos fueron los siguientes elementos introducidos.



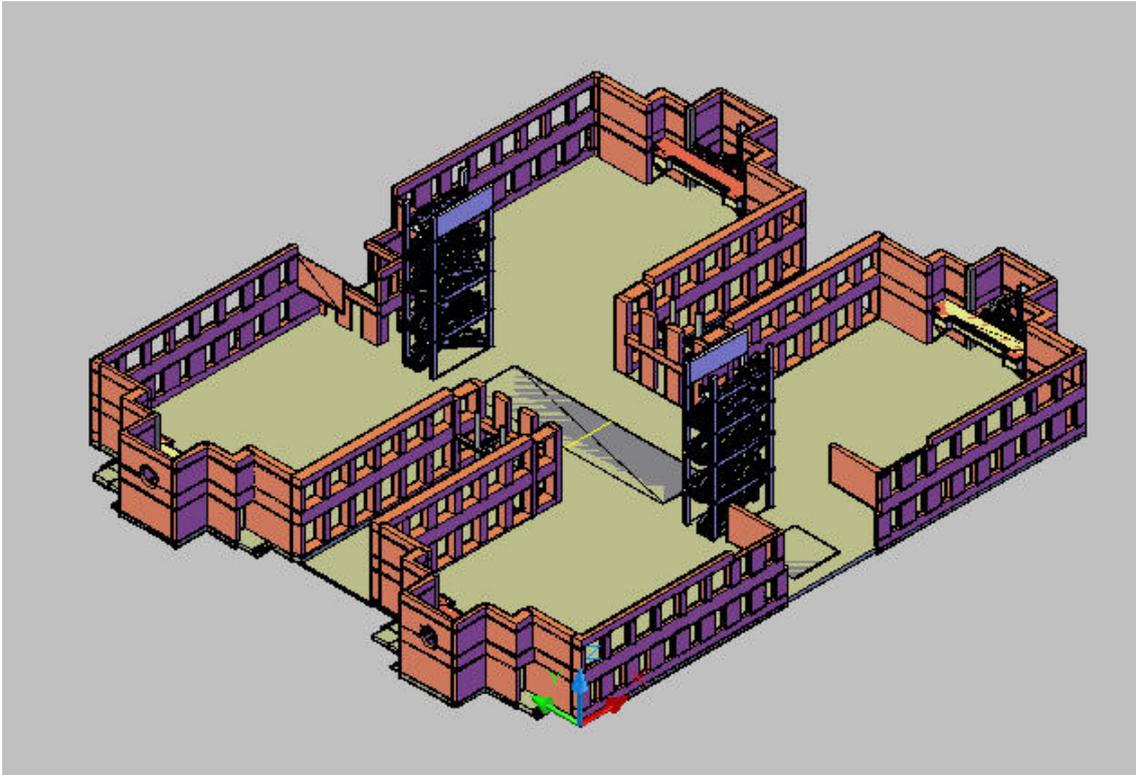
**Figura 2.2.7-03:** Estructura externa

El suelo interior se dibujo en siguiente lugar:



**Figura 2.2.7-04:** Suelo interior

Las escaleras, tanto las centrales como las de los extremos se dibujaron a continuación para poder tenerlas como referencia para las alturas.



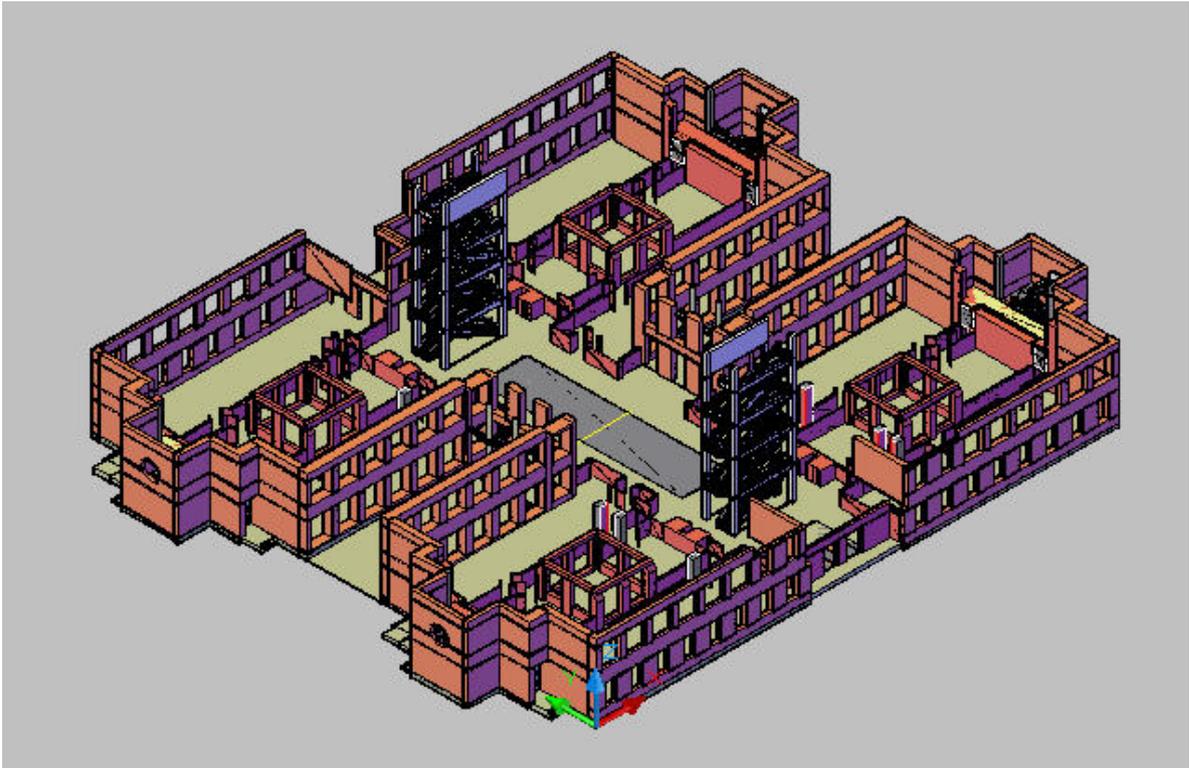
**Figura 2.2.7-05:** Escaleras

Después se aprovechó para dibujar algunas de las puertas exteriores



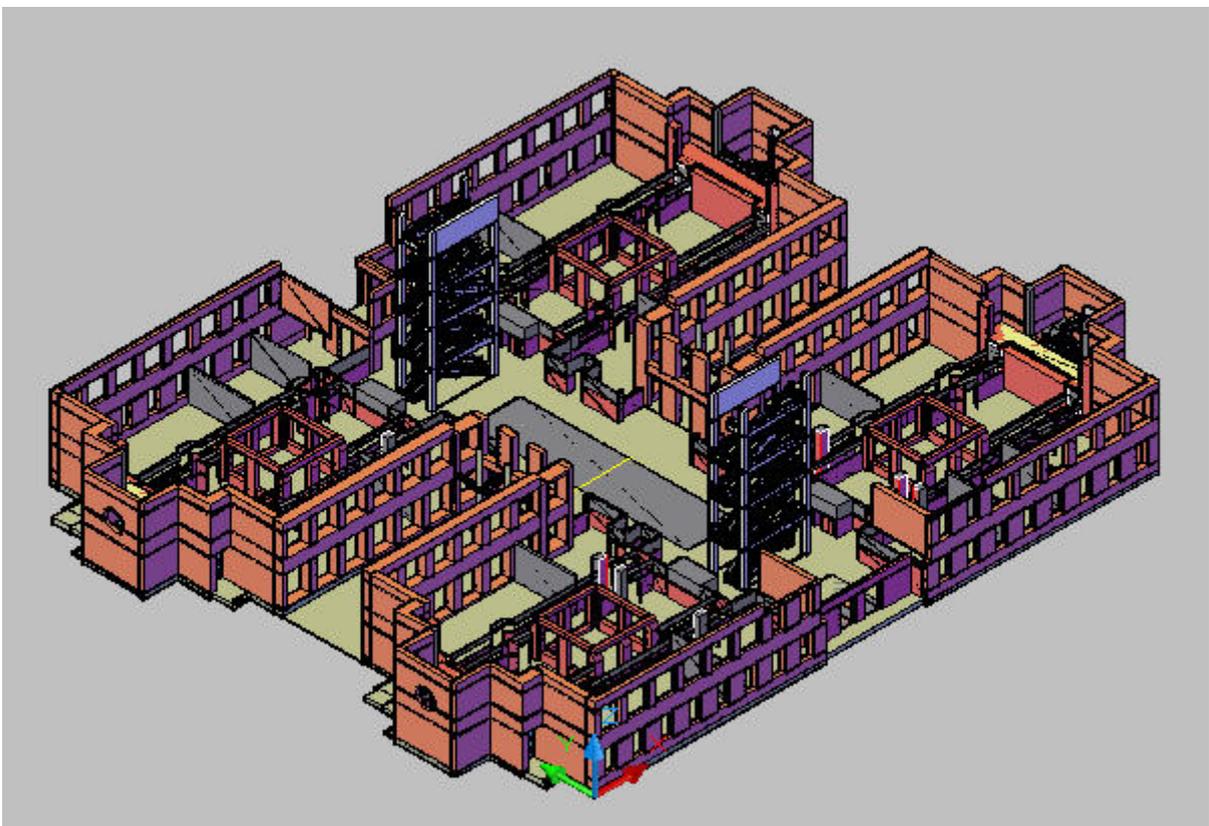
**Figura 2.2.7-06:** Puertas de emergencia

El siguiente paso fue el ladrillo rojo de la planta baja.



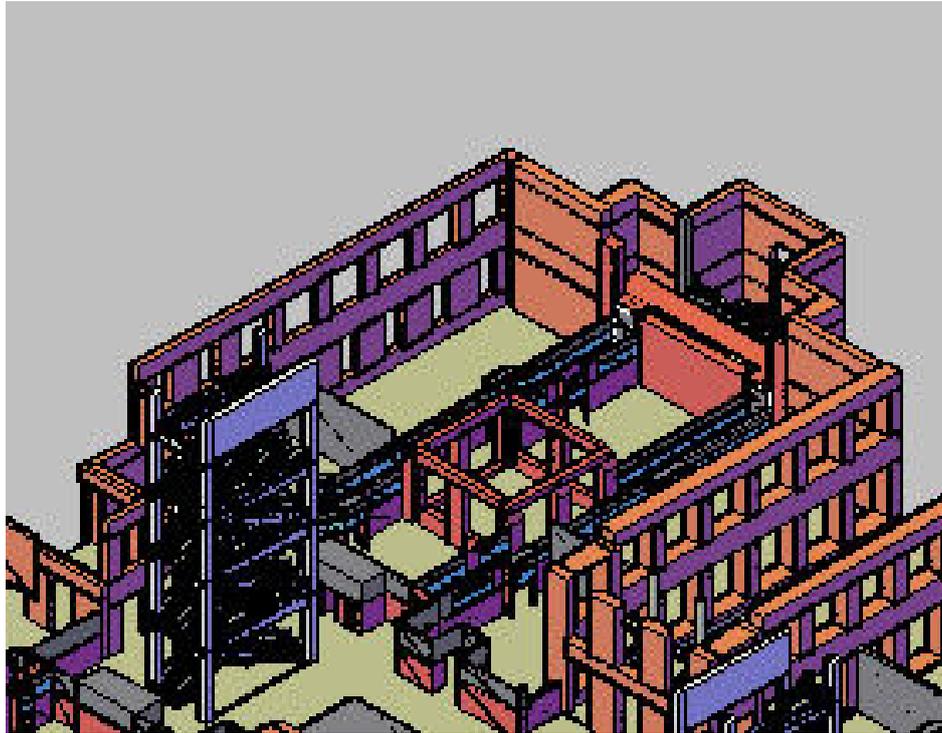
**Figura 2.2.7-07:** Paredes de ladrillo rojo de planta baja

La pared blanca que está justo encima así como las paredes que dividen los laboratorios, se modelaron justo después.



**Figura 2.2.7-08:** Paredes blancas

Se completó este paso con los cristales de los laboratorios y el marco de los mismos.

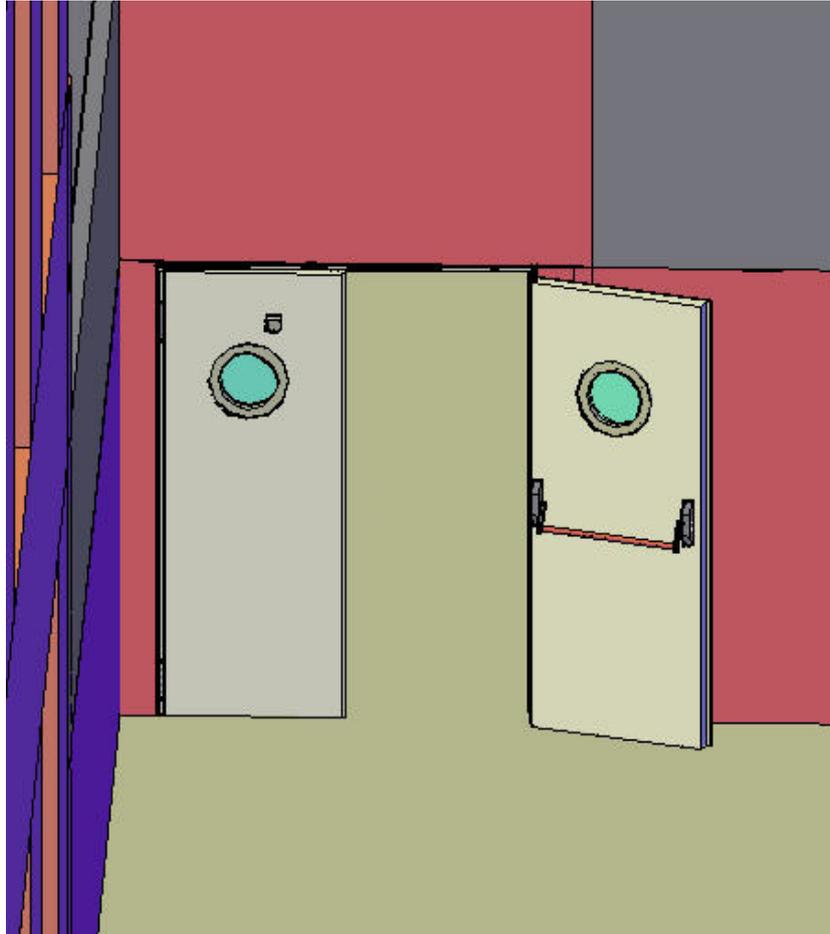


*Figura 2.2.7-09:* Cristales de laboratorios

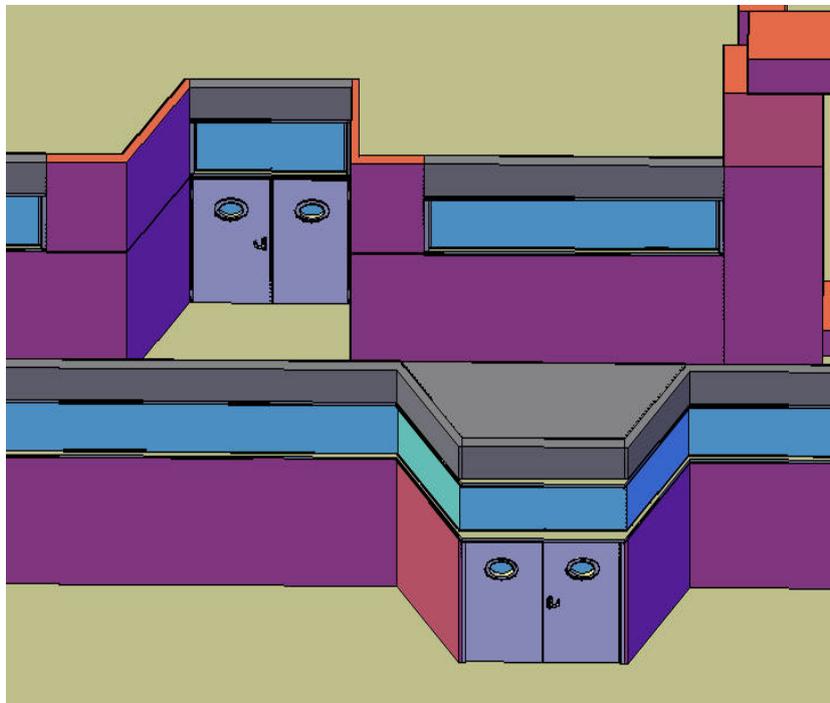
Para seguir un orden lógico, faltaban las puertas que se encuentran a lo largo de la planta baja, además del mármol del ascensor.



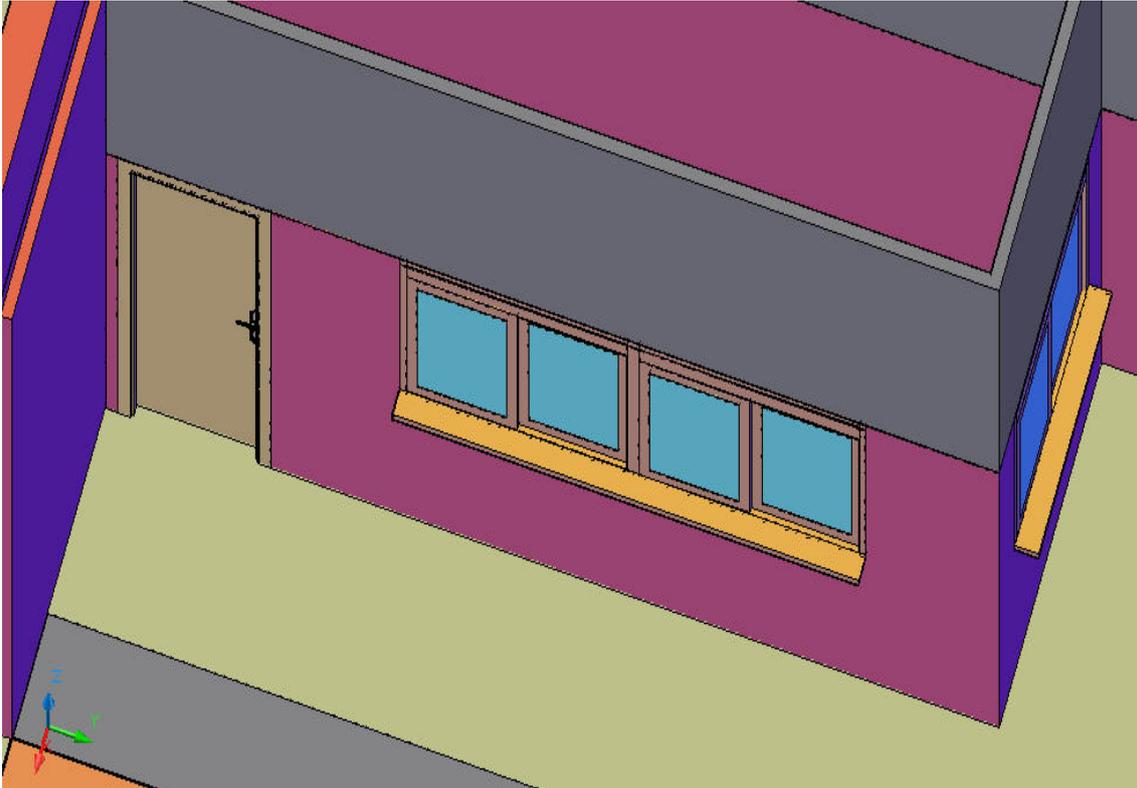
*Figura 2.2.7-10:* Ascensor



**Figura 2.2.7-11:** Puertas de los pasillos

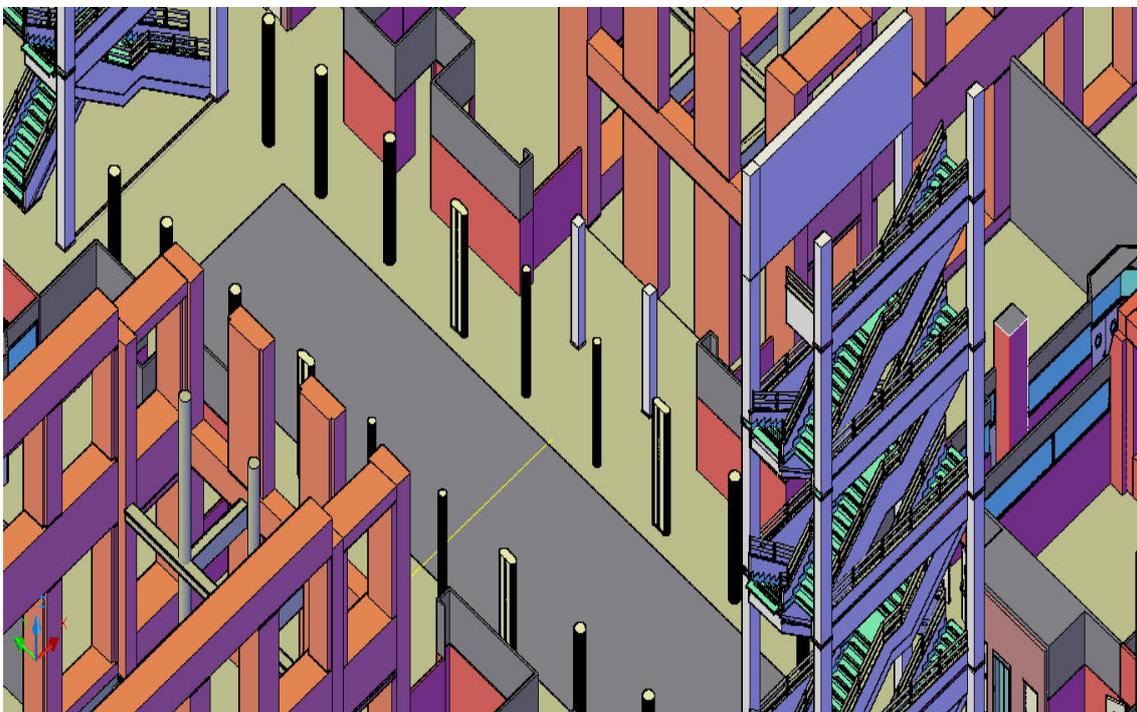


**Figura 2.2.7-12:** Puertas de los laboratorios



**Figura 2.2.7-13:** Zona de conserjería

Las columnas que se encuentran en la parte central completan el modelado de la planta baja.



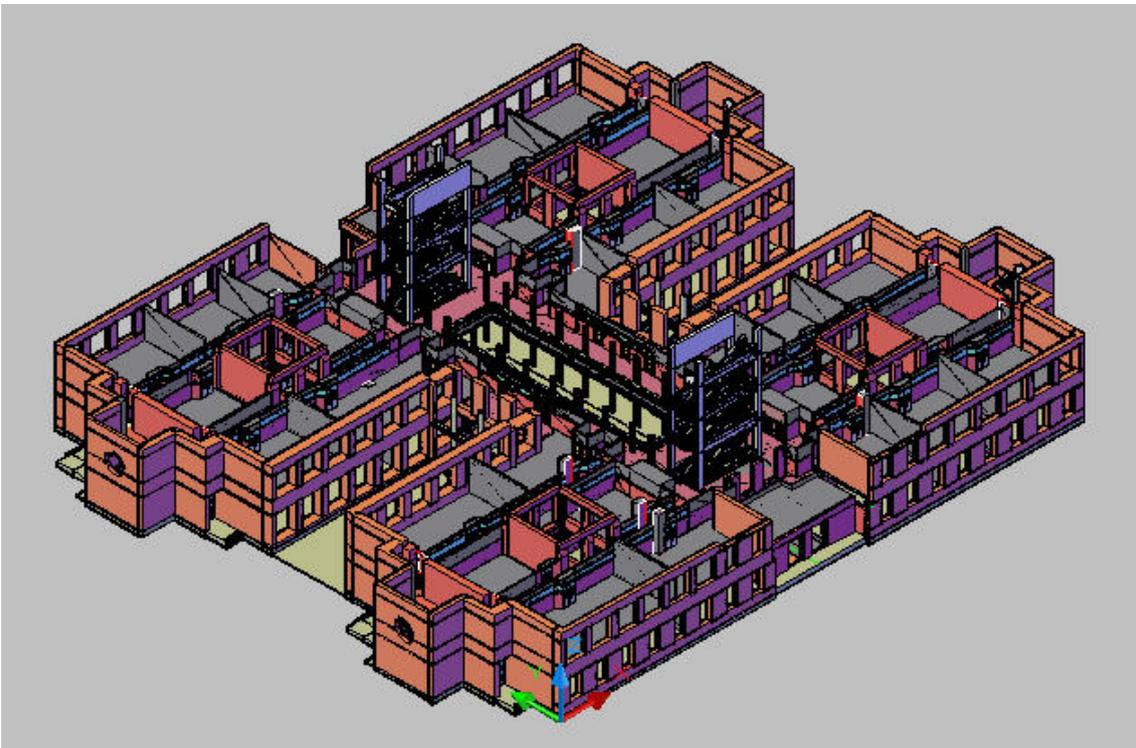
**Figura 2.2.7-14:** Columnas de la planta baja

Se prosiguió por la unión entre la planta baja y la planta uno.

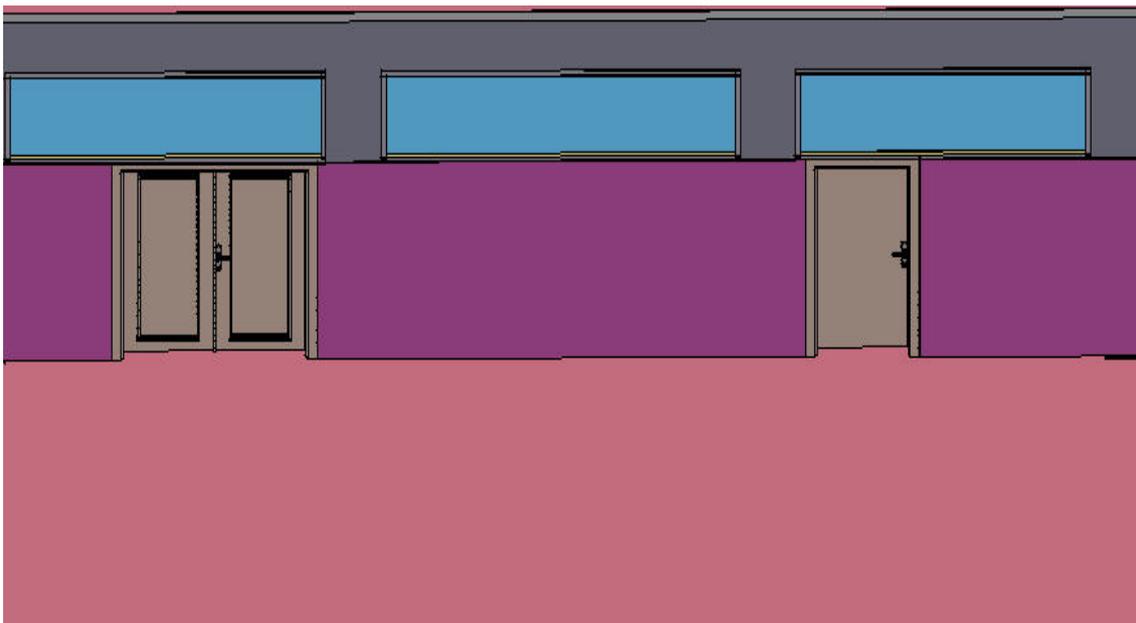


**Figura 2.2.7-15:** Edificio con la planta baja completa

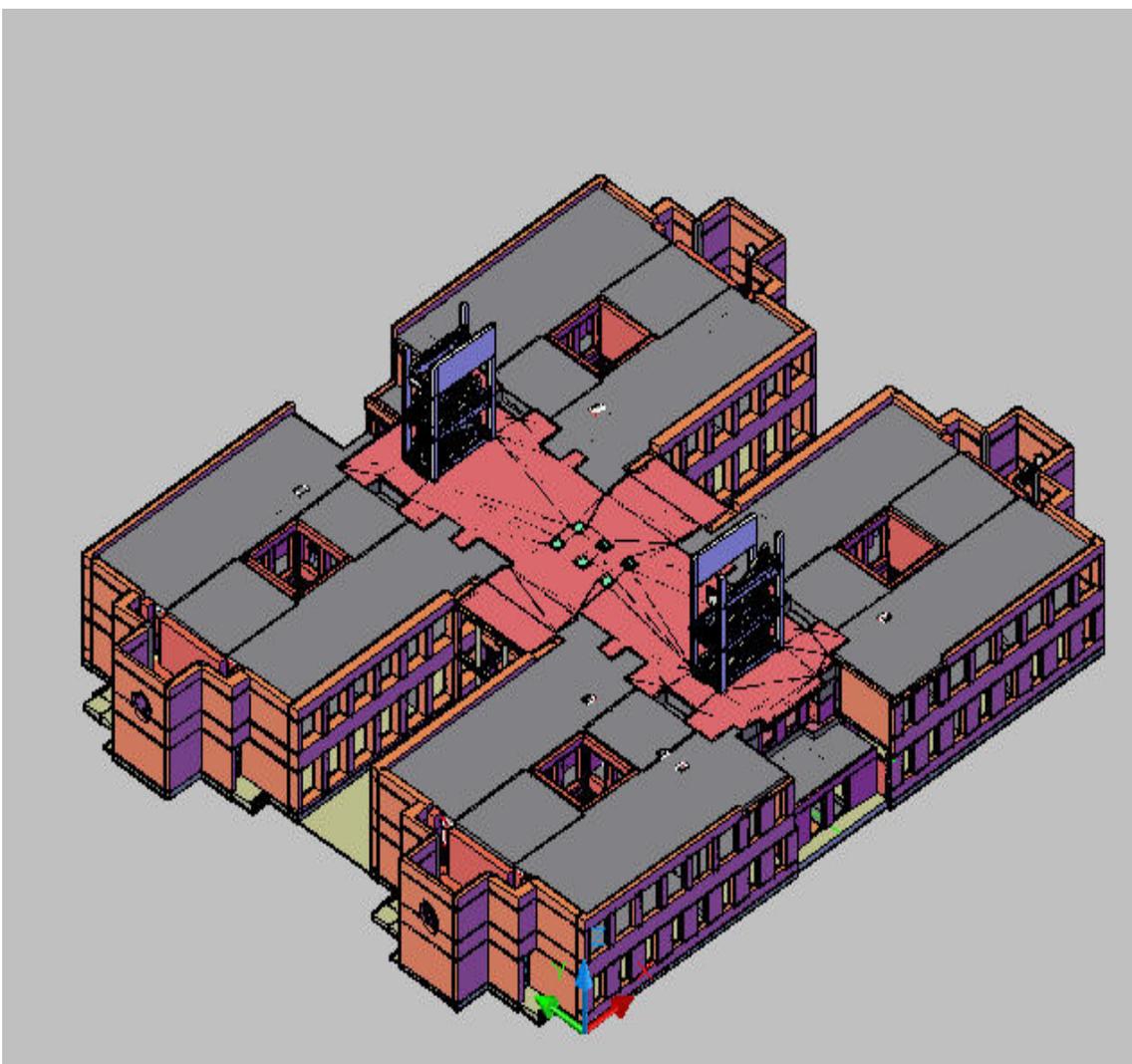
El procedimiento seguido en la planta 1 fue análogo al seguido anteriormente por ser de una estructura similar.



**Figura 2.2.7-16:** Planta 1

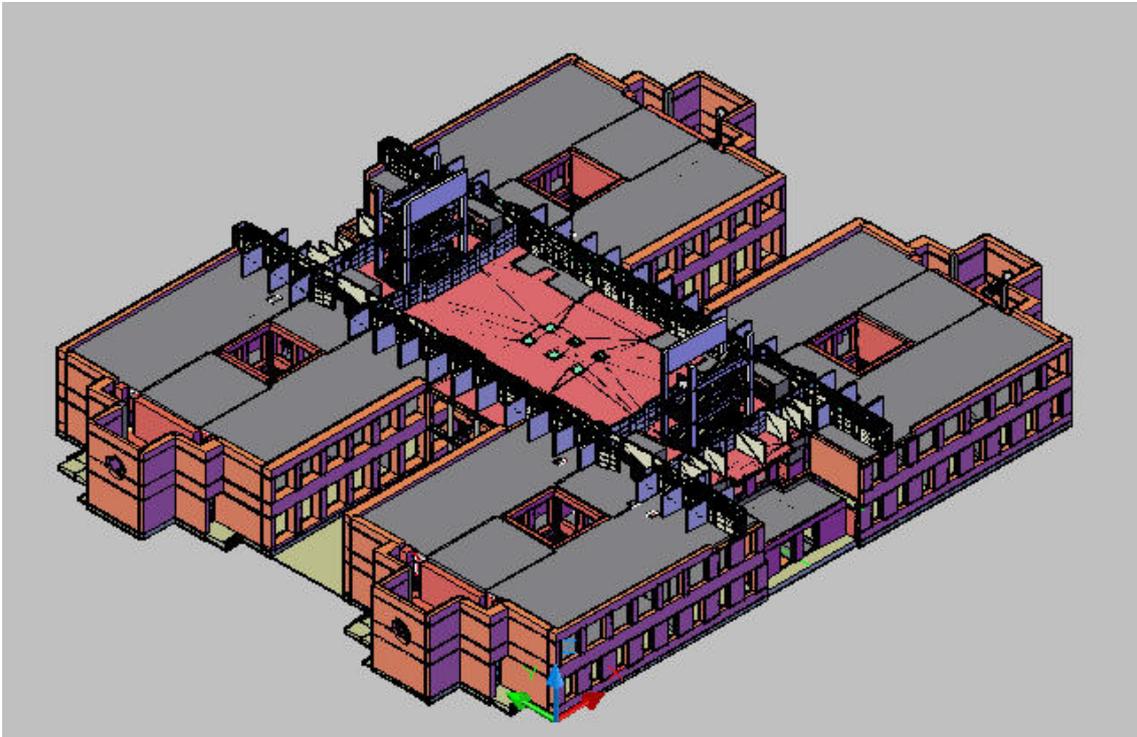


**Figura 2.2.7-17:** Detalle del departamento de Tecnología Mecánica en la Planta 1



**Figura 2.2.7-18:** Planta 1 con techo ya construido

En las plantas 2 y 3 como ya se explicó anteriormente se comenzó el modelado por la parte interior. Visualmente su efecto puede ser más desagradable al principio pero se hizo por mayor comodidad.



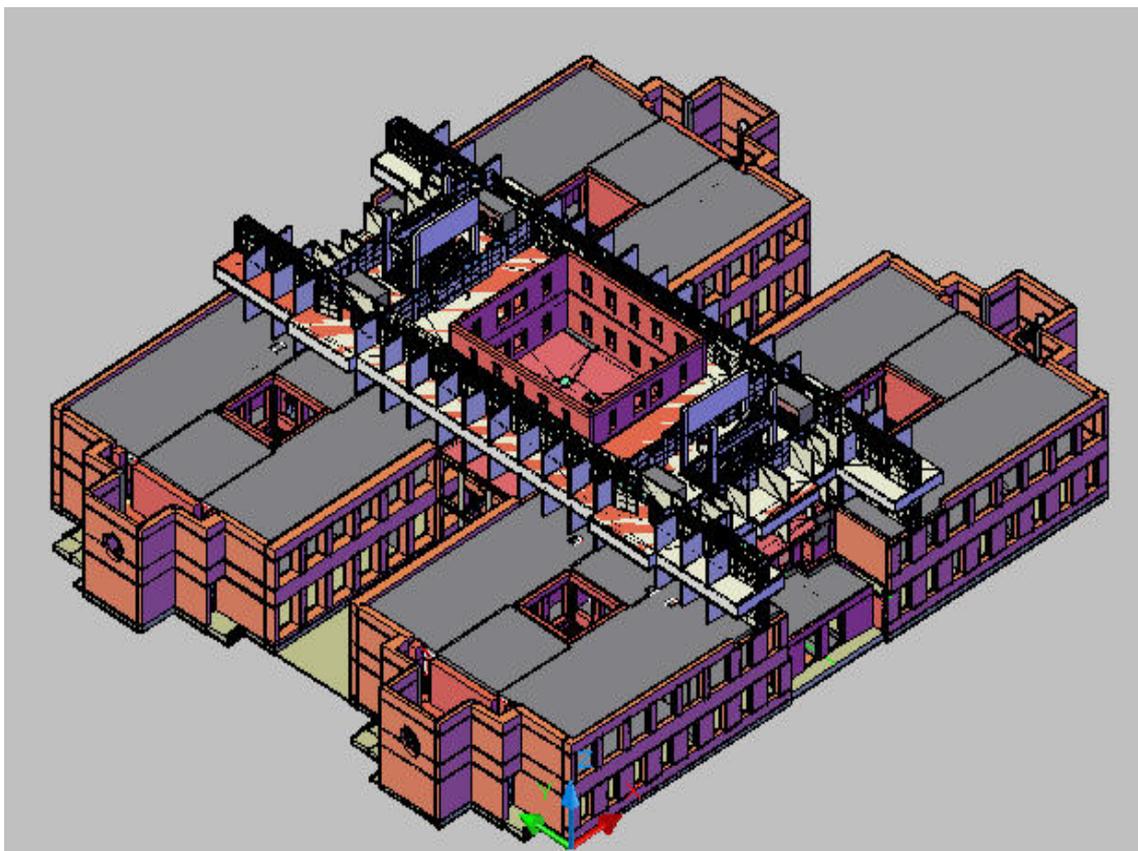
**Figura 2.2.7-19:** Estructura interna de la Planta 2



**Figura 2.2.7-20:** Unión entre Planta 2 y Planta 3



*Figura 2.2.7-21: Patio interior*



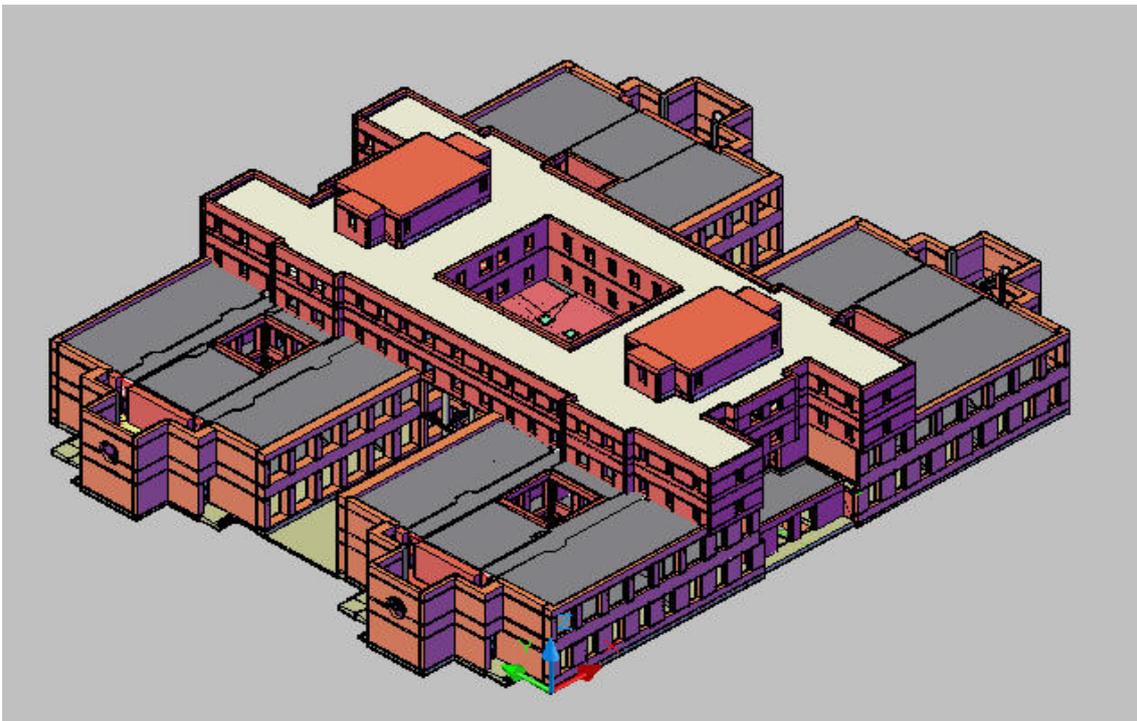
*Figura 2.2.7-22: Planta 3*

Con estas referencias ya se pudo construir el muro exterior de estas plantas, así como el techo de la planta 3.



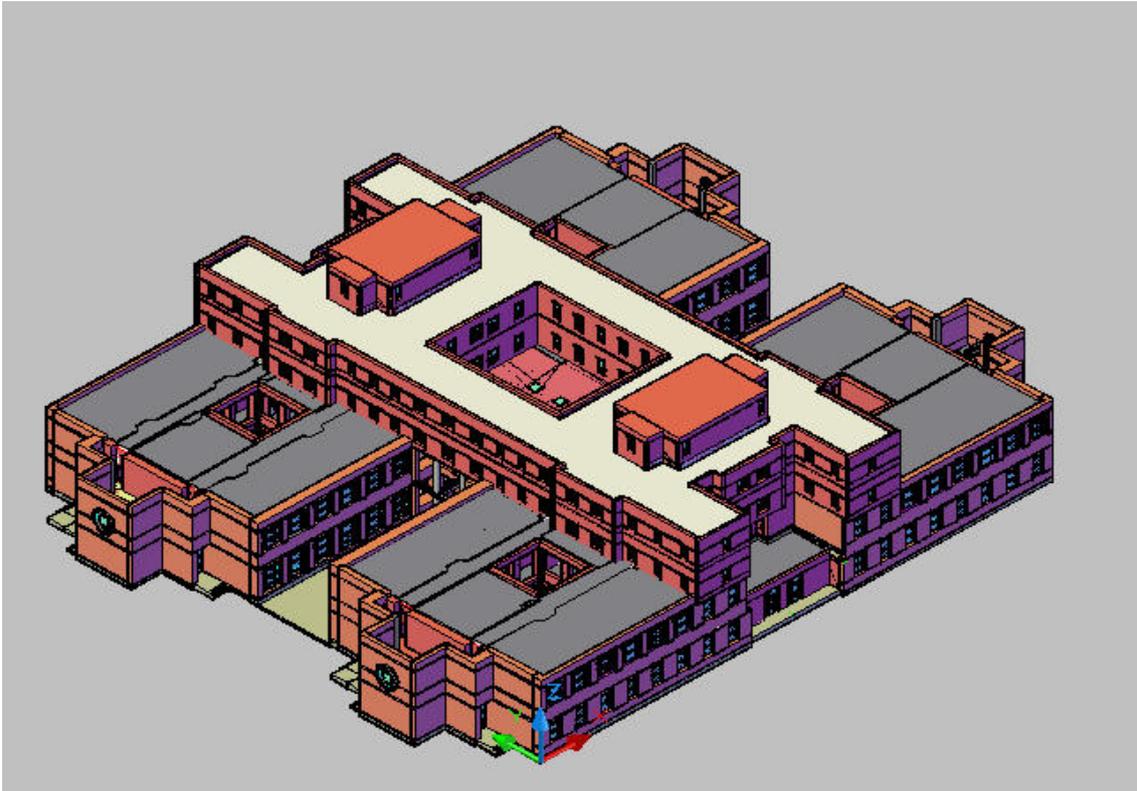
**Figura 2.2.7-23:** Muro exterior superior

Para finalizar la parte estructural se introdujo la Planta 4, que está dividida en dos bloques independientes.

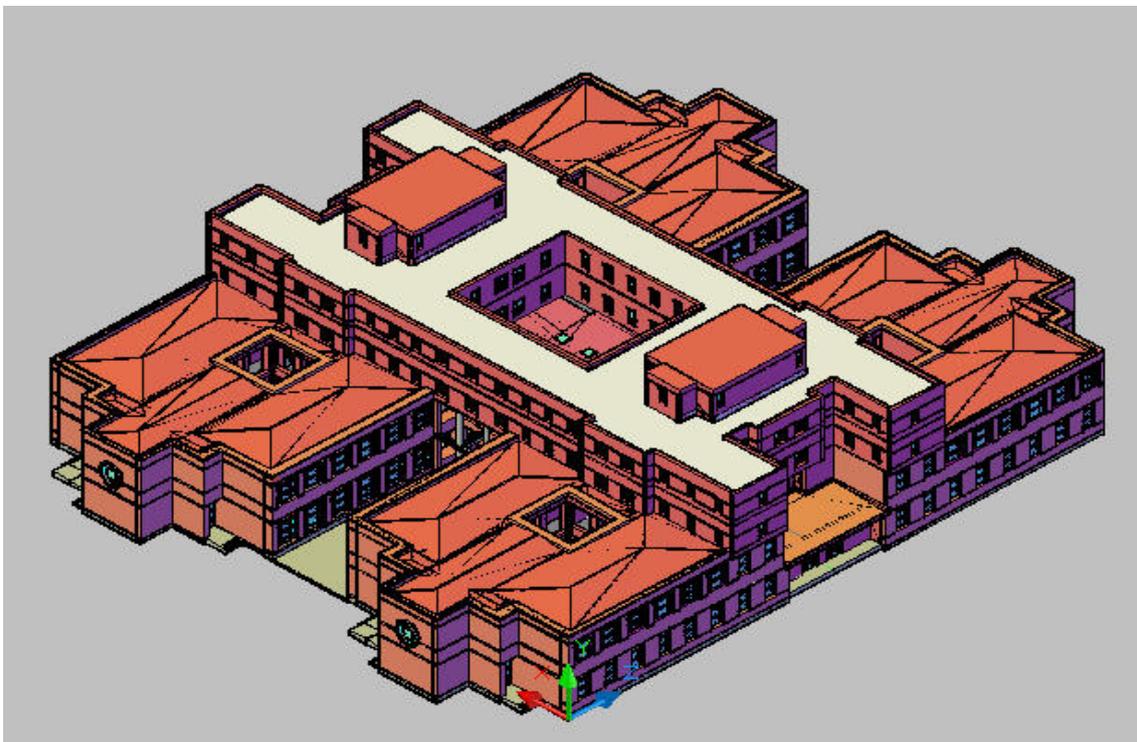


**Figura 2.2.7-24:** Planta 4

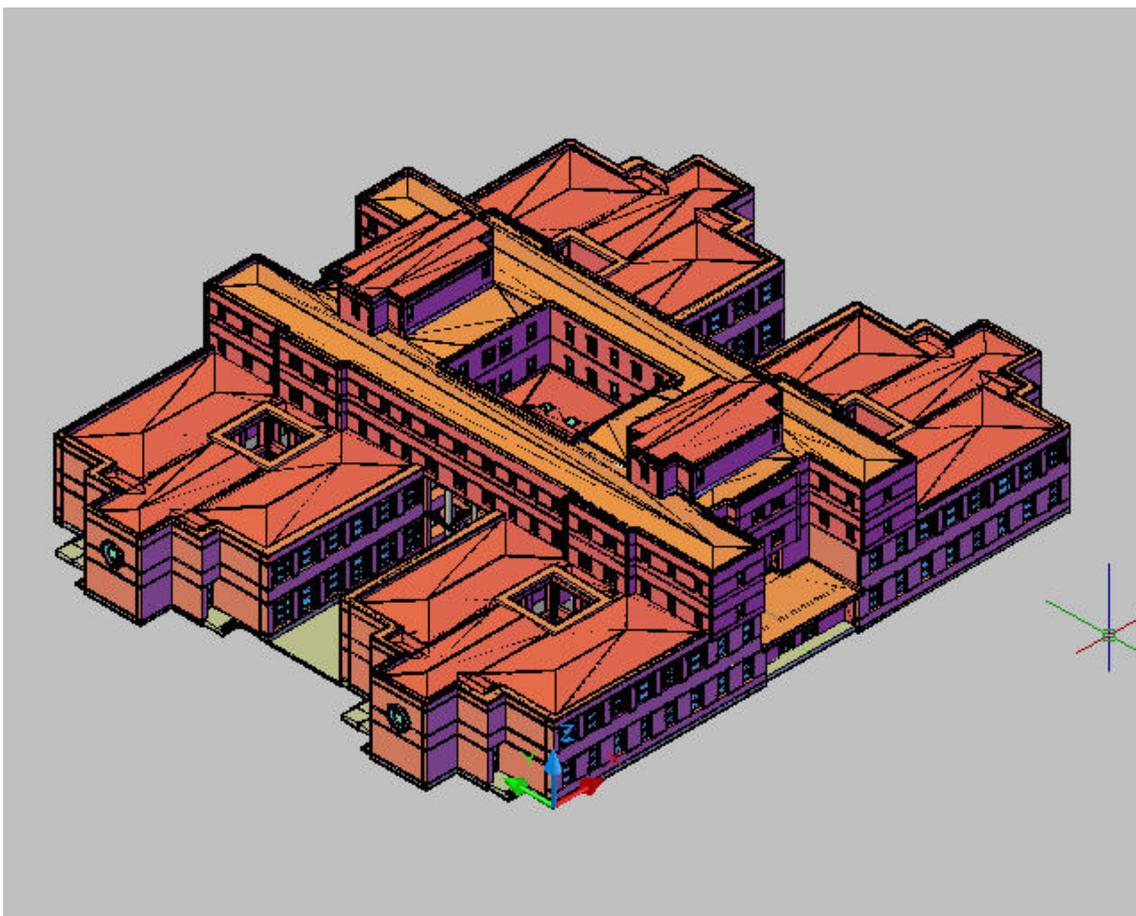
Finalmente se colocaron las ventanas y puertas que faltaban, así como las cubiertas.



**Figura 2.2.7-25:** Ventanas introducidas



**Figura 2.2.7-26:** Cubiertas laterales



**Figura 2.2.7-27:** Edificio finalizado

### **2.3.- Autodesk 3ds Max**

Autodesk 3ds Max (anteriormente 3D Studio Max) es un programa de creación de gráficos y animación 3D desarrollado por Autodesk, en concreto la división Autodesk Media & Entertainment (anteriormente Discreet).

Fue desarrollado originalmente por Kinetix como sucesor para sistemas operativos Win32 del 3D Studio creado para DOS. Más tarde esta compañía fue fusionada con la última adquisición de Autodesk, Discreet Logic.

3ds Max es uno de los programas de animación 3D más utilizados. Dispone de una sólida capacidad de edición, una omnipresente arquitectura de plugins y una larga tradición en plataformas Microsoft Windows. 3ds Max es utilizado en mayor medida por los desarrolladores de videojuegos, aunque también en el desarrollo de proyectos de animación como películas o anuncios de televisión, efectos especiales y en arquitectura.

Desde la primera versión 1.0 hasta la 4.0 el programa pertenecía a Autodesk con el nombre de 3d Studio. Más tarde, Kinetix compró los derechos del programa y lanzó 3 versiones desde la 1.0 hasta la 2.5 bajo el nombre de 3d Studio Max. Más tarde, la empresa Discreet compró los derechos, retomando la familia empezada por Autodesk desde la 4.0 hasta 6.0 también bajo el nombre de 3d Studio Max. Finalmente, Autodesk retomó el programa desarrollándolo desde la versión 7.0 en adelante bajo el mismo nombre, hasta la versión 9. A partir de ésta, se denomina Autodesk 3d Studio Max.



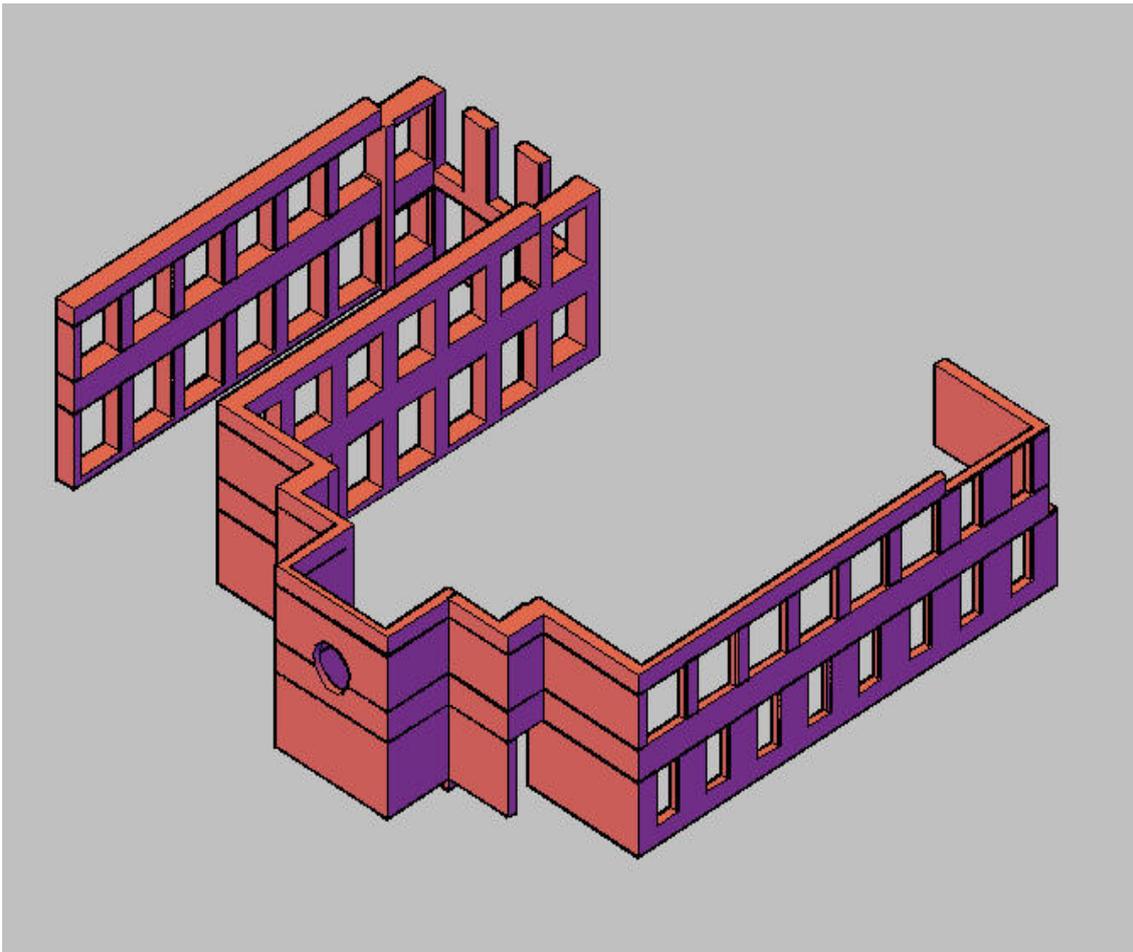
**Figura 2.3-01:** Sala generada por Autodesk 3ds Max

Este programa es uno de los más reconocidos modeladores de 3d masivo, y habitualmente ha sido orientado al desarrollo de videojuegos, con el que se han hecho enteramente títulos famosos en todo el mundo como las sagas 'Tomb Raider', 'Splinter Cell' y una larga lista de títulos de la empresa Ubisoft.

En este proyecto va a ser utilizado en el proceso de transformación de los archivos de AutoCad en otros reconocibles por el RealXtend, en el cual, es necesario seguir unos pasos intermedios ya que con la extensión .dwg no se puede trabajar en este último.

El procedimiento es el siguiente:

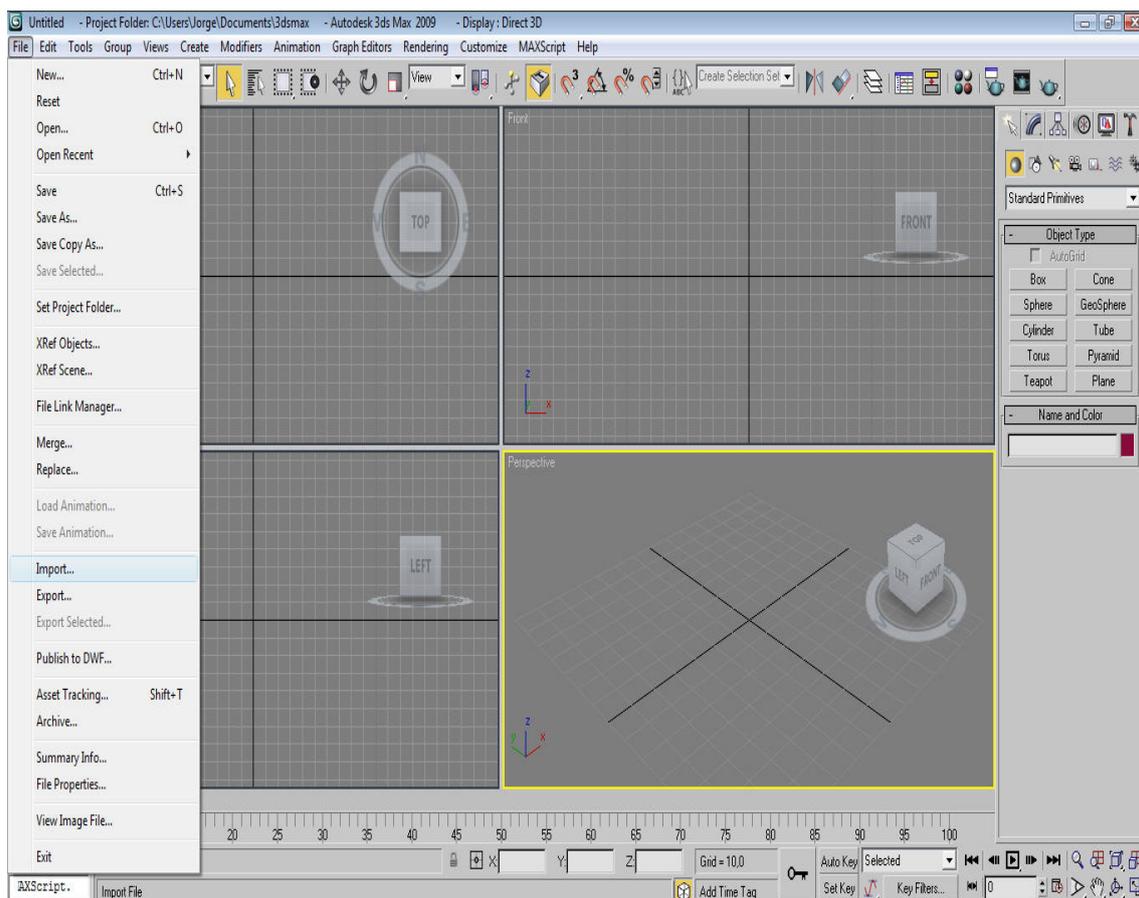
Primero se deben hacer unas pequeñas modificaciones en los archivos de AutoCad. La forma más cómoda de trabajar con vistas a las futuras construcciones en RealXtend, consiste en crear dibujos nuevos, en los cuales estarán por separado cada una de las capas de que consta el dibujo original. Un ejemplo sería abrir el archivo que corresponde al MuroEsteSur, desactivar todas las capas menos la correspondiente al ladrillo rojo, seleccionarlo y pegarlo en un dibujo nuevo.



**Figura 2.3-02:** Ladrillo rojo del MuroEsteSur convertido en un único objeto

Aquí se tiene que realizar un pequeño truco. Como las coordenadas en las que se sitúe el dibujo se van a mantener en los sucesivos programas que se van a usar, es necesario guardar cada capa en una coordenada distinta, ya que si se hiciese en la misma a la hora de construir en RealXtend habría que hacerlo también, y eso daría lugar a errores. La forma de cambiar la coordenada de en cada archivo es sencilla, basta con que a la hora de copiar la capa que se desee, se haga con el comando “Copiar con punto base” y para cada capa se vaya incrementando dicho punto en una unidad en cualquiera de las tres coordenadas. Para facilitar la labor se creó una línea auxiliar que cada incremento de una unidad cambia de color, de verde a roja alternativamente. Cabe destacar que es necesario recordar la coordenada que se ha metido en cada capa, ya que eso será decisivo a la hora de dibujar en RealXtend.

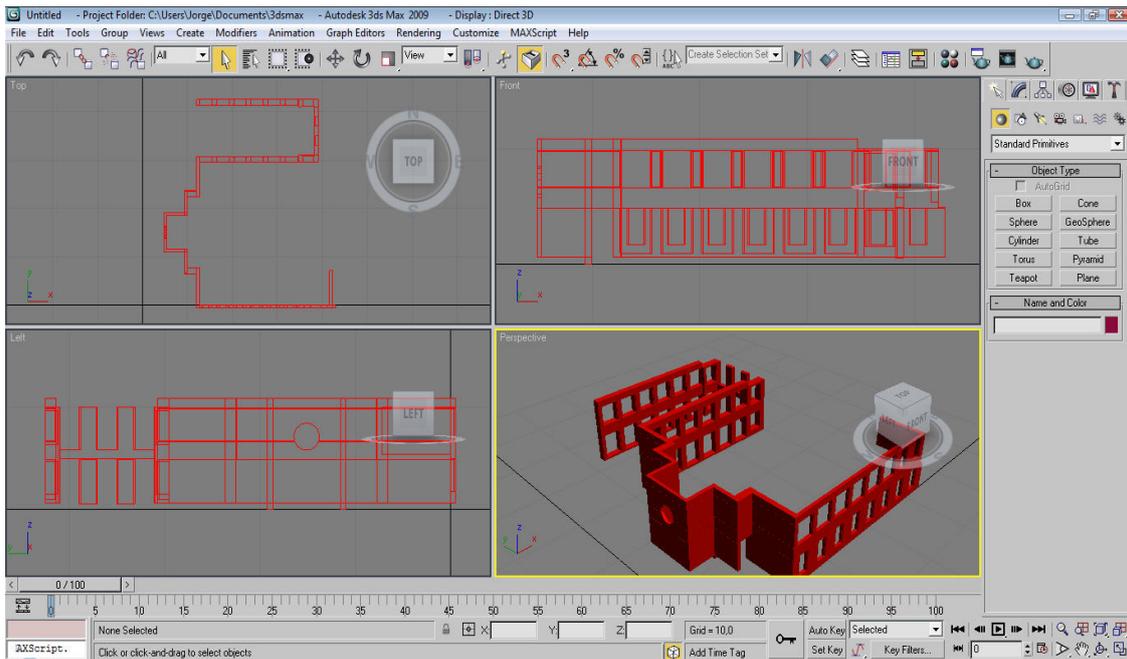
Una vez que se tiene preparado el archivo de AutoCad abrimos el Autodesk 3ds y seleccionamos Archivo->Import. Esto como su propio nombre indica, lo que hace es importar el archivo de AutoCad al 3d Studio.



**Figura 2.3-03:** Importando el archivo de AutoCad

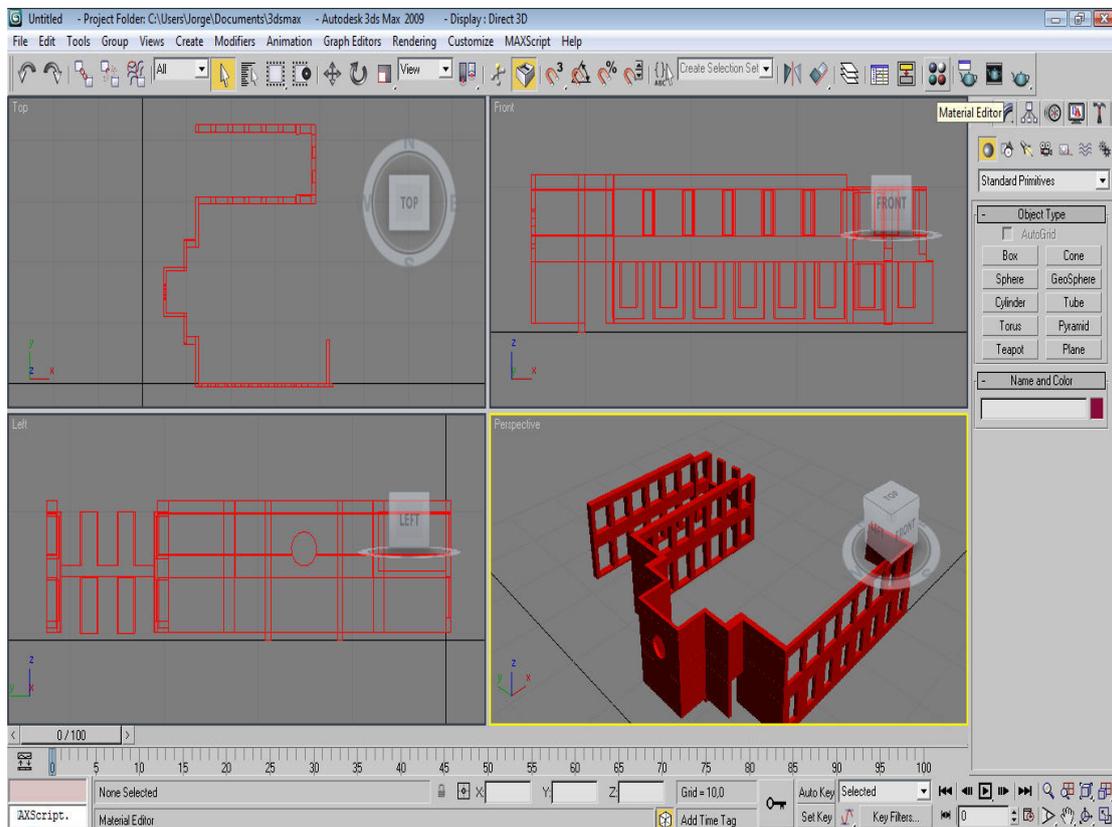
Como se puede observar el espacio de trabajo consta de cuatro de partes, en las cuales se mostrará el dibujo que hemos importado desde distintos puntos de vista, pero para las operaciones que se desean realizar en este proyecto únicamente se utilizará el correspondiente a la esquina inferior derecha.

El aspecto que presenta la pantalla una vez importado el dibujo es el siguiente:



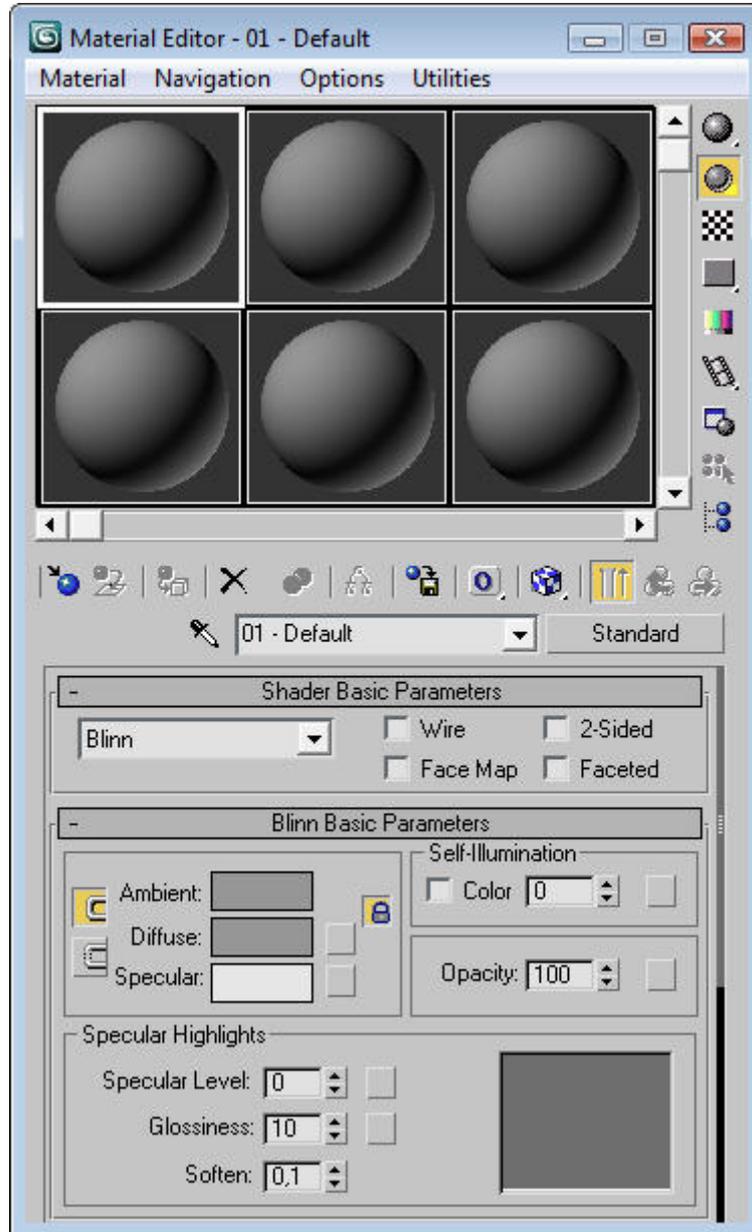
**Figura 2.3-04:** Ladrillo Rojo del MuroEsteSur importado

El siguiente paso consiste en dar material al dibujo. Para ello se selecciona el icono con cuatro esferas que se encuentra en la parte superior derecha, en la barra de herramientas, que corresponde al editor de material y que podemos observar en la figura 3.3-05, sobre el rótulo “Material Editor”:



**Figura 2.3-05:** Editando el material

Las seis esferas que aparecen inmediatamente después de pinchar sobre él, sirven para dar los diferentes materiales a cada capa. Como se han preparado los dibujos para que sólo tengan una en la mayoría de los casos, simplemente bastará arrastrar la primera de las esferas hasta la capa deseada.

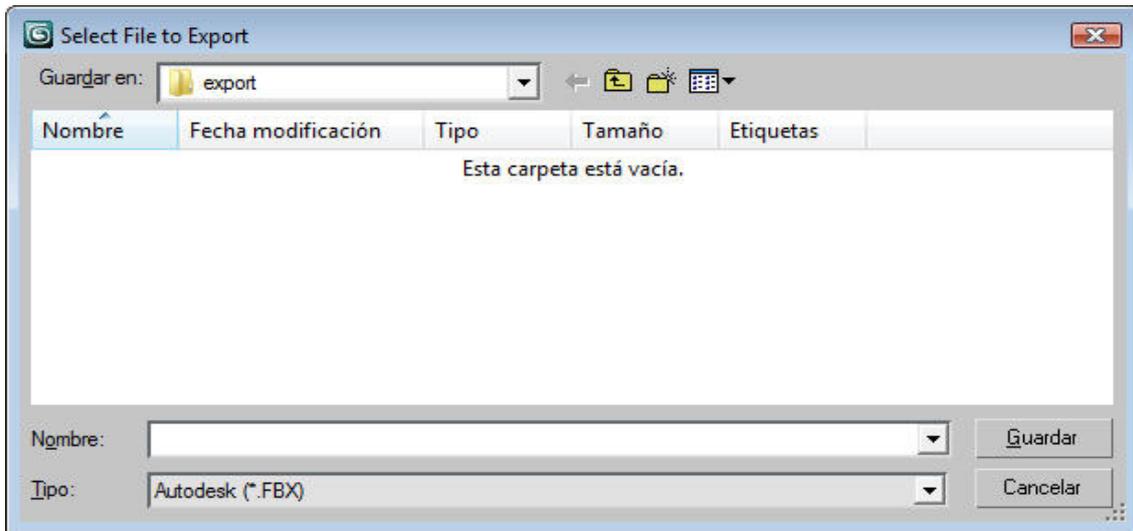


**Figura 2.3-06:** Editor de material

Una vez hecho esto se le puede cambiar el color activando la pestaña que se encuentra a la izquierda de la palabra Ambient y dando el que se desee. En principio esto no es muy importante, ya que el color verdadero de cada objeto se hará en un futuro mediante texturas, de la forma que se explicará en el apartado correspondiente.

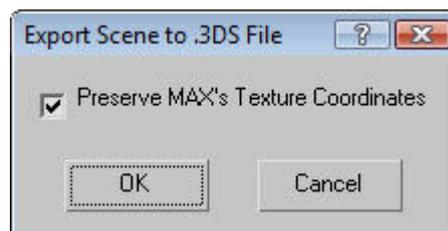
Cuando se haya realizado todo esto, es necesario guardar el archivo en formato .max y a continuación cerrar el programa. Conviene que el archivo que se acaba de crear no sea de gran tamaño, puesto que podría dar problemas en el

RealXtend si así fuese. Después hay que abrir el archivo que se acaba de crear y una vez abierto seleccionar Archivo-> Export. Se mostrará el siguiente cuadro de dialogo:



**Figura 2.3-07:** Exportando el archivo

Aquí son necesarias dos cosas. La primera es cambiar el tipo de formato con el que vamos a exportar el archivo. Por defecto aparecerá la extensión .FBX pero es la que se desea, por lo que se reemplazará por .3DS. La segunda es que obligatoriamente debe ser exportado a la carpeta 3ds2mesh en la que se encuentra el programa de mismo nombre, cuya utilidad se explicará a continuación. Antes de exportar el programa te pedirá si se desean conservar las coordenadas. Como ya se comentó anteriormente es importantísimo hacerlo, ya que en base a ellas se sabrá en que coordenadas hay que construir el archivo en RealXtend. Por lo tanto se debe seleccionar la opción OK.



**Figura 2.3-08:** Conservando las coordenadas

También podría hacerse con un dibujo que tuviese más de una capa. El problema que plantea esto es que aunque se le de material a todas ellas, RealXtend sólo hará sólida una (generalmente la de mayor tamaño, aunque es un poco aleatorio). Esto llevaría que el avatar atravesase el resto de capas como si fuesen incorpóreas. Para algunos objetos en los que alguna capa corresponda a una superficie muy pequeña y que el avatar no podrá pasar a traves e ella de ningún modo, sí que subirá el dibujo con más de una capa. Por ejemplo, al subir una puerta no tiene mayor importancia que el ojo de la cerradura sea inmaterial, mientras que la puerta sí que lo

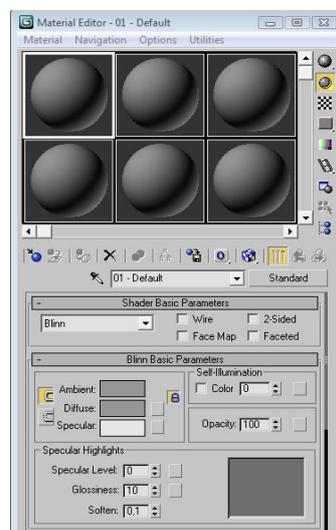
sea, por motivos obvios, y por lo tanto en este caso concreto si que se podría subir toda la puerta de una vez, en lugar de hacerlo capa a capa.

El orden en que se han ido creando los archivos en este programa es muy parecido al que se fue siguiendo a la hora de dibujarlos, con la excepción quizá, de que aquí se hizo antes la estructura externa de las plantas superiores que la interna, mientras que a la hora de dibujarlo dichas estructuras fueron realizadas en orden inverso. Además, la misma secuencia seguida con el 3d Studio se siguió posteriormente a la hora de construir en RealXtend.

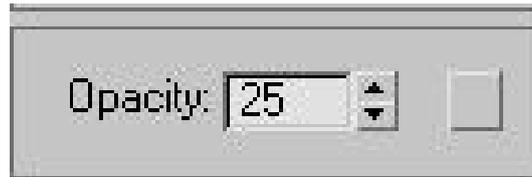
Se comenzó metiendo la estructura externa en su totalidad, para continuar con las escaleras, tanto centrales como las que se encuentran en los extremos, finalizando con la estructura interna. Ésta se realizó siguiendo un orden ascendente, comenzando por la planta baja con todos los elementos de la misma (paredes, puertas, máquinas, techos...) y continuando siempre por la inmediatamente superior.

### 2.3.1 Tratamiento de los cristales

Mención aparte merece el tratamiento de los cristales. Éstos se encuentran no sólo en las ventanas, sino que la mayoría de puertas del edificio, así como los laboratorios o las máquinas que se encuentran en la planta baja tienen alguna parte cristalina. Como los cristales no tienen color, no basta con darles material y asignar un color al mismo, es necesario además, dotarlos de transparencia. Para ello se importa el archivo de AutoCad con los cristales que se quieran tratar. Una vez que se muestren en pantalla, además de los pasos explicados anteriormente hay que fijarse en la opción opacity, que se ven en las figuras siguientes.



**Figura 2.3.1-01:** Dando material



**Figura 2.3.1-02:** Dando la opacidad necesaria

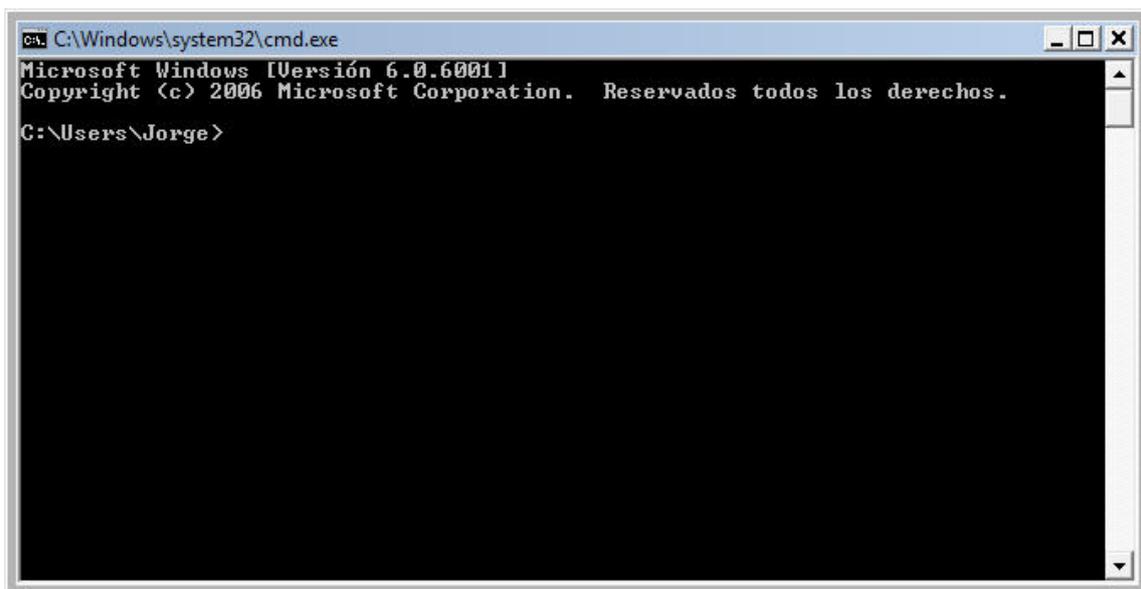
Se cambia la opacidad que en un principio está en cien y se cambia para dar la transparencia deseada. En la mayoría de ventanas se ha dado una opacidad de 25, lo que le da un aspecto bastante real, pero en sitios como por ejemplo las puertas de los laboratorios se dio una opacidad mayor, debido a que esos cristales no son de la misma transparencia que los de las ventanas normales.

### 2.3.2: 3ds2mesh

Este paso ya no se realiza con el 3d Studio propiamente dicho, sino con el 3ds2mesh, pero se incluye en este apartado porque se realiza sobre los archivos creados por él. Es la última transformación requerida para poder trabajar con RealXtend.

Este programa recibe el archivo .3ds y lo transforma en una mesh. Una mesh es una malla que representa la superficie de un objeto utilizando caras o facetas planas. El tipo de mesh que se requiere para RX, es uno especial denominado OGRE.

Una vez que se tenga el archivo en la carpeta 3ds2mesh de la forma que se explicó anteriormente, es necesario abrir la línea de comando de Windows. Esto se consigue ejecutando "cmd". Aparece en pantalla lo siguiente:



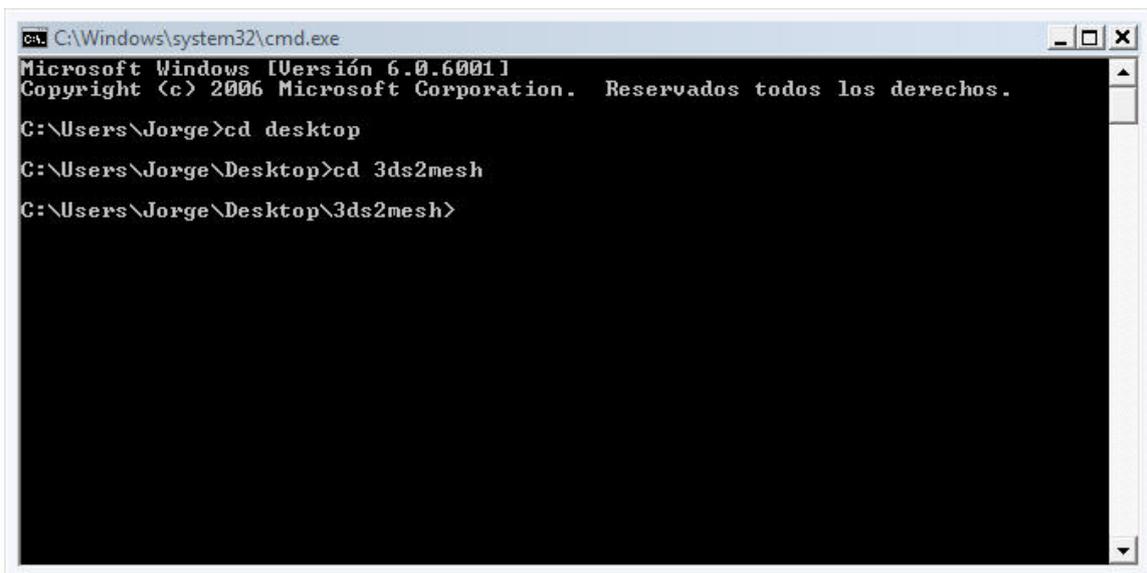
**Figura 2.3.2-01:** Línea de comandos

Se introducen las instrucciones necesarias para abrir la carpeta 3ds2mesh, que en este caso son las siguientes:

```
cd desktop-> intro
```

```
cd 3dsmesh-> intro
```

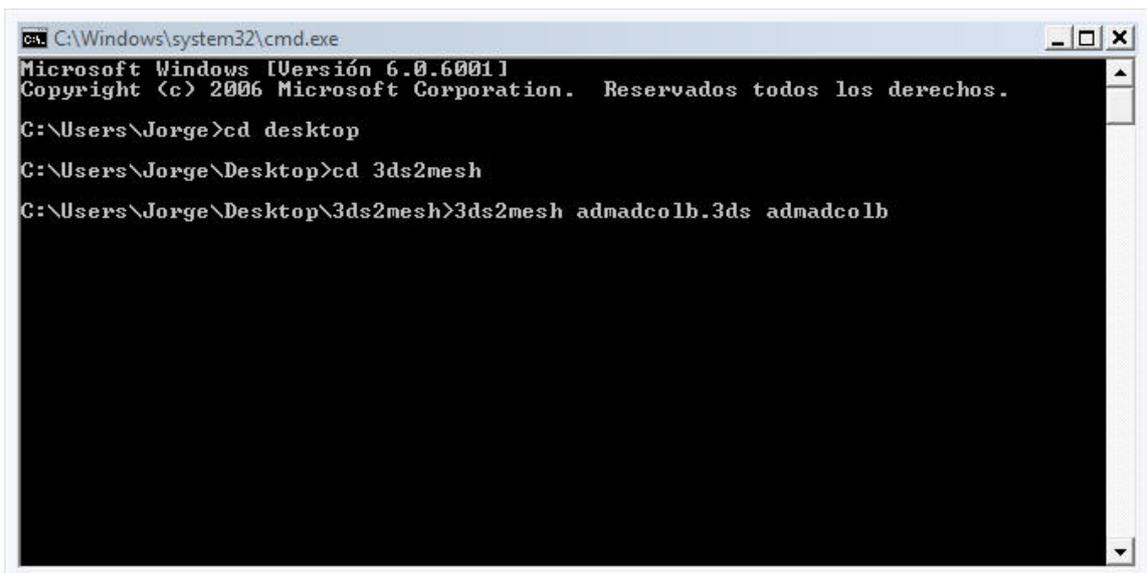
Una vez abierta la carpeta se escribe el comando que va a realizar la transformación, que consiste en escribir la siguiente instrucción: 3ds2mesh, un espacio, el nombre del archivo con la extensión .3ds, otro espacio y finalmente el nombre del archivo con el nombre que se le quiera dar sin ninguna extensión. Para mayor claridad de lo expuesto, se puede ver un ejemplo de cómo se subió el adorno de madera de las columnas de abajo, con el nombre de admadcolb.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.0.6001]
Copyright (c) 2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Jorge>cd desktop
C:\Users\Jorge\Desktop>cd 3ds2mesh
C:\Users\Jorge\Desktop\3ds2mesh>
```

**Figura 2.3.2-02:** Carpeta 3ds2mesh abierta



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.0.6001]
Copyright (c) 2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Jorge>cd desktop
C:\Users\Jorge\Desktop>cd 3ds2mesh
C:\Users\Jorge\Desktop\3ds2mesh>3ds2mesh admadcolb.3ds admadcolb
```

**Figura 2.3.2-03:** Comando de transformación

Como se puede apreciar para mayor comodidad el nombre del archivo transformado es el mismo que el anterior. Al ejecutar este comando se puede

comprobar si la transformación ha sido satisfactoria si en la carpeta 3ds2mesh, además del archivo .3ds original se encuentran dos nuevos, con las extensiones .mesh y .material.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.0.6001]
Copyright (c) 2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Jorge>cd desktop
C:\Users\Jorge\Desktop>cd 3ds2mesh
C:\Users\Jorge\Desktop\3ds2mesh>3ds2mesh admadcolb.3ds admadcolb
3DS to Ogre mesh converter 1.1
by David Geldreich
using the 3D Studio File Toolkit (C) Copyright 1995 by Autodesk, Inc.

Creating resource group General
Creating resource group Internal
Creating resource group Autodetect
Registering ResourceManager for type Material
Registering ResourceManager for type Mesh
Registering ResourceManager for type Skeleton
OGRE 3DS Exporter Log

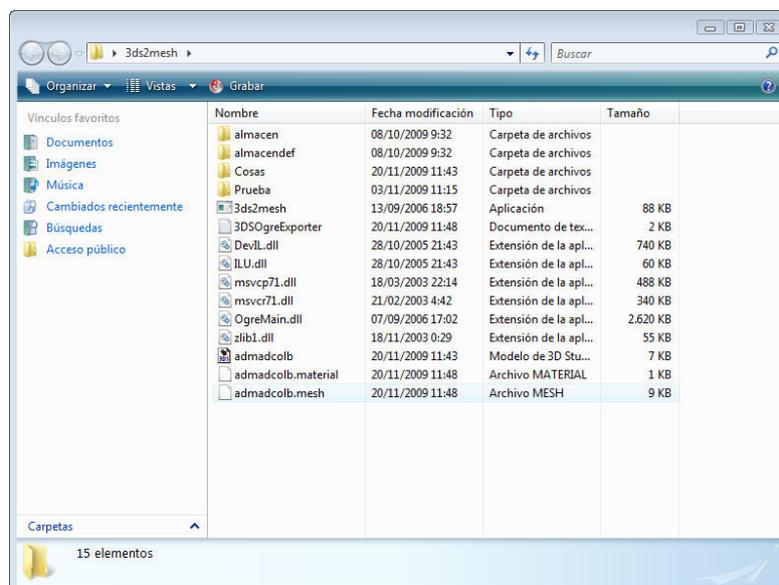
-----
Creating SubMesh object...Layer:made_01 - Default
SubMesh object created.
Doing positions ...
and texture coordinates ...
Doing indices ...
Computing face normals ...
Creating material 01_Default
Created.
MaterialSerializer : writing material admadcolb/01_Default to queue.
MaterialSerializer : done.
MaterialSerializer : writing material(s) to material script : admadcolb.material
MaterialSerializer : done.
MeshSerializer writing mesh data to admadcolb.mesh...
File header written.
Writing mesh data...
Writing submesh...
Exporting submesh texture aliases...
Submesh texture aliases exported.
Submesh exported.
Exporting bounds information...
Bounds information exported.
Exporting submesh name table...
Submesh name table exported.
Mesh data exported.
MeshSerializer export successful.
Unregistering ResourceManager for type Skeleton
Unregistering ResourceManager for type Mesh
Unregistering ResourceManager for type Material

C:\Users\Jorge\Desktop\3ds2mesh>

```

**Figura 2.3.2-04:** Línea de comandos después de la transformación

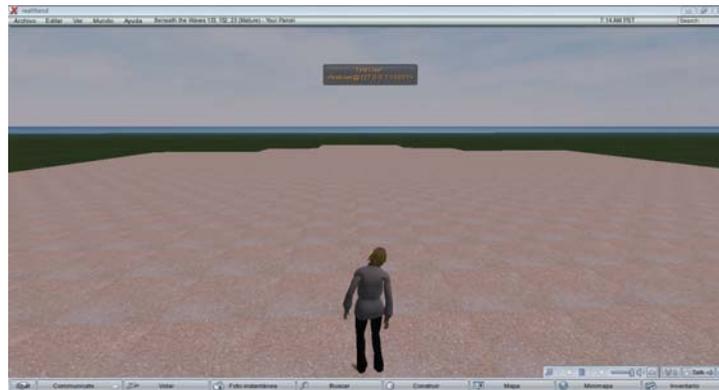
En la siguiente figura se pueden apreciar los archivos .material y .mesh en la carpeta 3ds2mesh.



**Figura 2.3.2-05:** Carpeta 3ds2mesh

## **2.4.- Tratamiento de texturas:**

A la hora de subir las texturas a RealXtend, se plantea un problema. La foto que se haya realizado previamente y que se desee poner como textura, RX la pega con un tamaño equivalente a lo que sería medio metro en la realidad, las veces que sean necesarias para rellenar toda la superficie, lo que provoca un efecto de discontinuidad bastante desagradable que además le resta bastante realismo. Esto es un problema que no va a poder solucionarse, pero si que pueden mitigarse sus efectos de forma que el resultado sea lo más parecido posible a la realidad.



**Figura 2.4-01:** Discontinuidad de texturas en el suelo

La forma de proceder es tratar la foto con algún programa apropiado, para lo que se barajaron distintas opciones.

En un principio se intentó hacerlo con el Photoshop CS por ser probablemente el programa más conocido y difundido de tratamiento fotográfico, pero su excesiva complejidad para un funcionamiento estándar como sería el necesario en este caso, hizo que finalmente fuese necesario recurrir a otra alternativa.

Por recomendación del tutor del proyecto, D. Jorge Fraile, que había trabajado satisfactoriamente con él en anteriores proyectos, se tomó la decisión de hacer este tratamiento con el Microsoft Image Composer.

Una vez decido el programa, se pasó a tratar las texturas en el mismo orden en el que se iban necesitando en RealXtend.

Aquí se muestra como ejemplo el tratamiento necesario para el suelo con baldosines blancos que se encuentra en los laboratorios sobre todo.

En primer lugar se realiza obviamente la fotografía sobre la que se va a trabajar. Para ello se empleó una cámara Canon de 14.7 megapíxeles. El disponer de una cámara con una resolución tan elevada fue una gran ventaja, ya que permitió crear las texturas con una gran resolución, lo que redundó en un mayor realismo.

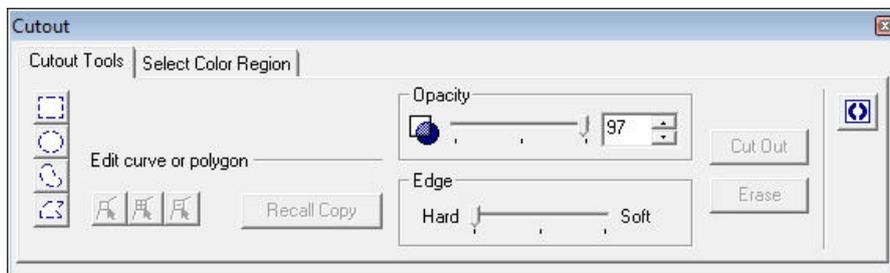
Una vez hecha la fotografía y cargada en el ordenador, se abre con el Image Composer.



**Figura 2.4-02:** Foto suelo blanco

Lo primero es recortar una parte de la fotografía que tenga una iluminación lo más homogénea posible. Lo ideal sería que fuese de un tamaño parecido a un baldosín real, pero debido a la iluminación que presenta el edificio esto es poco menos que imposible.

En este caso se ha recortado un cuarto de la baldosa. Para ello se activa en la barra de herramientas de la izquierda el icono correspondiente a unas tijeras. Aparece el siguiente menú:



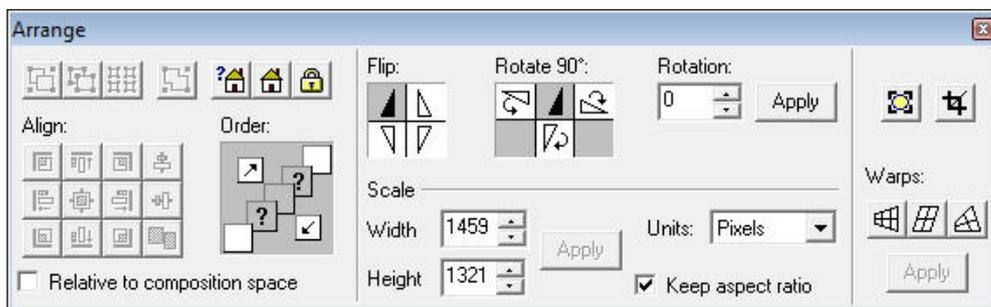
**Figura 2.4-03:** Menú cortar

Se delimita el contorno que se desea recortar y se hace efectivo dicho recorte con Cut Out. Ahora hay que convertir ese cuarto de baldosa en lo que sería una entera, para ello se copia y se pega al lado de la original. A continuación se activa el menú Arrange, que se encuentra encima del anterior Cutout y está representado por dos cuadrados superpuestos y dos flechitas pequeñas.



**Figura 2.4-04:** Barra de herramientas

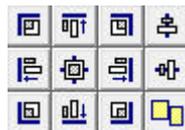
Aparecerá el siguiente menú contextual:



**Figura 2.4-05:** Menú Arrange

Al dibujo que ha sido pegado hay que aplicarle el comando Flip horizontal, que lo invierte horizontalmente creando un simétrico al dibujo original.

Paso siguiente se colocan uno junto a otro, se alinean por abajo y se juntan las aristas. Para ello se utilizan los botones correspondientes al menú Align.



**Figura 2.4-06:** Menú Align

Lo siguiente es unir ambos dibujos mediante los siguientes botones:



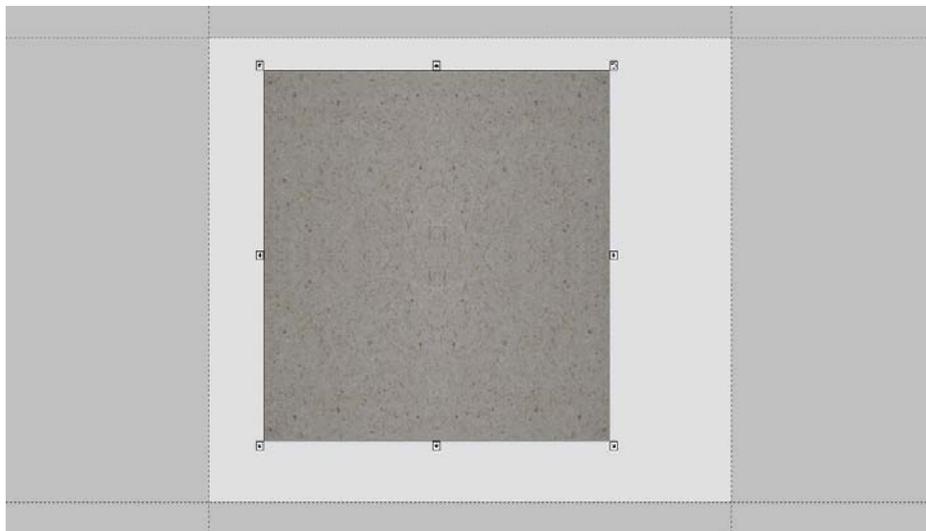
**Figura 2.4-07:** Comando para unir imágenes

Se activa primero el botón de la derecha y a continuación el del medio y ya estarían unidos los dos dibujos, obteniéndose la siguiente figura:



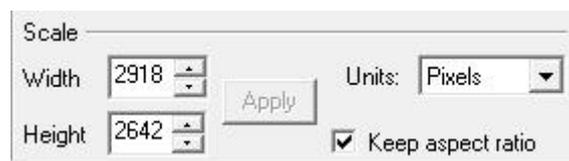
**Figura 2.4-08:** Baldosín modificado

Se repite el proceso pero esta vez verticalmente consiguiéndose la siguiente estructura:



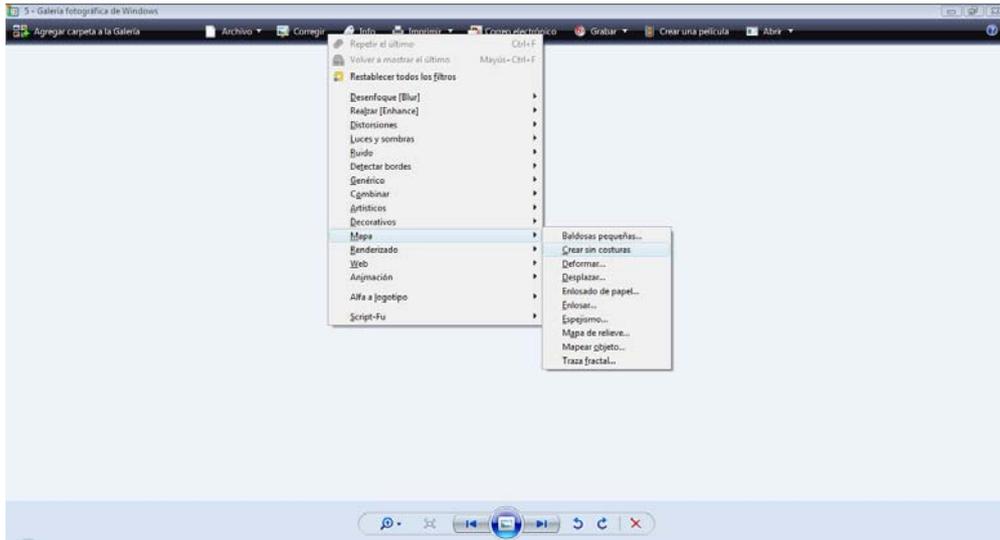
**Figura 2.4-09:** Baldosín doblemente modificado

En este punto es necesario escalar el dibujo. Esto se hace con el menú Arrange anteriormente comentado. La escala que se quiere es de 512x512 megapíxeles. Una vez realizado surge un pequeño problema, ya que se crea una pequeña línea blanca alrededor del dibujo que es necesario eliminar. La forma de hacerlo es realizando un nuevo corte.



**Figura 2.4-10:** Escala

En las texturas más difíciles es necesario recurrir a la ayuda de otro programa: Gimp 2. Con este programa sólo se realiza una acción, que consiste en un barrido que iguala dentro de lo posible las distintas zonas iluminadas. La forma de realizarlo es con Filtro-> Mapa-> Crear sin costuras



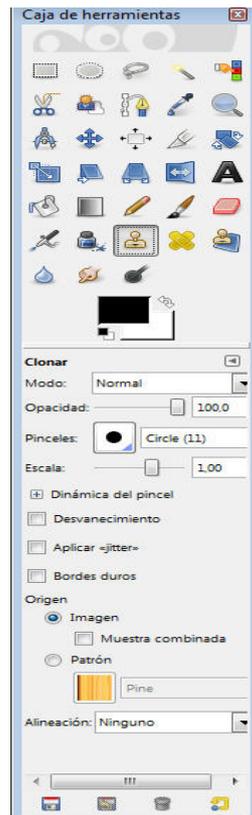
**Figura 2.4-11:** Forma de trabajar en Gimp 2

Una vez creada se vuelve a abrir el Image Composer y se repiten todos los pasos realizados anteriormente, copiando y pegando la imagen original, creando los simétricos y uniéndolos en una sola foto.



**Figura 2.4-12:** Baldosín

El problema que se observa es que crea una estructura fractal. Un fractal es un objeto semigeométrico cuya estructura básica, fragmentada o irregular, se repite a diferentes escalas. Esto a la hora de subir la textura a RealXtend crea un efecto repetitivo que le resta bastante realismo. La forma de solucionar esto es de nuevo con Gimp 2, mediante el comando Tampón



**Figura 2.4-13:** Herramienta Tampón

Esta herramienta consiste en copiar selectivamente a partir de una imagen o diseño utilizando un pincel, es decir, que se puede seleccionar una determinada tonalidad de la imagen y aplicarla en cualquier otra parte de la misma. Es un proceso bastante laborioso que además difumina la foto, por eso debe utilizarse con mucho cuidado.

El resultado final es el que se puede apreciar en la figura 2.4-14:



**Figura 2.4-14:** Resultado final

En la mayoría de texturas no será necesario seguir todos estos pasos sino que bastará con crear la imagen con sus cuatro simétricos, o bien crear la imagen sin costuras con Gimp 2. Todo este proceso tan largo y monótono se reserva para las texturas más complicadas como la del ejemplo expuesto, que está formada por baldosines con adornos, puestos cada uno al lado de otro parecido, pero con sutiles diferencias.

## 2.5.- Construcción en RealXtend:

Como se ha explicado ya anteriormente, el mundo virtual que se escogió para la construcción del Edificio tecnológico fue RealXtend (RX). Uno de los motivos por los que fue elegido en detrimento de otros como Second Life, fue que debido a que es una plataforma de código abierto su acceso es totalmente gratuito.



**Figura 2.5-01:** Página web de RealXtend

RealXtend posee además una serie de propiedades que hacen que su uso sea recomendable en un proyecto de estas características:

- Se pueden crear objetos de gran tamaño a partir de primitivas muy pequeñas, con la forma geométrica que se desee
- Se pueden editar las propiedades de los elementos construidos, de forma que se puede modificar su escala, girarlos o cambiar su posición cuando se desee
- Se puede poner la textura que se quiera a cada objeto, lo que le da un gran realismo ya que permite que la imagen virtual sea lo más parecida posible a la real
- Permite trabajar con archivos de AutoCad previamente tratados, lo que hace que se puedan crear estructuras geométricas de gran complejidad

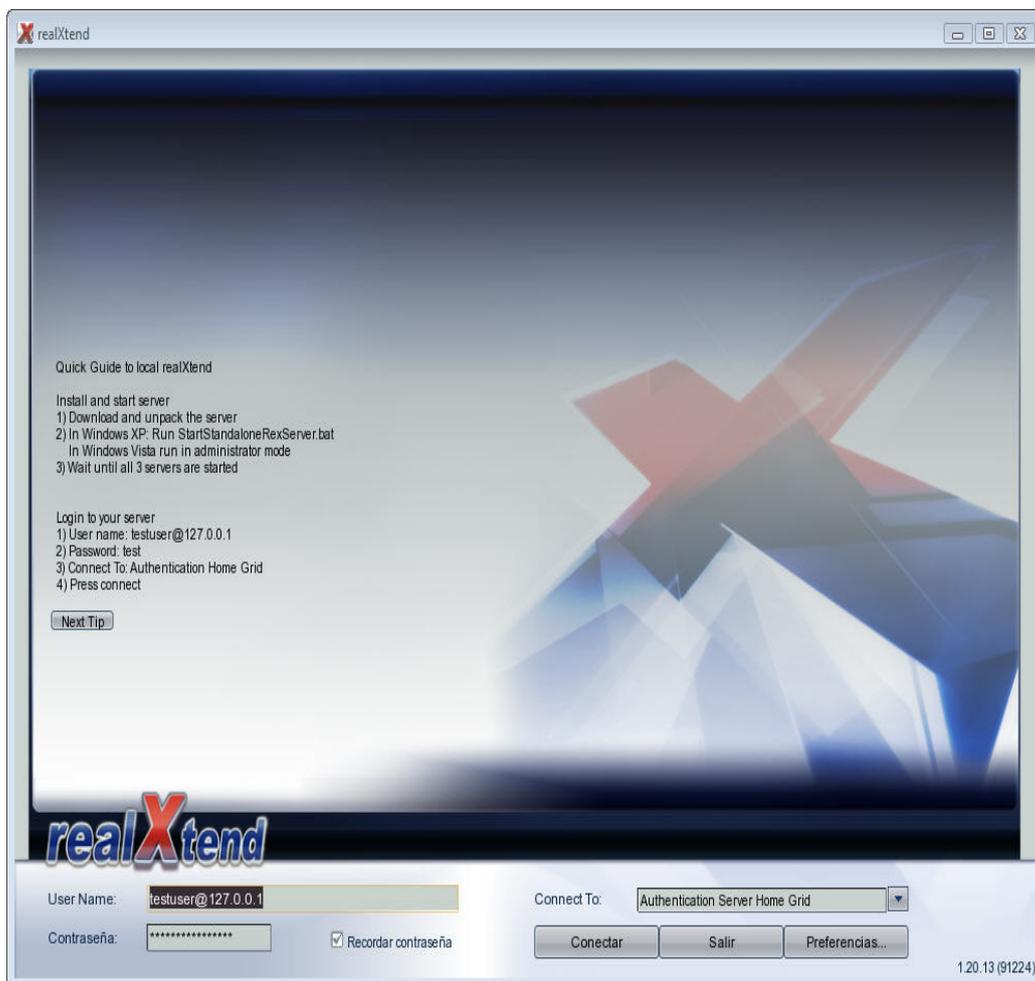
Existen también varios inconvenientes que serán explicados con mayor detalle en su apartado correspondiente, pero que principalmente se pueden resumir en dos:

-Los archivos de gran tamaño dan muchos problemas por lo que a la hora de subirlos a RX conviene a veces, separarlos en varias partes, con el consiguiente perjuicio.

-RealXtend sólo da material a una de las capas que tenga el archivo, lo que hace que en la mayoría de ocasiones sea necesario subir cada capa del dibujo por separado.

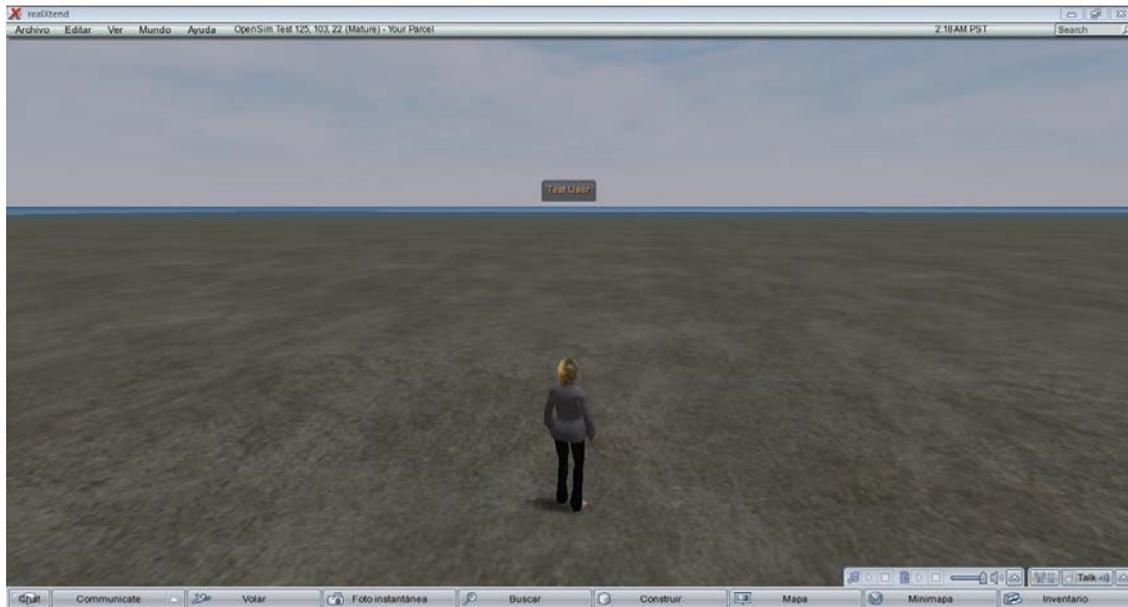
Para empezar a trabajar en RX es necesario abrir dos cosas: el servidor y el viewer. En el servidor es necesario elegir si se hace para un ordenador de 32 o 64 bit, y además si se trabaja con Windows Vista es necesario ejecutar ambos como administrador.

Al ejecutarlo se muestra la siguiente pantalla. Hay que dar a conectar.



**Figura 2.5-02:** Ventana de entrada a RX

Una vez abierto el servidor se puede observar el terreno sobre el que se va a construir:



**Figura 2.3-03:** Terreno vacío

El avatar que viene predeterminado es el siguiente:



**Figura 2.3-04:** Avatar predeterminado

Cabe destacar que el avatar es conveniente modificarlo, puesto el que viene por defecto es excesivamente grande y puede generar problemas a la hora de desplazarse por el edificio, como por ejemplo que no pase por la puerta o pegue en el techo. Esto se hace desplegando el menú Ver, en la opción Avatar Generador.



**Figura 2.5-05:** Generador de avatar

En este proyecto se ha modificado el avatar convirtiéndolo en una chica rubia de 1,50 m de altura y haciéndola lo más delgada posible.



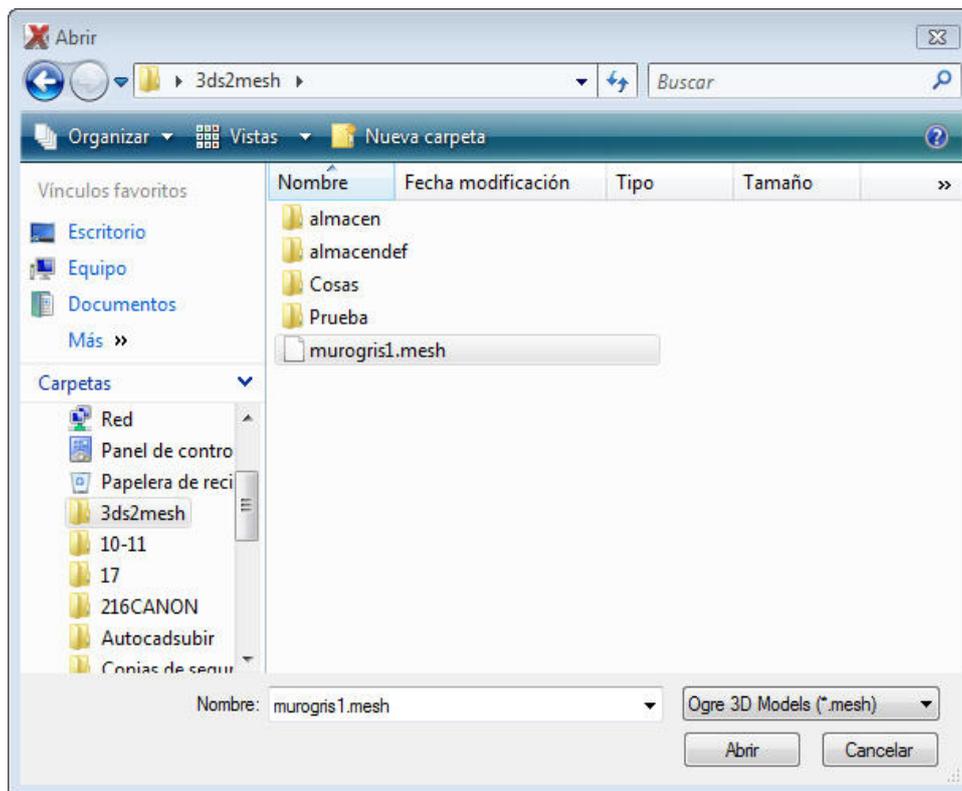
**Figura 2.5-06:** Avatar modificado

Una vez hecho esto se puede empezar a construir. Se decidió comenzar por la estructura exterior para posteriormente introducir la interior empezando por la planta baja y ascender desde ella hasta la superiores. Para construir lo primero es subir los archivos .mesh y .material que hemos creado anteriormente. La forma de realizarlo es en Archivo-> Upload 3D Model.... Aparece lo siguiente:



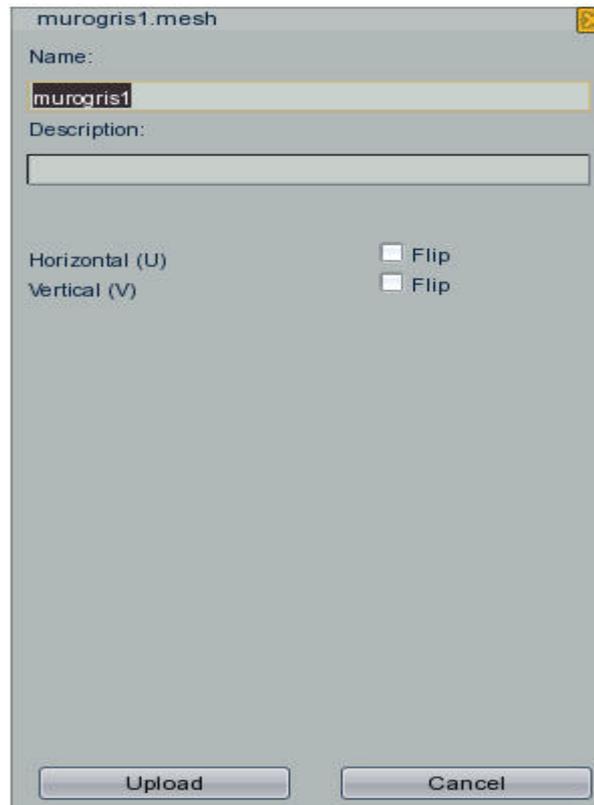
**Figura 2.5-07:** Subiendo las meshes

En el menú que aparece a continuación hay que buscar la carpeta en la que se han creado los archivos que se van a subir, en este caso 3ds2 mesh. Seleccionamos el archivo con la extensión .mesh



**Figura 2.5-08:** Selección archivo .mesh

Al seleccionarlo aparece en pantalla, una ventana de confirmación. Se marca upload y ya se tiene subida la mesh.



**Figura 2.5-09:** Confirmación de la operación

El siguiente paso es hacer lo mismo pero con el archivo material. Los pasos son exactamente los mismos con la salvedad de que aquí es necesario seleccionar Archivo-> Upload Material Script...



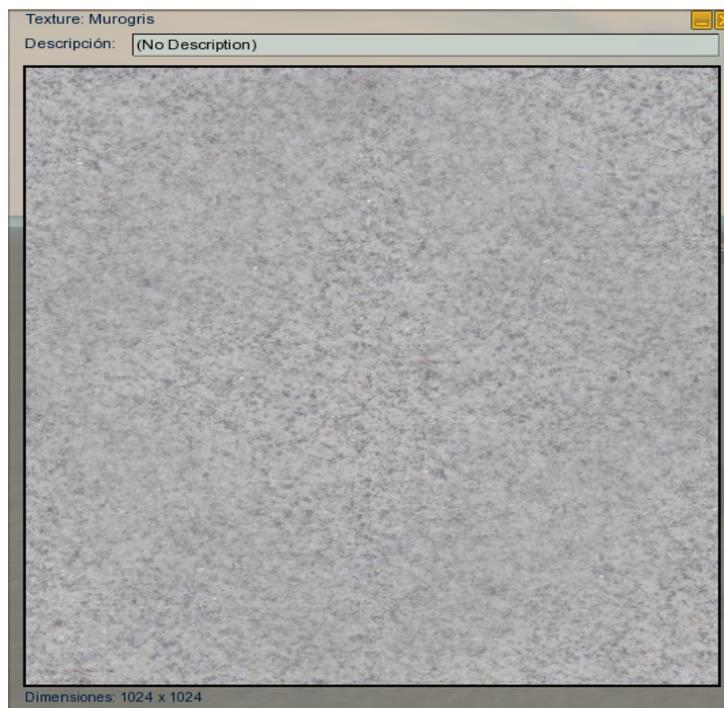
**Figura 2.5-10:** Subiendo el material

Se realizan las mismas operaciones de antes y así estará subido el material. Para finalizar hay que exportar la imagen que se va a utilizar como textura y que fue tratada previamente. Para ello se recurre a Archivo-> Enviar imagen (L\$)...



**Figura 2.5-11:** Exportando la textura

La mecánica es la misma que las anteriores, con la única diferencia de que al ser un archivo de imagen hay que esperar a que cargue. En pantalla se muestra de la siguiente forma:



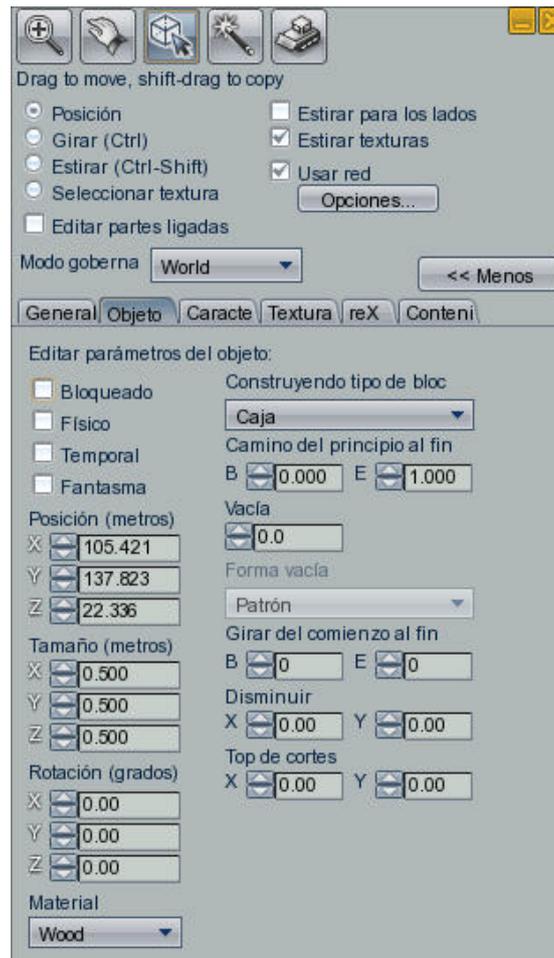
**Figura 2.5-12:** Textura cargada

Una vez realizados estos pasos previos que hay que realizar para cada elemento que se quiera construir, se procede a realizar la construcción propiamente dicha. Para ello hay que fijarse en la barra que aparece en la parte inferior de la pantalla, donde pone Construir.



**Figura 2.5-13:** Barra de herramientas

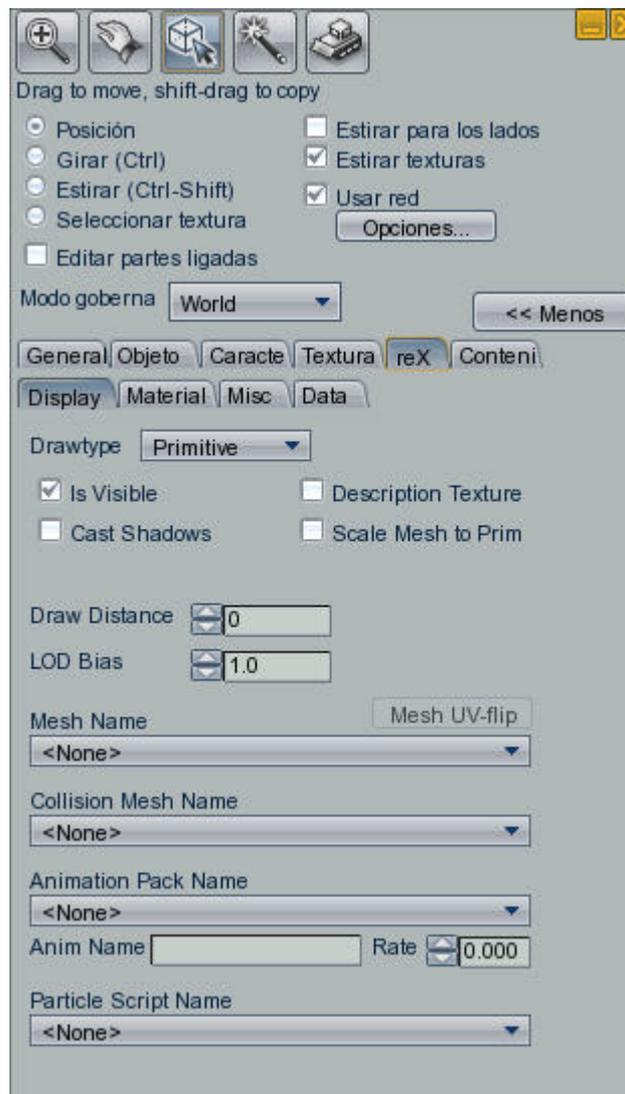
Una vez se pulse la opción Construir, se muestra el siguiente cuadro de diálogo en el que se tiene que seleccionar el cubo que se encuentra en la parte superior izquierda. Una vez seleccionado, picar sobre el terreno con el cursor que aparece a continuación. Aparecerá lo que se conoce como primitiva, que es la forma más básica para construir en RealXtend. A continuación hay que editar dicha primitiva. Esto se realiza activando la pestaña Objeto.



**Figura 2.5-14:** Pestaña Objeto

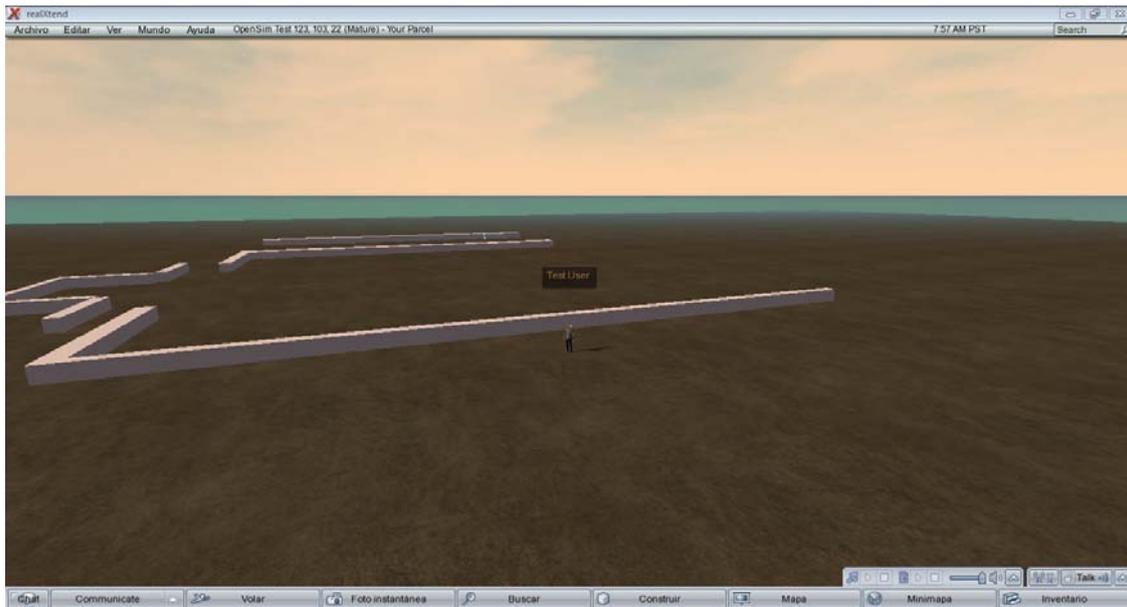
Se muestra en esta pestaña todo lo relativo a la posición y tamaño del objeto que estamos construyendo. Es importante reseñar que en la posición en el eje Z hay que tener en cuenta que el nivel del suelo está a cota 22, por lo tanto si en el archivo de AutoCad se tenía al nivel 0, aquí debe estar en el número 22. En este proyecto se empezó a construir a partir del punto (150, 100, 22). Este punto es un poco aleatorio pero escogido de tal forma que el edificio quedase más o menos centrado y que ninguna parte del mismo quedase fuera de los límites del terreno. También es reseñable el hecho de que por defecto y de manera totalmente ilógica, la escala está a 0.5, por lo tanto hay que cambiarla a 1.

Para finalizar hay que activar la pestaña reX. Se muestra en pantalla lo siguiente:



**Figura 2.5-15:** Pestaña reX

Esta pestaña está subdividida a su vez en otras cuatro, pero sólo será necesario utilizar las dos primeras. La pestaña Display sirve para dar a la primitiva la forma de la mesh y el material que queramos. En las opciones Mesh Name y Collision Mesh Name al picar para abrirlas debe aparecer el nombre de los archivos .mesh y .material subidos anteriormente. Se seleccionan.



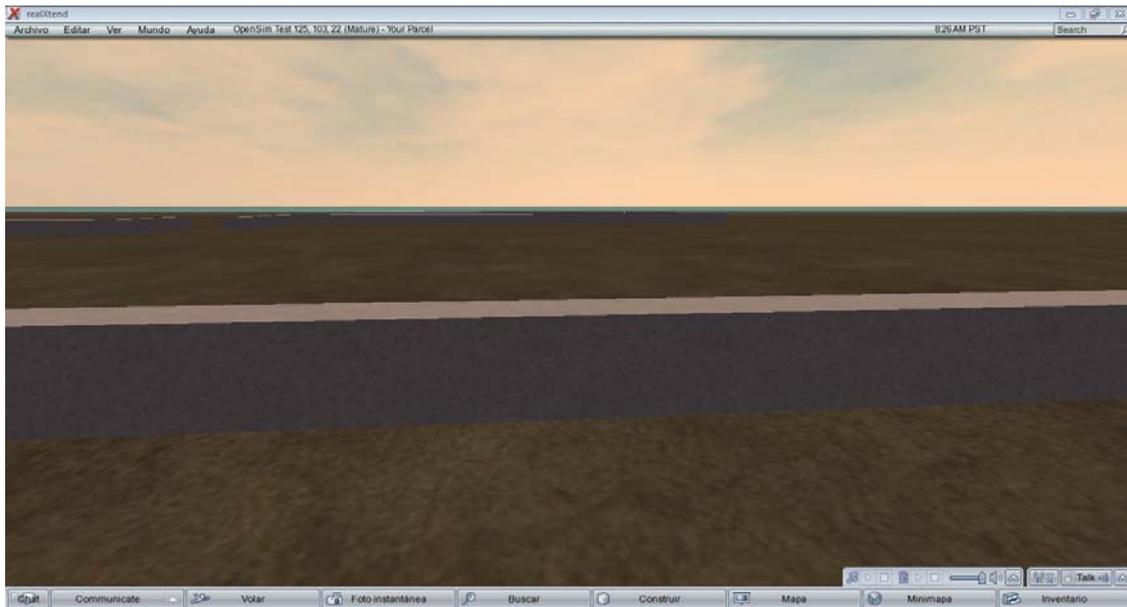
**Figura 2.5-16:** Muro gris construido.

Se puede observar que el muro ya está construido, pero se puede apreciar que está de color blanco, faltaría que tuviera su característico color gris. Para solucionarlo se activa la pestaña Material. Se selecciona la textura subida anteriormente y ya estaría este muro completado.



**Figura 2.5-17:** Dando textura

Ahora estaría finalizado el muro gris y se podría pasar a la siguiente estructura.



**Figura 2.5-18:** Muro Gris 1 finalizado

### 2.5.1: Evolución de la construcción

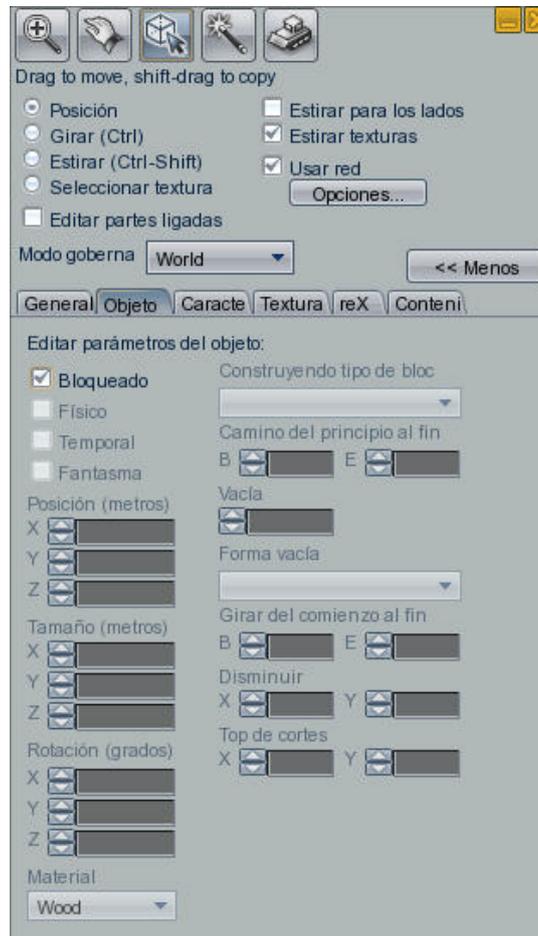
Una vez explicados todos los pasos necesarios para la construcción de un objeto o una estructura, sólo queda mostrar el camino seguido en la construcción del edificio. Como ya se explicó antes se comenzó por la estructura externa para continuar por las plantas interiores.

Dentro de la estructura externa se subió en primer lugar el muro gris que se encuentra debajo del muro de ladrillo y que rodea todo el edificio.



**Figura 2.5.1-01:** Muro gris construido

Es importante reseñar que después de cada construcción se puede bloquear la misma, para evitar así posteriores modificaciones involuntarias. Esto se hace en la pestaña Objeto con la que se trabajó anteriormente, activando la opción Bloqueado.

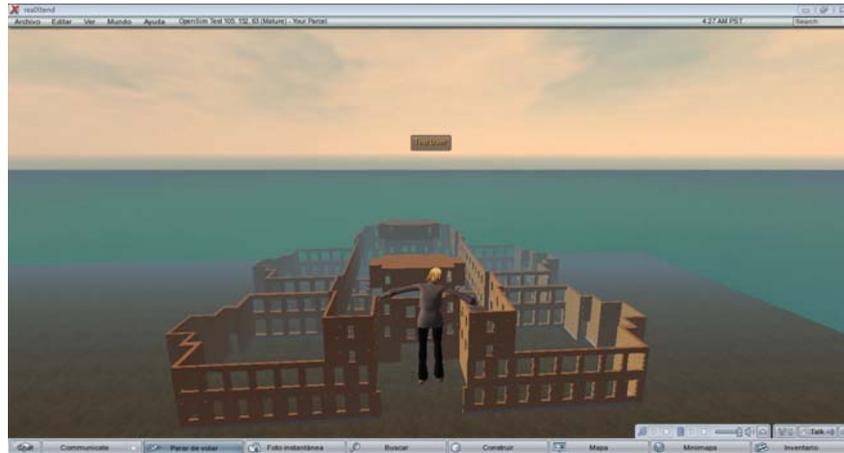


**Figura 2.5.1-02:** Bloqueando la construcción

El siguiente paso fue la estructura propiamente dicha, es decir, toda la que está formada por el ladrillo rojo. Se subió tal y como se había dibujado con AutoCad, con las dos plantas inferiores divididas en cuatro partes, las dos siguientes de una vez y la planta cuarta de forma independiente a las anteriores.

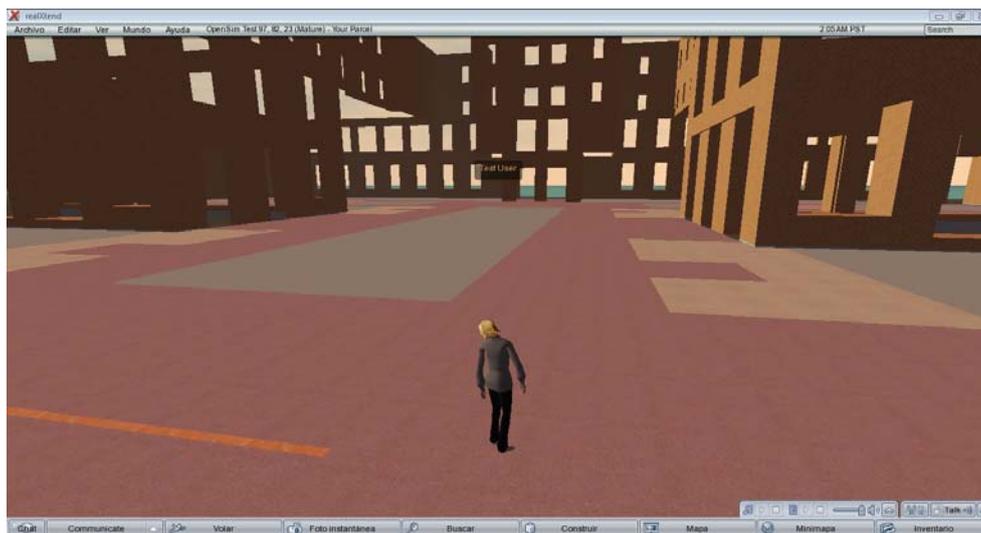


**Figura 2.5.1-03:** Vista de la estructura exterior



**Figura 2.5.1-04:** Vista aérea

A continuación se introdujo el suelo de la escuela, correspondiente a la planta baja con sus correspondientes tonalidades. Se separaron los diferentes suelos, ya que hay que diferenciar el suelo rojo, del blanco de los laboratorios, del suelo de los patios, baños y de las tiras de mármol que se encuentran al lado de las escaleras.

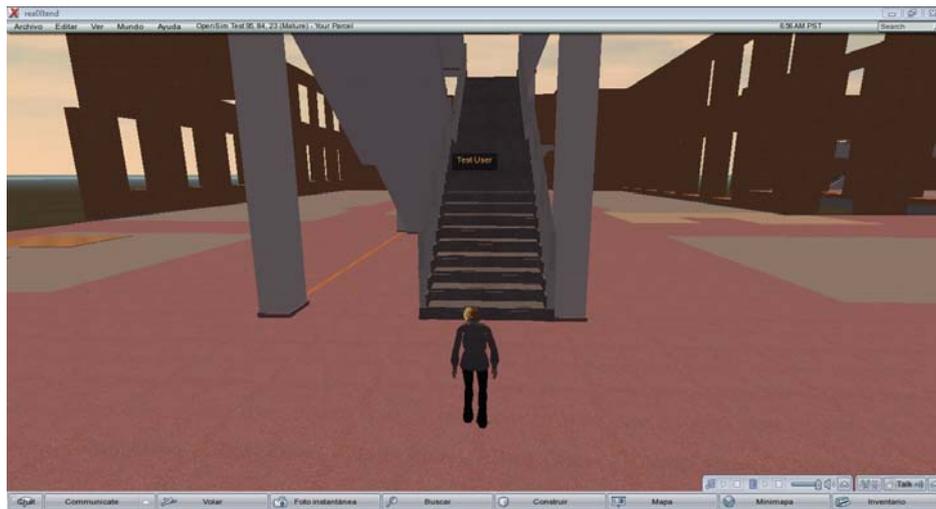


**Figura 2.5.1-05:** Suelo de la escuela con sus texturas

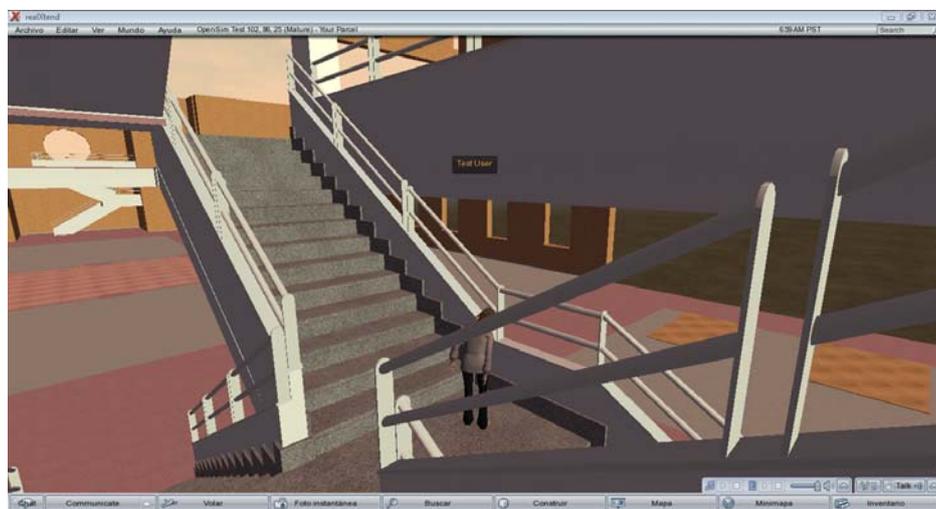
Se puede apreciar que el problema de las formas fractales no se ha conseguido solucionar completamente, pero si se ha conseguido mitigar parcialmente sus efectos, dando un efecto bastante realista.

El siguiente paso consistió en subir las escaleras tanto centrales como las de los extremos. Fue un proceso bastante laborioso, ya que hubo la necesidad de subirlas en partes diferenciadas, debido a su gran tamaño y a que se hacía necesario hacer corpóreas a todas sus partes por motivos más que evidentes. En primer lugar se construyó la zona de mármol que corresponde a la escalera propiamente dicha, después las columnas que recorren el edificio de arriba abajo con sus correspondientes adornos, para finalizar con la parte correspondiente a la escayola y la barandilla que se subieron en el mismo archivo.

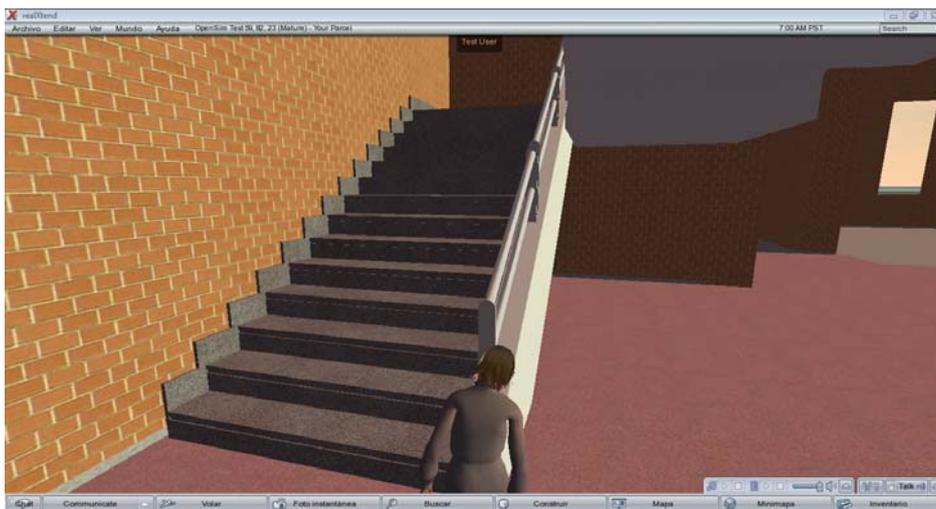
El resultado se puede apreciar en las siguientes figuras:



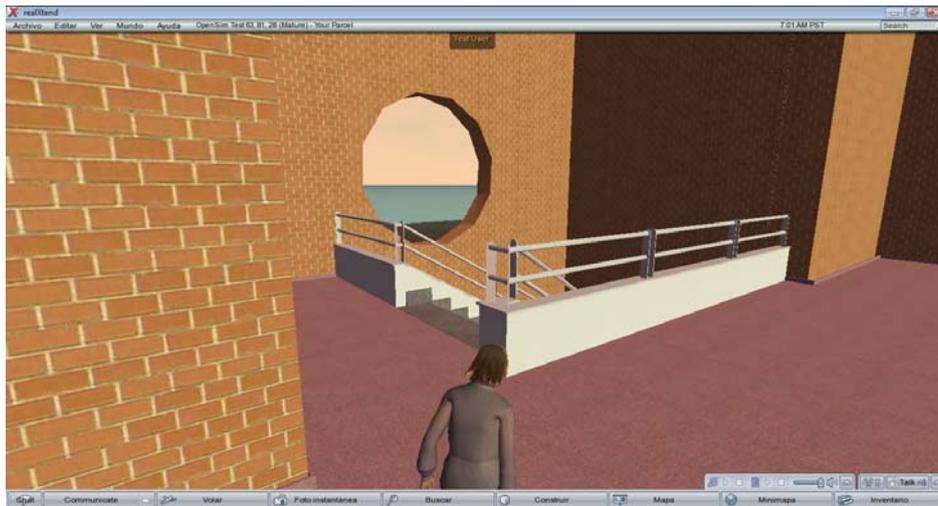
**Figura 2.5.1-06:** Escaleras centrales



**Figura 2.5.1-07:** Descansillo de escaleras centrales

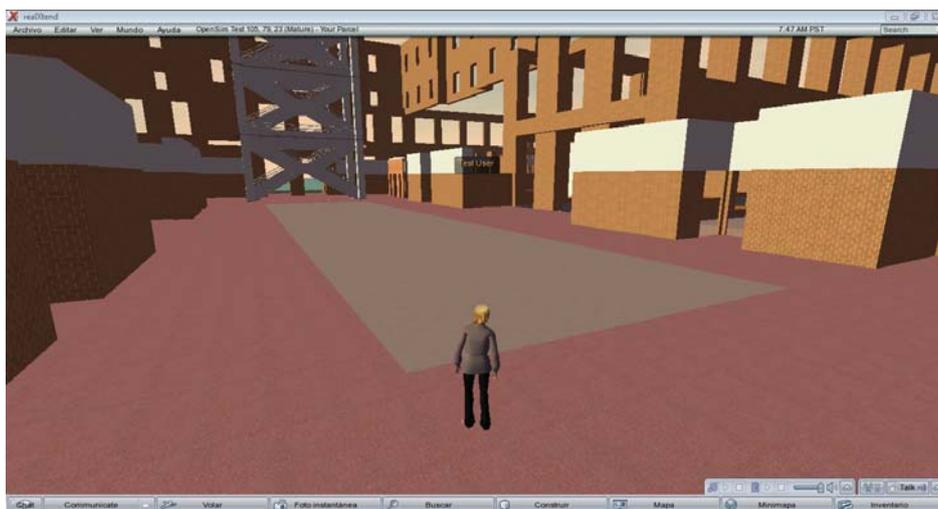


**Figura 2.5.1-08:** Escaleras de los extremos

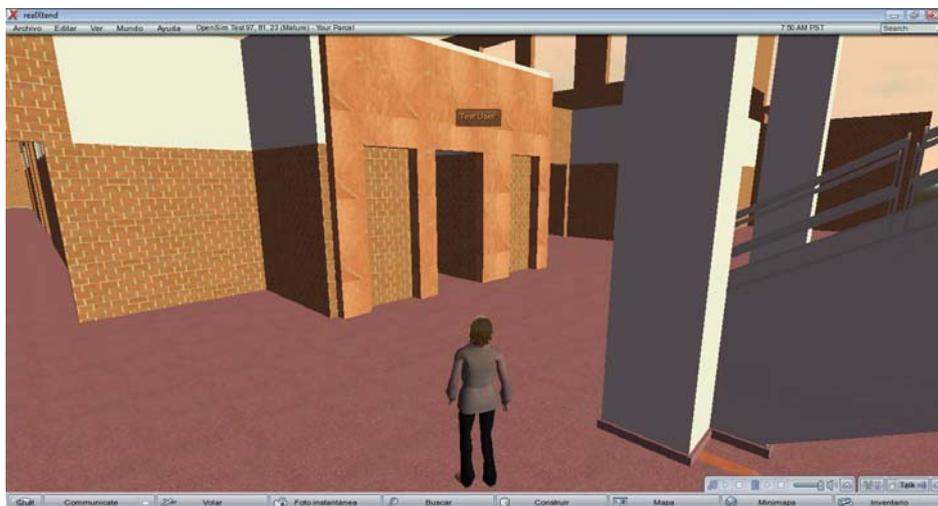


**Figura 2.5.1-09:** Escalera del extremo vista desde el suelo que la acompaña

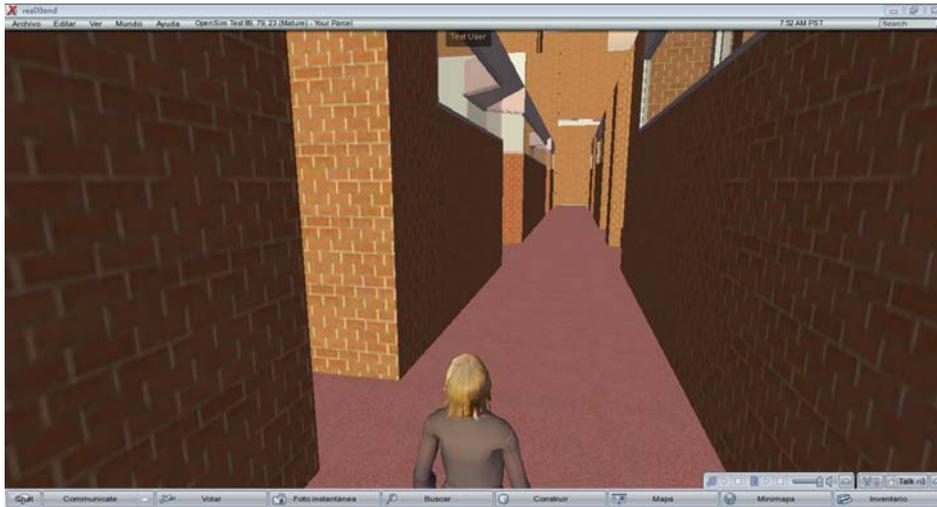
Se continuó con la estructura de la planta baja, añadiendo los dibujos correspondientes al ladrillo rojo, la pared blanca, los marcos y cristales de los laboratorios y la parte de mármol que rodea al ascensor.



**Figura 2.5.1-10:** Parte central



**Figura 2.5.1-11:** Mármol del ascensor



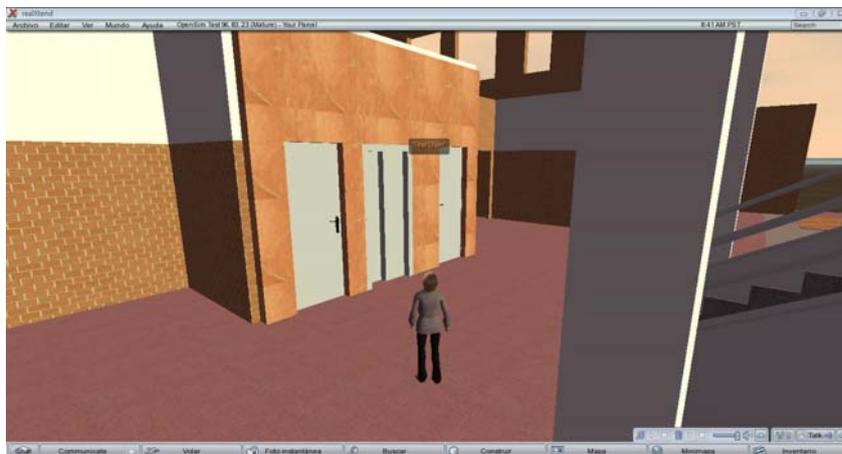
**Figura 2.5.1-12:** Vista de un pasillo de laboratorios con el cristal y el marco

Las columnas que se encuentran en la parte central, con su correspondiente adorno de madera fueron el siguiente elemento introducido.



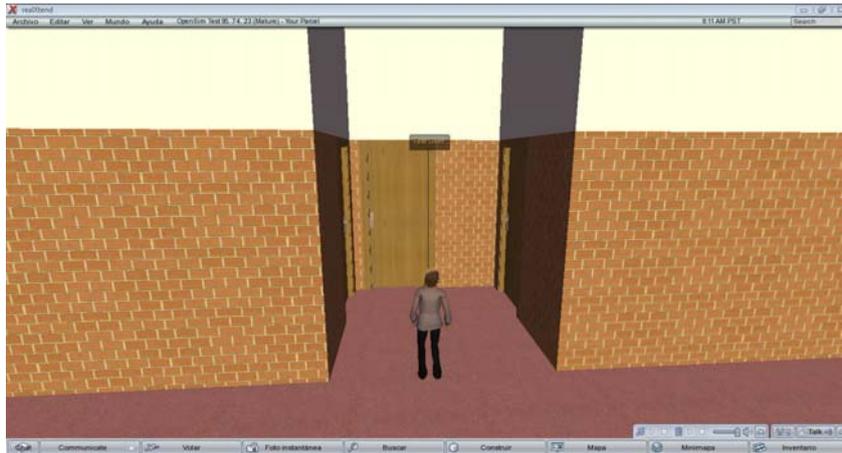
**Figura 2.5.1-13:** Columnas de la planta baja

Las puertas del ascensor así como las puertas que se encuentran al lado del mismo fueron los siguientes elementos introducidos.



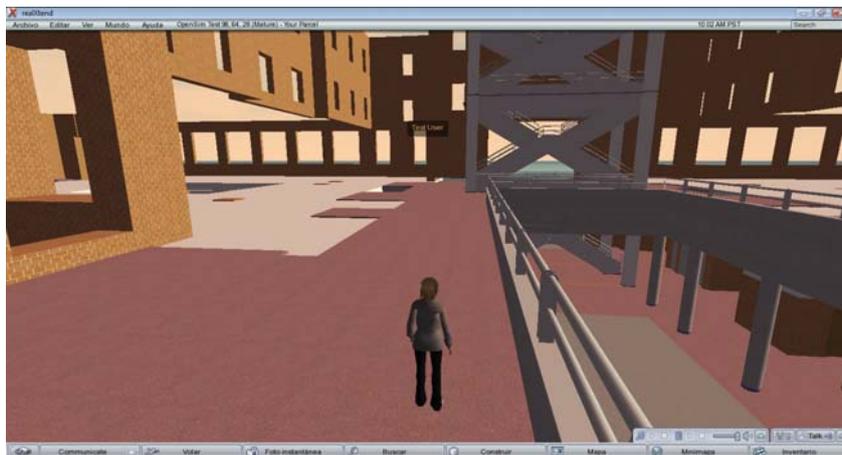
**Figura 2.5.1-14:** Puertas del ascensor y aledaños

Las puertas de los baños se introdujeron en siguiente lugar.



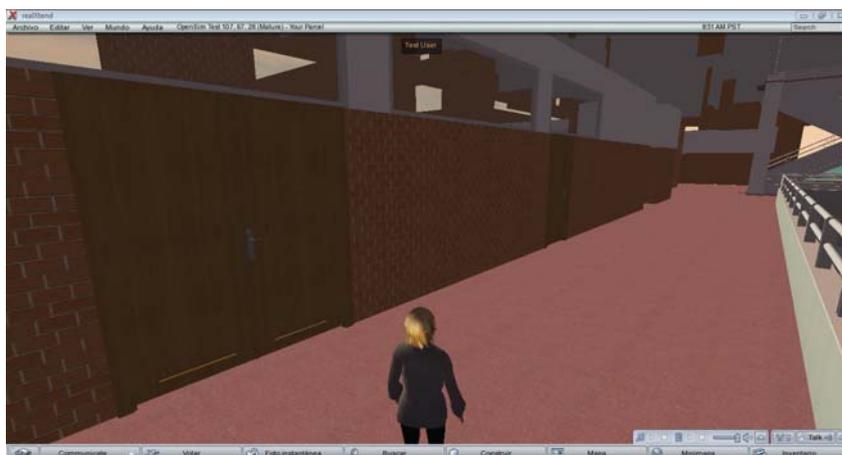
**Figura 2.5.1-15:** Puertas de los baños

Las puertas de los laboratorios debido a su gran número y a su gran tamaño, se dejaron para el final. Por lo tanto el techo de los laboratorios y sus pasillos, así como la zona central fue lo que decidió subirse.

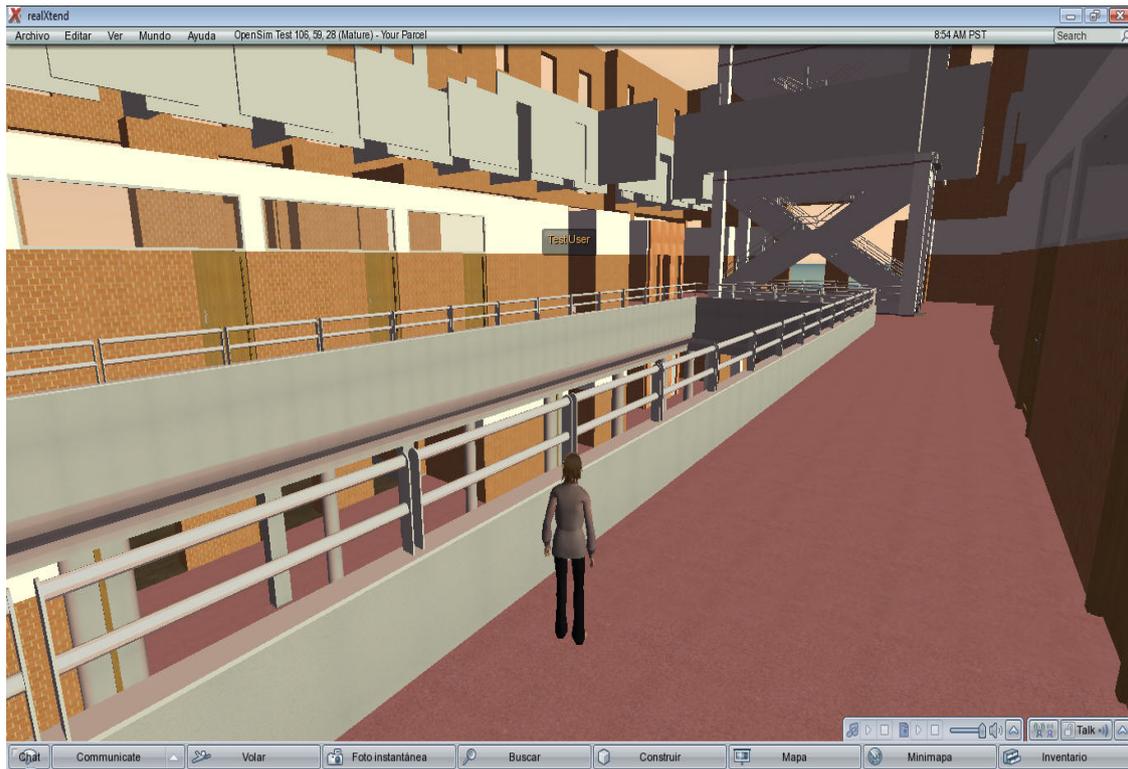


**Figura 2.5.1-16:** Unión de planta baja y planta 1 desde esta última

La planta 1 se modeló de forma análoga a la anterior.



**Figura 2.5.1-17:** Parte central de Planta 1



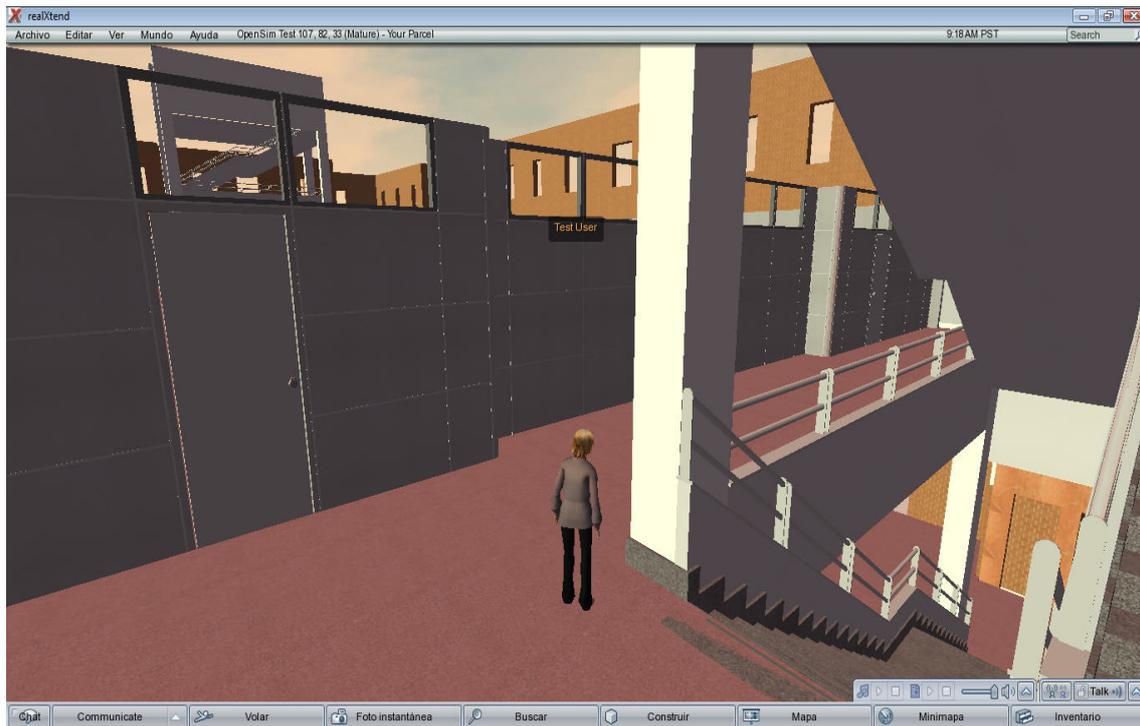
**Figura 2.5.1-18:** Vista general de planta 2

La unión de Planta 1 y Planta 2 se introdujo a continuación.

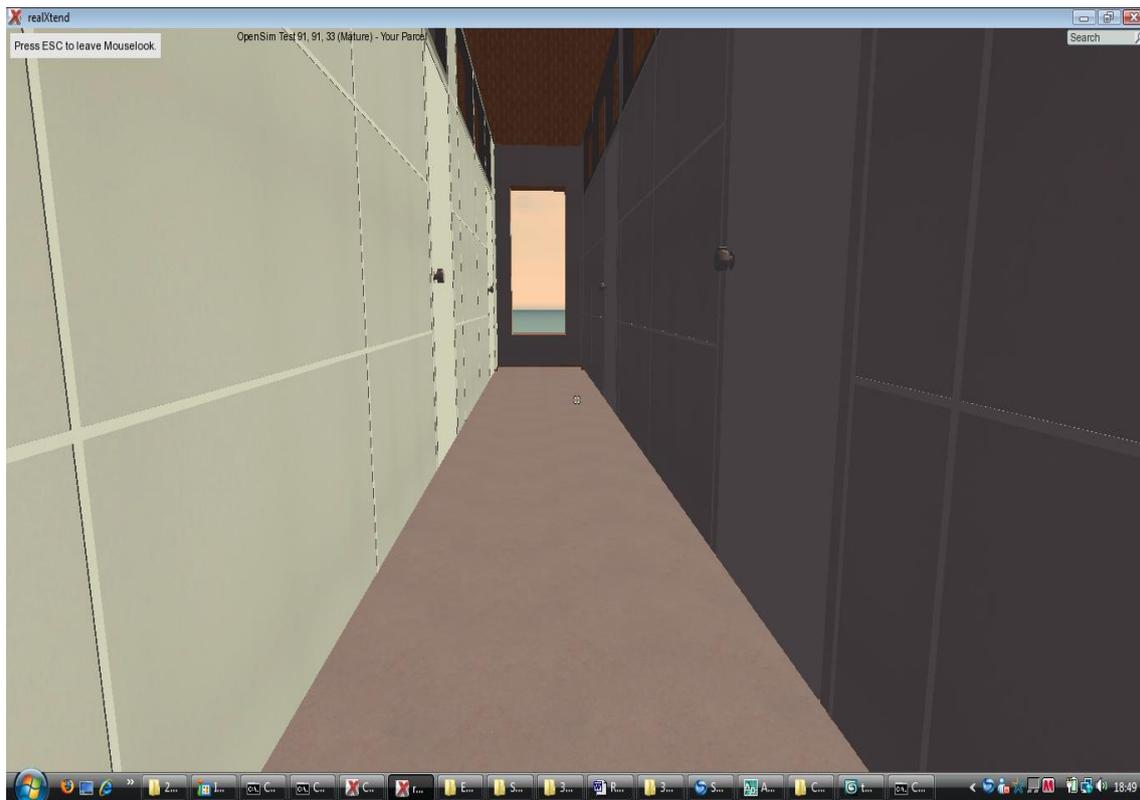


**Figura 2.5.1-19:** Unión Planta 1 con Planta 2

A continuación se prosiguió con la Planta 2



**Figura 2.5.1-20: Planta 2**



**Figura 2.5.1-21: Pasillo de Planta 2**

La planta 3 es exactamente igual que la anterior por lo que no se incluye ninguna foto.

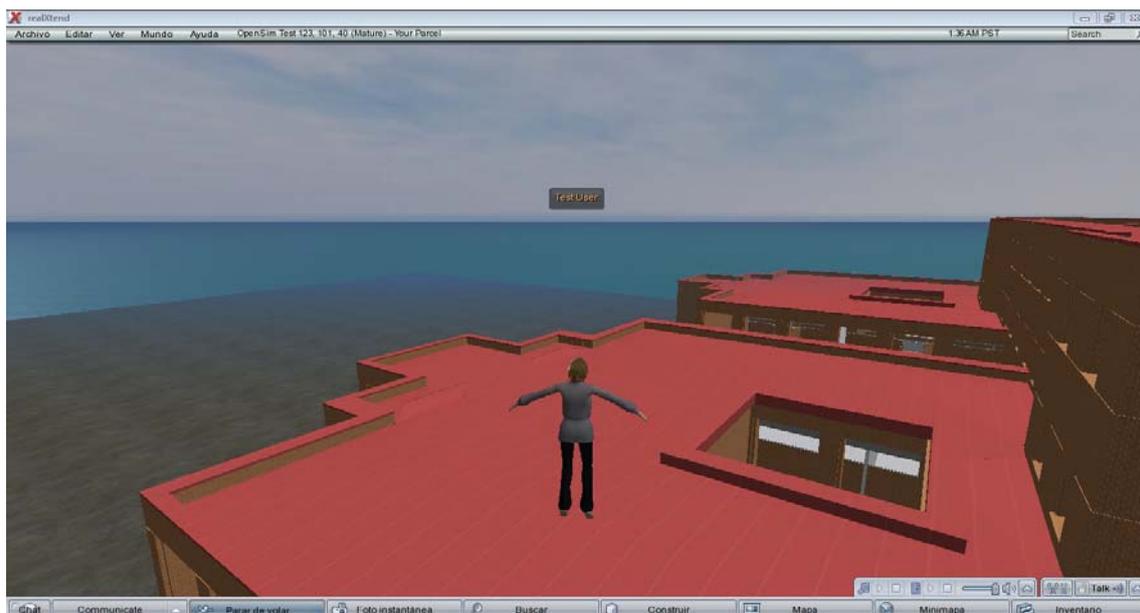
Para finalizar este apartado se introducen las cubiertas y los elementos exteriores como puertas y ventanas.



**Figura 2.5.1-22:** Ventana circular



**Figura 2.5.1-23:** Ventanas



**Figura 2.5.1-24:** Cubierta



**Figura 2.5.1-25:** Puertas de entrada

### 2.5.1: Scripts:

Los scripts son unas herramientas que posee el RealXtend mediante las cuales se le puede dar un toque más realista al edificio. Gracias a ellos se pudieron realizar una serie de animaciones sin las cuales el edificio quedaba bastante irrealista.

El script que más trabajo costó realizar fue el que se encuentra en el cuarto de baño, y que realiza un efecto similar al reflejo de un espejo. Sin este efecto, la construcción del baño no habría merecido la pena. La dificultad del mismo radica en que no es un reflejo sin más, sino que se trata de una primitiva (con las dimensiones del espejo del baño) cuya textura refleja la captura de una cámara que apunta hacia delante. Para conseguir esto, se crea una primitiva, a la cual se le dota de una textura especial (programando en lenguaje python). El texto en python es el que aparece a continuación:

```
import rxactor
import rxavatar
import sys
import clr

asm = clr.LoadAssemblyByName('OpenSim.Region.ScriptEngine.Common')
Vector3 = asm.OpenSim.Region.ScriptEngine.Common.LSL.Types.Vector3

import random
import math

class RttCam(rxactor.Actor):
    def GetScriptClassName():
        return "samplemirror.RttCam"

    def EventCreated(self):
        super(self.__class__,self).EventCreated()
        print "samplemirror.RttCam EventCreated"
        self.command = 1 # 0 - remove, 1 - add
        self.MyWorld.MyEventManager.onAddPresence +=
self.handleOnAddPresence
        print "testambient.Ambient EventCreated"

    def EventDestroyed(self):
        self.MyWorld.MyEventManager.onAddPresence -=
self.handleOnAddPresence
        super(Ambient,self).EventDestroyed()

    def handleOnAddPresence(self,vAvatar):
        pos = self.llGetPos()
        lookAt = pos + Vector3(0.01, 0, 0) * self.llGetRot()
        cameraName = "mirror_cam"
        textureId = "1a7a0fe3-cala-4793-a215-71cf0f56607e" #Textura
para el espejo
        textureWidth = 512
        textureHeight = 512

vAvatar.rexRttCameraWorld(self.command,cameraName,textureId,pos,lookAt
, textureWidth, textureHeight)
```

El siguiente script que se consiguió realizar consistió en la pantalla que aparece a la entrada del edificio. La dificultad se encontraba en este caso en que la imagen de la misma no era constante, sino que son una serie de anuncios que se suceden. Se buscó la forma de realizar una página web en la cual aparecieran una serie de imágenes, las cuales se sucedieran de forma similar a como aparece en la televisión. Tras crear la página web, se consiguió enlazar la textura de una primitiva a ese dominio. Este es un proceso mucho más sencillo que el script anterior, pero los resultados son igualmente llamativos. Para realizar este script, los pasos a seguir son los siguientes:

Creo una primitiva con el tamaño de la pantalla.

Aplico una textura, la cual se tratará para que aparezca la que deseamos

Pincho en el inventario, selecciono la textura, y con el botón derecho abro las propiedades.

Dentro de la opción URL, introduzco la dirección de la página web que queremos que aparezca en pantalla. Es importante que el tiempo de refresco de la dirección que hallamos puesto no sea muy rápido, porque sino se queda la primera imagen en el RX y no cambia.

Una vez hecho esto, se procede a revestir la primitiva con la forma de la pantalla de la televisión ( esto se hace con un archivo importado de AutoCAD).

El último de los que se han incorporado al edificio, fue el de abrir y cerrar puertas. A pesar de que sea el menos vistoso de todos, es igualmente importante, ya que sino habría que tener las puertas del edificio abiertas, o peor aún, hacerlas inmateriales y atravesarlas (efecto que sería muy poco realista). Para realizar este script, es necesario crear las meshes de manera que el eje z coincida con el eje de rotación que queremos en el RealXtend. El script es el siguiente:

```
integer vgIntDoorSwing = 90;
rotation vgRotDoorSwing;

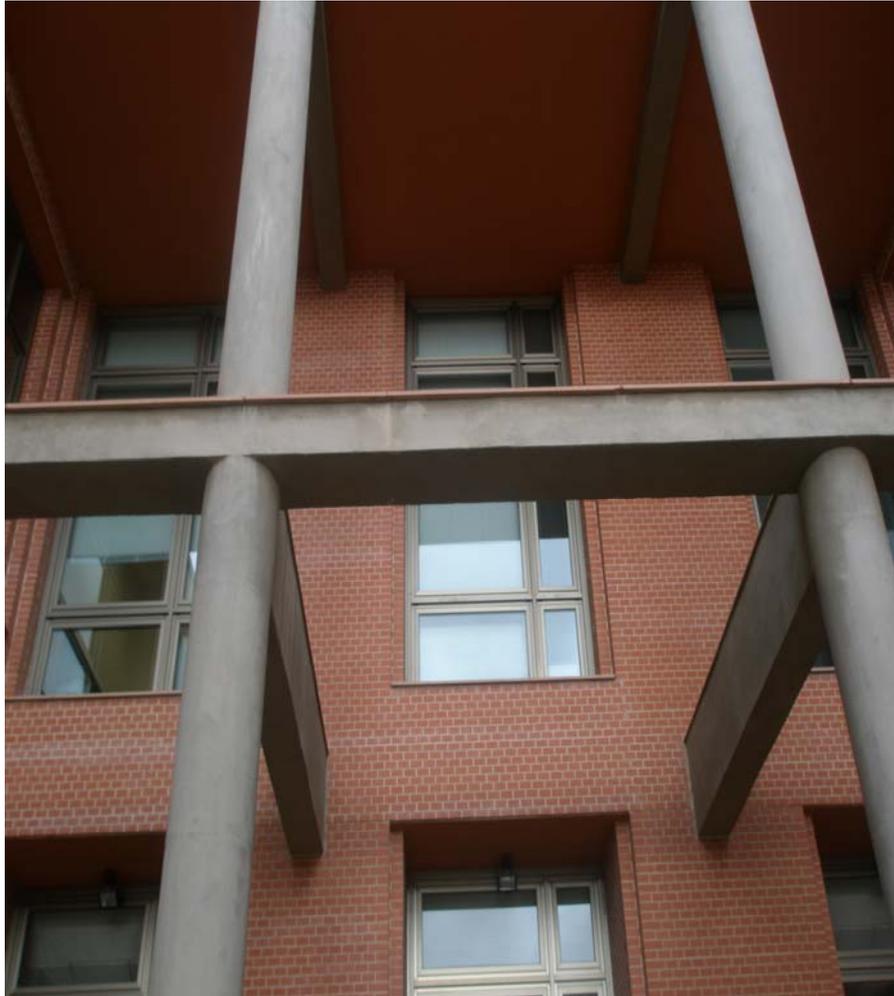
default{
  state_entry(){
    vgRotDoorSwing = llEuler2Rot( <0.0, 0.0, vgIntDoorSwing> *
DEG_TO_RAD );
  }
  touch_start( integer vIntTouched ){
    vgRotDoorSwing.s *= -1;
    llSetLocalRot( vgRotDoorSwing * llGetLocalRot() );
  }
}
```

# **3.- PROBLEMAS**

En este apartado se van a explicar las principales dificultades que se encontraron a la hora de realizar este proyecto.

El primero de ellos fue descubrir que los planos no se ajustaban para nada a la realidad, y por lo tanto fue necesaria la búsqueda de alternativas para conocer las medidas reales del edificio. Esta solución provocó un retraso de varios días en el comienzo del proyecto, debido a que no se podía empezar a dibujar sin tener conocimiento de las dimensiones del edificio.

Mientras se realizaban estas mediciones se comprobaron diversos fallos en la estructura edificio, tales como las columnas torcidas que se pueden apreciar en la Figura 3-01, o el hecho de que las ventanas no están alineadas a la misma distancia.



**Figura 3-01:** Columnas del patio torcidas

Evidentemente no se tuvo en cuenta esta inclinación a la hora del modelado, sino que se realizó de forma que las columnas se encontraran rectas, tal y como deberían haber sido en la realidad. Otro de los grandes errores que presenta el edificio, y que llamó la atención notablemente fue el echo de que las puertas de emergencia están permanentemente cerradas con llave.

Lo que más sorprendió durante este proceso de mediciones es que hay partes del edificio que tienen cuatro escalones de acceso, mientras que otras tienen tres, siendo los escalones de la misma altura, lo que causó más de un quebradero de cabeza. Finalmente y gracias al metro láser se pudo apreciar que la entrada al patio lateral tiene un suelo con una pequeña inclinación, imperceptible al ojo humano y además inconstante pero que hace la cota al comienzo del mismo no sea la misma que en su final.

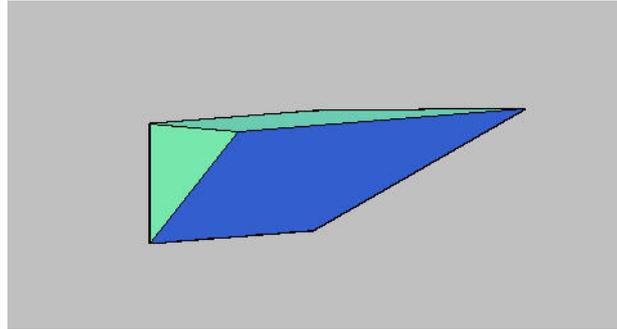


**Figura 3-02:** Patio con suelo inclinado.

En la parte de mediciones no se encontró ningún otro problema, más allá de la dificultad de tomar algunas medidas en cotas muy altas, como ya se explicó en su momento.

En un principio se pensó que las principales dificultades acabarían aquí y que el trabajo con el ordenador sería mucho más sencillo por ser este un medio de trabajo mucho más eficiente, pero nada más lejos de la realidad.

Se comenzó como ya se explicó antes por el trabajo con AutoCAD, el cual en muchos aspectos resultó ser una pesadilla. Por recomendación del tutor se dividió el dibujo total del edificio en muchos subarchivos para que el programa no se saturara y poder trabajar cómodamente, pero esta medida resultó ser totalmente insuficiente, ya que en cuanto se trabajaba con un número un poco grande de capas (cuatro o cinco), el programa se volvía completamente loco. Funciones tan sencillas en principio, como, utilizar el zoom, cambiar el color de una capa o seleccionar un objeto determinado resultaban completamente imposibles. Especialmente molesto resultó el comando Copiar y Pegar. Algo tan simple como copiar un objeto y pegarlo en cualquier otra parte se convertía en una verdadera odisea, ya que generalmente se pegaba cualquier otro objeto con el que se había trabajado días antes. Era necesario repetir el comando varias veces (podía llegar a diez minutos) para poder conseguir un resultado satisfactorio. Como ejemplo se puede ver en la Figura 3-03, el adorno de yeso que se encuentra encima de las puertas de los laboratorios y cuyo dibujo puede parecer bastante simple, pero que requirió un día entero debido a que AutoCAD no permitía hacerlo de ninguna forma posible.



**Figura 3-03:** Adorno encima de puertas de laboratorio

Finalmente se tuvo que recurrir a no poder dibujarlo directamente, sino que se hizo necesario dibujar un prisma y aplicar las diferencias necesarias para dar la forma requerida.

Otro motivo de queja sería que cada cierto tiempo y mientras se estaba dibujando, de repente aparecía en pantalla el mensaje: “Error fatal. Violación del sistema”, con lo cual el programa se cerraba, con la correspondiente pérdida de la información que no hubiera sido guardada.

Pero quizá el gran problema que surgió con AutoCAD fue a la hora de juntar todos los dibujos de una capa para poder subirlos con mayor comodidad a RealXtend. Por motivos que se desconocen, había ocasiones en las que el programa te dejaba hacerlo con la mayoría de objetos que se deseaban unir menos con uno en concreto. Como ejemplo para dar mayor claridad a lo expuesto, se puede poner el de las tiras grises que se encuentran en las paredes de las Plantas 2 y 3. Cuando se intentaba juntar todas, el programa se negaba, mientras que si se intentaba hacer juntando unas pocas cada vez si que te lo permitía al principio, pero llegaba un momento en el que se negaba. El motivo era que, por las razones que fuesen, había una entre las innumerables tiras que el programa no podía detectar, por lo que era necesario sustituirla por otra exactamente igual. Una vez realizado este laborioso proceso entonces sí que se podían unir todas. Este fallo se encontró en la mayoría de archivos.

Por si fueran baladíes los problemas comentados anteriormente, cuando faltaban tan sólo quince días para la finalización del proyecto, el programa dejó de funcionar en el ordenador de uno de los proyectistas sin previo aviso y sin razón aparente. Este problema se intentó superar de varias formas, la última que se intentó fue desinstalar el programa del ordenador, reinstalarlo, y partir de cero, pero aún así se hizo imposible corregir este fallo, con lo que se tuvo que recurrir a usar solamente uno de los dos ordenadores disponibles para dibujar.

El siguiente programa con el que se trabajó fue el Autodesk 3dStudio. Debido a que las funciones que se requerían del mismo eran bastante escasas, no se encontraron excesivas complicaciones a la hora de utilizarlo. El principal fallo que se le

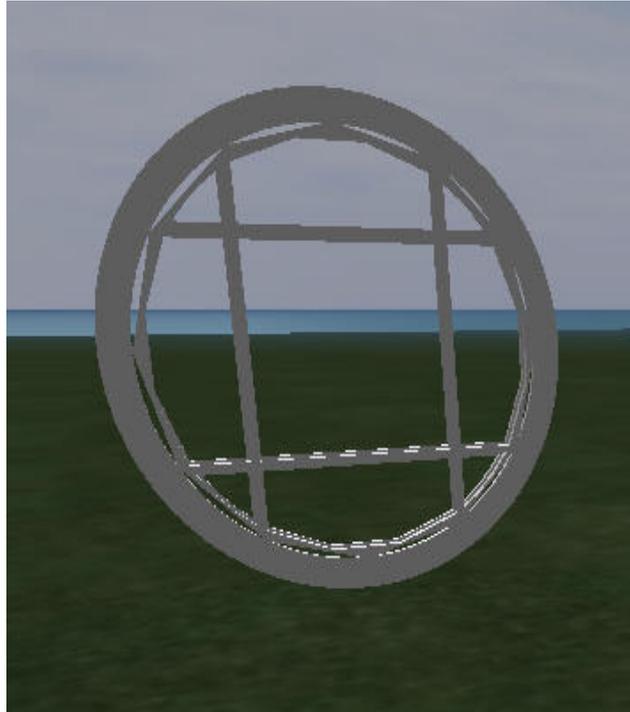
pudo encontrar fue su exasperante lentitud a la hora de arrancar, que llevaban a que la persona que quería utilizarlo se dedicara a otras tareas mientras cargaba. Además no se podía importar el archivo requerido de AutoCAD e inmediatamente exportarlo, sino que desafiando toda lógica, era necesario una vez importado, guardarlo, cerrar el programa y una vez abierto, después de una larga espera nuevamente, exportarlo a la carpeta que se deseara. Más allá de estas pequeñas molestias, el Autodesk 3dStudio resultó ser un programa bastante fiable.

El trabajo con RealXtend resultó ser también generador de numerosos disgustos. A la hora de construir las diferentes primts, fue necesario ser extremadamente rigurosos con las coordenadas que se introducían, pero en más de una ocasión, a pesar de las precauciones adoptadas, el objeto que se construía no se situaba en el lugar deseado, y era necesario repetir el proceso. Sin embargo el principal inconveniente fue la incapacidad del programa para trabajar con archivos de un tamaño mayor a 1,5 Mb, lo que motivó que se necesitase subir la mayoría de dibujos fragmentados en sus distintas capas. Como ejemplo se pueden poner las escaleras, que fueron necesarias subir separando la parte de mármol, las columnas, las barandillas y la escayola. Las veces que se intentó subir cualquier archivo de mayor tamaño, el avatar dejó de responder y el programa se quedó colgado.

Otro problema fue que una vez construido y editado un objeto, si su correspondiente primt se encontraba relativamente alejada, no podía ser modificado posteriormente, lo que hacía que el margen de error fuese nulo.

Estos problemas hicieron que fuese necesario crear una copia de seguridad prácticamente cada vez que se construía un elemento nuevo, teniendo que abrir y cerrar el programa continuamente, lo que derivó en una gran pérdida de tiempo.

Pero quizá la peculiaridad de RX más molesta, fue su incapacidad de detectar formas redondeadas, lo que motivó que todos los archivos de AutoCAD con esa forma tuvieron que ser redibujados como polígonos de 64 lados. Se puede apreciar esto en la Figura 3-04, en la que se ve una de las ventanas circulares, cuyo borde exterior es un polígono, mientras que la interior no se ha modificado.



**Figura 3-04:** Ventana circular con un borde modificado y otro no

Además de estos problemas en la construcción, surgieron complicaciones con el avatar. Como ya se comentó en su apartado correspondiente fue necesario reducirlo a dimensiones prácticamente liliputienses, debido a que en caso contrario el avatar no era capaz de atravesar puertas abiertas o subir escaleras por no caber entre ellas.

Realmente sólo hubo dos programas que no dieron ningún fallo y cuyo trabajo con ellos resultó satisfactorio.

El primero fue el Image Composer, con el que se trataron las texturas. El único motivo de queja podría ser que había determinadas operaciones que una vez realizadas no se podían deshacer, lo que no dejaba margen de error, pero se solucionaba fácilmente realizando un copia-pegar (que aquí sí que funcionaba) antes de cada acción.

Realmente en el tratamiento de texturas se utilizó también el Gimp 2, pero su uso en este proyecto fue tan limitado que realmente era casi imposible que diese problemas.

El segundo fue el programa utilizado para las capturas de pantalla, el Snag It 8. Desde el principio resultó ser increíblemente eficaz, rápido e intuitivo, lo que aceleró bastante el trabajo.

Todos estos problemas motivaron que aunque se consiguieran cumplir los objetivos iniciales casi en su totalidad, no se pudiera ir más allá. Con el número de horas invertidas y todo el trabajo que se dedicó, es muy probable que se hubieran superado con creces las expectativas creadas al comienzo y se hubiese podido realizar el modelado de varias dependencias interiores.

# CONCLUSIONES

Una vez que se ha concluido el proceso de creación de este proyecto, se ha querido verificar si se habían cumplido los objetivos que previamente se habían planteado.

Estos objetivos se explicaron en el apartado 2-Objetivos, y se resumían en realizar una visita virtual del edificio tecnológico de manera que resultara lo más parecido a un paseo real por el mismo. Este objetivo general, que está compuesto por una serie de objetivos más sencillos, se consiguió cumplir. A continuación se detallaran los puntos intermedios que se cumplieron, y los que no:

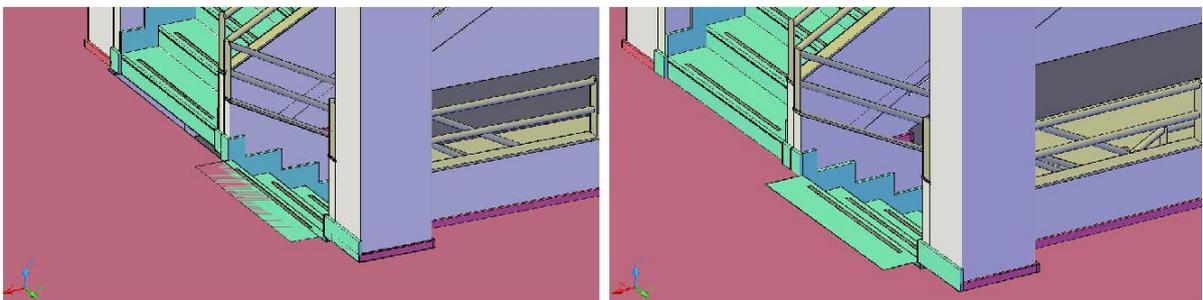
Como ya se comentó en el apartado 2, la idea de realizar las dos primeras plantas con el máximo nivel de detalle (despachos, mobiliario, dependencias...) fue desechada. La idea que la sustituyó fue realizar toda la estructura interna y externa del edificio, mostrando únicamente dos dependencias (los cuartos de baño y el laboratorio H3). La falta de tiempo hizo que más adelante, se decidiera realizar únicamente uno de los baños. Se optó por que el baño que debía ser modelado fuera el que se encuentra a la derecha de la entrada principal, ya que es el primero que se encuentran las personas que hayan visitado alguna vez este edificio. El laboratorio H3 también se modeló, y se intentó realizar todo su mobiliario. Dado la gran cantidad de objetos que se encuentran en el mismo, se optó por modelar exclusivamente aquellos elementos que siempre estén en él: ordenadores, pizarra, mesas, sillas, estanterías... y no realizar aquellos que pueden ser alterados fácilmente, es decir: cuadernos de dibujo, planos de las estanterías, material de dibujo etc. La conclusión es que se cumplió el objetivo parcialmente, y no fue completado en su totalidad por la falta de tiempo, ya que se prefirió centrarse en otros aspectos que se consideraron prioritarios en el proyecto. En la figura 01 podemos apreciar aquellos elementos del laboratorio H3 que se decidieron no dibujar.



**Figura 01:** Objetos que no se modelaron

Otro de las metas que se plantearon consistía en obtener el mayor número de medidas, y con una precisión tal que a la hora de modelar el edificio, se consiguiera una representación realista del mismo. Este proceso fue cumplido con una precisión que roza la perfección, ya que los tres instrumentos que se utilizaron eran los adecuados, y el que se utilizó para tomar aquellas medidas que requerían de gran exactitud, fue el metro láser que cuenta con una precisión milimétrica, además del trípode que reduce notablemente cualquier error introducido por el factor humano. Un ejemplo que refleja la exactitud de las medidas, se dio cuando se pegaron dos pasillos que se habían modelado por separado. Inicialmente se pensaba que había un error de 1 metro (un fallo que no era aceptable), sin embargo cuando se comprobó en el dibujo, todo cuadraba perfectamente, y se recordó la diferencia de escalas que había entre el archivo “edificio.dwg” y el resto de archivos. Finalmente se constató un error de 1 milímetro en dos pasillos de más de 25 metros cada uno. Las medidas que no se podían medir por limitaciones de presupuesto y por seguridad (cubiertas y alzados principalmente), se tomaron de los planos del edificio. Dado que la construcción no es fiel a lo que ponen los planos, se tuvo que recurrir a buscar lugares y procesos alternativos para utilizar los planos el menor número de veces posibles. Aun así, fue necesaria su utilización en ciertos casos.

El siguiente paso que se marcó consistía en modelar todas las partes del edificio, de manera que encajaran a la perfección unas con otras. Este objetivo también fue cumplido (con excepción de pequeñas imperfecciones milimétricas). Esta tarea no resultó nada fácil, ya que se dibujaron las partes del edificio por separado, y luego a la hora de ensamblar unas con otras, muchas veces no se había conseguido el resultado esperado. En la figura 02 podemos apreciar un ejemplo de alguna de las correcciones que fue necesario realizar.

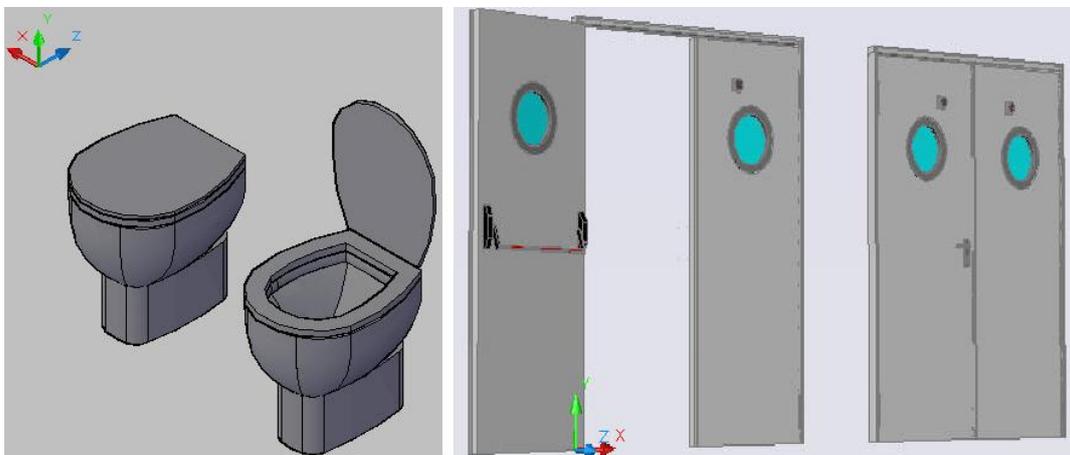


**Figura 02:** Corrección en la escalera central

El siguiente paso consistió en trasladar todos estos archivos al mundo virtual de RealXtend, un proceso que aunque sea muy laborioso, ya que hay que utilizar varios programas intermedios, no presenta mayor complicación. Con lo que se puede decir que se consiguió el resultado deseado.

Una vez que los elementos modelados en AutoCAD se encontraban en nuestro mundo virtual, se intentó hacer que el mundo virtual fuese lo más parecido posible a la realidad. Este objetivo se cumplió parcialmente, ya que se pretendía que el mundo virtual fuese exactamente igual que el real (algo prácticamente imposible teniendo en cuenta el tiempo del que se disponía y los medios utilizados).

El primero de los pasos a la hora de dotar al edificio de esta fidelidad a la realidad, consistió en modelar los elementos de forma que pareciese que el edificio estaba vivo, ya que una repetición de elementos totalmente iguales, no da la sensación de dinamismo en un edificio. Podemos observar en la figura 03, un ejemplo de elementos que se modelaron de formas diferentes para dar esa sensación de dinamismo.



**Figura 03:** Elementos dibujados de formas diferentes

Otra forma de dotar de realismo al edificio fue buscar un tipo de texturas adecuadas para cada parte del edificio. Este proceso, que se explicó anteriormente en el apartado 3.4 - Image Composer supuso un pequeño paso para los proyectistas, pero un gran paso para el proyecto. Se puede ver en la Figura 5-04, la gran importancia que tienen las texturas a la hora de darle realismo a un elemento del mundo virtual. También se había planteado realizar objetos con una determinada transparencia (lo cual se consiguió fácilmente, consiguiendo cambiar la opacidad desde 0 hasta 100). También se consiguió realizar una serie de formas que emitieran luz, dado que al ser un edificio cerrado, existían muchos lugares en los que la luz natural no incidía. Este tipo de material se consiguió tener en nuestro mundo virtual.

El último de los objetivos que se plantearon inicialmente consistió en realizar una serie de scripts que permitieran abrir y cerrar puertas y ventanas. Este último objetivo no se cumplió en su totalidad, dado que se creía que se realizaba un único Script para abrir y cerrar todas las puertas de un mismo tipo, pero no fue así. Para cada puerta individualmente se requería un Script, con lo que se hacía necesario subirlas al RealXtend una por una. Esto suponía un gran desperdicio del tiempo, con lo

que se optó por poner las puertas de las dependencias en las que no se iba a entrar cerradas, y las puertas por las que se pretendía pasar si se realizaron con Script. En cuanto a las ventanas, se decidió que no merecía la pena realizar un Script para abrirlas y cerrarlas, dado que no conducen a ningún sitio, y tienen la transparencia suficiente para contemplar la vista a través de ellas.

Estos fueron los objetivos planteados, lo cuales se han completado casi en su totalidad. Los pocos objetivos que no se han conseguido tener en el proyecto se han debido a la falta de tiempo, más que a la imposibilidad de conseguirlos.

Otro aspecto que se debe resaltar en la construcción de un edificio real en un mundo virtual, es la rapidez con la que cambia el mismo. Esto hace que sea muy difícil tenerlo actualizado en todo momento. En la figura 05 podemos ver un ejemplo de elementos que han aparecido en el edificio desde septiembre del 2009, hasta noviembre del mismo año.



**Figura 05:** *Diversos objetos que aparecieron posteriormente al modelado*

Tomando como partida este trabajo de fin de carrera, y a partir de la construcción del Edificio Tecnológico y las posibilidades que ofrece el programa RealXtend, se podrían realizar diversas ampliaciones buscando una interacción del avatar con el entorno y con otros avatares, se anima a los alumnos de la Escuela de Ingenierías a que continúen, partiendo de la base que se ha realizado, una serie de ampliaciones que hagan que la Universidad de León pueda ser visitada y conocida desde cualquier punto del mundo, a través de internet. Además de facilitar la conexión entre alumnos, profesores y administración a través de estos mundos virtuales que poco a poco empiezan a formar parte de nuestra vida cotidiana.

# **BIBLIOGRAFÍA**

**Libros:**

- Omura, G. (2007). "AutoCAD 2007". Madrid: Ed. Anaya Multimedia
- Plaza Medina D. (2009). "3ds Max2009. Guía Práctica". Madrid: Ed. Anaya Multimedia
- Crawford, Mike (2007). "500 trucos, sugerencias y técnicas Photoshop". Londres: Ed. Society for Nes Design

**Páginas web:**

- [www.realxtend.org](http://www.realxtend.org)
- [www.secondlife.com](http://www.secondlife.com)
- [www.wiki.secondlife.com/wiki](http://www.wiki.secondlife.com/wiki)
- [www.foro3d.com](http://www.foro3d.com)

# **ANEXO 1**

## **(Modificación de los planos)**

Ya se ha explicado antes en diferentes puntos de este proyecto las enormes diferencias existentes entre los planos del edificio, y las obras que se realizaron posteriormente. Por motivos que se desconocen, se realizaron una serie de modificaciones, que posteriormente no se corrigieron en los planos. A continuación nombraremos las más importantes:

Grosor de los muros: el grosor de los muros en los planos es de 1.17 metros, sin embargo el grosor real es de 0.49 metros (esto supone un recorte de 0.68 metros). Como ya se explicó antes, este fallo se descubrió cuando se estaban realizando las escaleras de los extremos.

Ventanas en los pisos de arriba: En los pisos segundo y tercero, existen en la realidad un gran número de ventanas que coinciden con los despachos de los profesores. Estas ventanas en los planos no existen. Si el edificio fuera como aparece en los planos, por ejemplo, el despacho de nuestro tutor Fernando Jorge Fraile estaría cerrado a la luz natural, teniendo que ser iluminado exclusivamente por luz artificial.

Distribución de la tabiquería en la planta baja y en el piso 1: Es importante destacar que la distribución de los laboratorios no es la que aparece en los planos, sino que es diferente. Este cambio tampoco se corrigió en los planos una vez realizado el edificio.

Tabiquería en los pisos 2 y 3: En este caso no se trata de un error en los planos, sino que se trata de una falta de actualización de los mismos. La tabiquería de los despachos de los profesores, se instaló tiempo después a la realización de las obras del edificio. Por este motivo no aparece en los planos. Sería interesante introducirla en ellos cuanto antes.

Todos estos cambios de los que se han hablado, quedan reflejados en nuestro proyecto para que en el hipotético caso de que se realicen unos planos nuevos en 3D o se decida corregir los planos en 2D, puedan servir de ayuda a quienes se encarguen de dicha labor.

# **ANEXO 2**

## **(Comparación de la realidad y el mundo virtual)**

## Ventanas circulares



## Entrada Oeste



## Lateral Sur



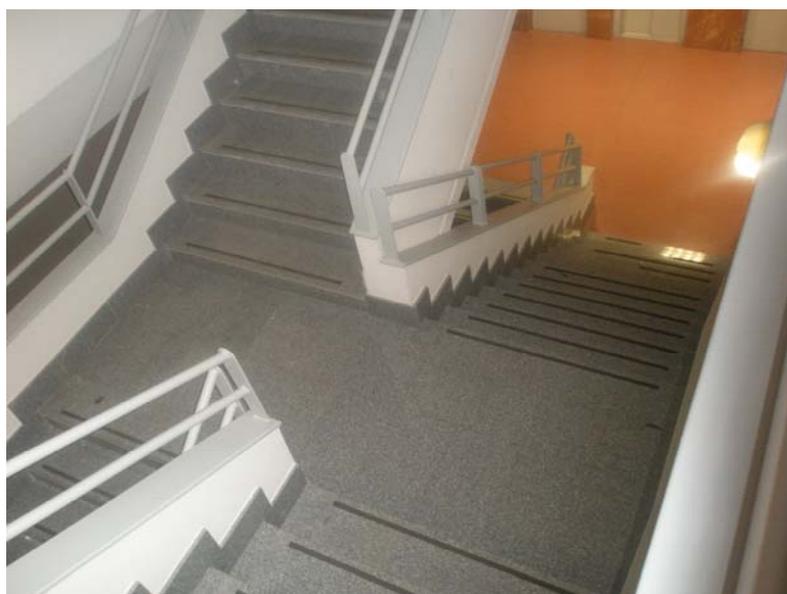
## Entrada Sur



## Panorámica Sur



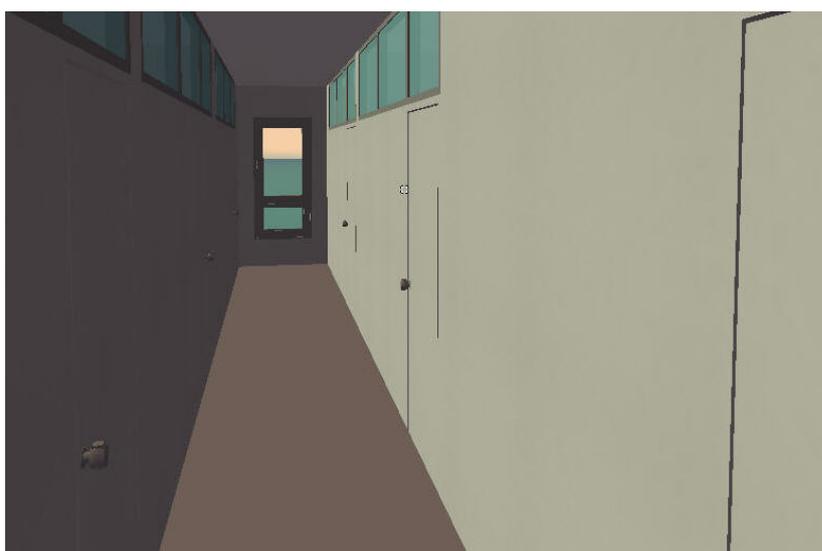
## Escaleras centrales



## Alternador



## Pasillo de despachos



## Descansillo planta 2

