

# Habilidades espaciales en la asignatura dibujo de ingeniería

*Abstract– Este artículo hace una breve descripción del desarrollo de habilidades espaciales, además del uso de diferentes técnicas para el desarrollo de habilidades espaciales*

*Inicialmente se describen la importancia del desarrollo de la habilidad espacial, diferentes formas de medición de la misma descritos en la literatura.*

*Se realiza un diagnostico del estado de los estudiantes en cuanto a habilidades espaciales y su caracterización.*

*Finalmente se muestra la evaluación de diferentes técnicas que se aplicaron sobre un grupo de estudiantes, mostrando su eficacia y aceptación.*

*Keywords-- enseñanza; entornos virtuales; modelo pedagógico; realidad aumentada; TIC.*

## I. INTRODUCTION

Desde el origen de la ingeniería la representación de ideas por medio de dibujos o esquemas ha sido fundamental. El lenguaje escrito o hablado no tiene la capacidad descriptiva que un dibujo puede tener y por ello su inconveniencia dentro del proceso de diseño o solución de problemas. El avance en la tecnología ha permitido que el proceso de diseño haya tenido una revolución en los últimos años, permitiendo la creación de ambientes virtuales 3D y sistemas integrados de desarrollo. La incursión de las computadoras ha mejorado de manera sustancial el proceso de diseño, pero las habilidades necesarias del ingeniero encargado a realizar un desarrollo son las mismas. Todo proceso creativo de diseño de producto, proceso o mecanismo parte de la generación tridimensional en la cabeza del diseñador de una posible solución a un problema. Si esta habilidad no se encuentra adecuadamente desarrollada el proceso creativo será muy limitado o truncado.

Los científicos e ingenieros se caracterizan por ser pensadores y comunicadores “visua-espaciales” [1]. Por lo tanto, se consideran que las habilidades espaciales son fundamentales para la interpretación y generación de esquemas técnicos, pero además se ha encontrado que el desarrollo de las habilidades espaciales está fuertemente relacionada con los procesos de aprendizaje de otras áreas como las matemáticas y por ello su importancia en la posibilidad de éxito en carreras técnicas [2].

Cualquier ingeniero sin importar su área de desempeño (mantenimiento, servicios, desarrollo, administración, etc.) siempre va a tener que generar, interpretar o verificar dibujos, que en muchos de los casos corresponderán a elementos tridimensionales. Es así como en pensum de ingeniera anteriores a este siglo el espacio disponible en cursos para desarrollar estas habilidades podía a llegar a ser del orden de 2 a 3. En la actualidad los pensum de ingeniera tienden a reducir el espacio disponible para áreas como Dibujo Ingeniera, debido al gran contenido adicional que se ha integrado en los programas curriculares. Los pensums modernos de ingeniería incluyen en la actualidad tan solo de un curso, como es el caso de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital.

Uno de los inconvenientes que se presentan en estudiantes de ingeniería, es el poco entrenamiento específico en técnicas de manipulación espacial, que por lo general se deja a su capacidad natural y experiencia para alcanzar estas habilidades que podrían repercutir en su futuro profesional; [3], “la habilidad espacial se ha establecido como un factor de predicción de éxito en varias disciplinas relacionadas con la tecnología, informática, matemáticas, arquitectura, ingeniería, odontología, medicina entre otras”.

Este trabajo parte del interés de los docentes relacionados con la asignatura Dibujo de Ingeniería, de ayudar a los estudiantes a desarrollar los procesos mentales de tres dimensiones y a mejorar su percepción y pensamiento espacial, para que puedan encontrar soluciones de representación a los problemas geométricos originados en el proceso de diseño. Por lo general en este tipo de asignaturas el docente se enfoca a buscar que los estudiantes puedan visualizar los objetos tridimensionales directamente en el espacio, manipularlos, modificarlos e interactuar con ellos. Pero si se usan herramientas tecnológicas o se cambia el método de enseñanza – aprendizaje con otros objetos físicos o virtuales; también es posible generar procesos mentales que permitan interpretar las formas geométricas, imaginar su representación real y solucionar a futuro problemas de ingeniería.

## II. HABILIDAD ESPACIAL

En los primeros semestres de las carreras de ingenierías, es evidente la diferencia entre los niveles de apropiación de conocimiento y desarrollo de habilidades con la que llegan los estudiantes de secundaria [4]. El curso dibujo técnico, dibujo de ingeniería o expresión gráfica como es comúnmente llamado en los planes de estudio de Ingeniería, es uno de los cursos más afectados por esta disparidad. Esto es ocasionado a los diferentes planes de estudio que se ofrecen en los colegios (comercial, técnico, artístico, bilingüe o académico), acceso a tecnología, educación en el hogar y hasta género [5].

Debido a estos desniveles es necesario que en la universidad y los docentes se incentiven a desarrollar contenidos e implementar estrategias para nivelar o mejorar los deficientes conocimientos de los adolescentes, adquiridos con anterioridad al nivel superior.

Por el contrario, las técnicas clásicas de enseñanza de este tipo de asignaturas por lo general son pasivas, en la que los alumnos observan las explicaciones y demostraciones del profesor que utiliza marcadores, tiza, papel y lápiz. Los ejercicios propuestos generalmente son basados en representaciones tipo en papel, lo cual limita la interacción real entre un elemento tridimensional (3D) y el estudiante.

Más aun, los ejercicios proporcionan poca interacción de los estudiantes con los objetos reales, como lo son: las operaciones de rotación, visualización desde distintos puntos de vista, modificaciones mentales de la geometría, etc... Estos tipos de interacción son conocidos como ejercicios de desarrollo mano - ojo que varios autores como [5] y [1], sugieren como la mejor forma de obtener un desarrollo eficaz de habilidades espaciales.

La importancia del desarrollo de las habilidades espaciales, está demostrado en su inclusión dentro de los ocho tipos de inteligencia humana: lingüística, lógico-matemática, cinético-corporal, musical, interpersonal, intrapersonal, naturalista y espacial [6]. Todas las personas desarrollan de manera diferencial cada una de estas habilidades de acuerdo al ambiente y consideraciones de predisposición de género y genéticas.

Son tres los componentes principales que definen la capacidad espacial, dos de ellos: destreza y aptitud son de origen genético y no pueden ser entrenados, mientras que la habilidad espacial puede ser entrenada mediante el desarrollo de una metodología de estudio, herramientas pedagógicas y estudio independiente.

#### A. Estructura de la habilidad espacial

Al analizar la bibliografía existente sobre el tema de habilidades espaciales, su origen, clasificación y conceptos, es posible encontrar diversas teorías acerca de cómo se clasifica y varias pruebas para obtener resultados cuantitativos de dichas habilidades.

Algunas de las teorías más aceptadas son el trabajo de [7] y [8] que distinguen tres categorías o componentes que forman la habilidad espacial:

- Percepción espacial: es la capacidad de determinar las relaciones espaciales de los objetos aun existiendo información que puede distraer al individuo

- Orientación espacial o Rotación mental: es la capacidad de rotar con la imaginación, de forma rápida y acertada las figuras bidimensionales u objetos tridimensionales

- Visualización espacial: se refiere a la capacidad de manipular la información espacial compleja cuando son necesarias varias operaciones para obtener la solución correcta

Otros investigadores del ámbito de la psicología [9] y de la ingeniería [10] simplifican ésta clasificación a dos categorías:

- Relaciones espaciales, se define como la habilidad para imaginar rotaciones en 2D y 3D. (Según los autores, esta capacidad incluye las categorías “rotaciones mentales” y “percepción espacial”).

- Visualización espacial, es la habilidad de reconocer objetos tridimensionales mediante el plegado y desplegado de sus caras.

Dentro del estudio aquí desarrollado se tomara la clasificación realizada por [10] y se evaluará el ítem relacionado con las relaciones espaciales, teniendo en cuenta que el proceso de conceptualización de objetos tridimensionales (clave en el proceso de diseño o innovación) queda perfectamente definido si el individuo es capaz de rotarlos mentalmente, haciendo cambios sobre la idea inicial o mejorando su diseño inicial.

#### B. Desarrollo de habilidades espaciales

Existen muchos vacíos en el entendimiento del desarrollo de habilidades espaciales y cuál es la metodología más adecuada para el perfeccionamiento de tales habilidades, sobre todo cuando es necesario obtener los mismos resultados en un tiempo reducido.

Las habilidades espaciales se desarrollan en tres etapas: habilidades topológicas: habilidades bidimensionales, visualización de objetos tridimensionales, y finalmente se obtiene los conceptos de área, volumen y distancia en combinación con los de traslación, rotación y reflexión. La tercera etapa es desarrollada por los adolescentes y generalmente sobre objetos conocidos o manipulados en su ambiente, una vez el joven ingresa a la universidad estas habilidades adquiridas son insuficientes para lograr ser aplicadas en la carrera profesional [1].

Varios estudios han demostrado como a partir de mediciones estandarizadas (test MCT, DAT-SR, etc.) al inicio de la vida universitaria y luego del curso de una materia asociada con dibujo de ingeniería se logra una mejora en los

resultados realizados post-curso. Estos estudios demuestran que las habilidades espaciales pueden ser mejoradas mediante el modelado y dibujo a mano alzada de modelos 3D, manipulando objetos 3D para crear sus representaciones en papel y por medio de la experimentación y trabajo con diferentes perspectivas o puntos de vistas.

### III. DIAGNOSTICO INICIAL

#### A. Para habilidades espaciales

Las diferentes investigaciones en el ámbito de la psicología por encontrar una forma de medir la inteligencia y en consecuencia los factores que la integran, han hecho proliferar multitud de pruebas. Así mismo, cada prueba presenta una serie de ventajas y desventajas frente a las demás. Generalmente están asociadas con la habilidad específica que evalúa y la necesidad de entrenamiento previo que debe tener el destinatario de la prueba. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, muestra un resumen de las principales pruebas que existen en la actualidad solo para la evaluación de relaciones espaciales [11]. Pruebas estandarizadas para medir las habilidades en relaciones espaciales [11].

TEST	AUTORES	DESCRIPCIÓN
<b>Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test (PMA –SR)</b>	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
<b>Cards Rotation Test (CRT)</b>	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
<b>Mental Rotation Test (MRT)</b>	Vanderber y Kuse, 1976	Una versión de lápiz y papel del test de Shepard y Metzler (1971) denominado Mental Rotation Task, que utiliza objetos de tres dimensiones
<b>Mental Cutting Test (MCT)</b>	College Entrance Examination Board. USA	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección
<b>Generis Mental Rotation Tasks</b>	Voyer, Voyer y Bryden, 1995	Incluye las variantes de Shepard y Metzler (1971) del test denominado Chronometric Task, y el formato se ha realizado para ordenador
<b>Rotation of Images</b>	Duerman – Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Hay que elegir, mediante rotaciones mentales, la imagen que es idéntica a la que se presenta en el ejercicio
<b>Left or right hand Identification</b>	Duerman – Sälde test battery,	Imágenes de manos giradas de diferentes

	Psykologiförlaget, 1971	maneras donde el sujeto debe decidir si la imagen corresponde a una mano izquierda o derecha
<b>Purdue Spatial Visualization Test (PSVT-R)</b>	Guay R. B, 1977	Diseñado para medir la capacidad de visualizar rotaciones en el espacio
<b>Rod-and-frame test (RFT)</b>	Witkin y Asch, 1948	Requiere ajustar una barra a la vertical a pesar de información que se suministra en la casilla
<b>The Water Level Test (WLT)</b>	Piaget e Inhelder, 1956	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor

Una de las pruebas con mayor nivel de aceptación y aplicabilidad a nivel mundial es la prueba MRT o Mental Rotation Test por sus siglas en inglés. Esta prueba fue desarrollada por Vanderber y Kuse en 1976.

La prueba MRT está diseñada para medir la actitud de las personas a reconocer los diseños de un objeto formado por el ensamble de objetos sencillos diferentes. La única diferencia entre el cuerpo original y el objeto a encontrar es una modificación del ángulo en el cual es visto. Una ilustración de procedimiento de visualización esta descrita en la Fig. # 1, donde la misma figura es representada en cinco posiciones diferentes Fig. # 1a. Cada una de las ilustraciones corresponde a un mismo objeto y la única diferencia es que se ha cambiado el ángulo de visualización. Mientras tanto la Fig. # 1b muestra un par de objetos que no pueden corresponder al objeto mostrado en la Fig. # 1a, debido a que no son el resultado de una rotación del objeto original.

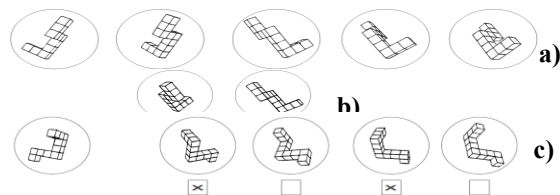


Figure 1. Ejemplo de visualización en prueba MRT. a) Mismo objeto visto desde diferentes ángulos de visualización. b) Objetos que no coinciden con el objeto descrito en a). c) Ejemplo de ejercicio típico en la prueba MRT [12]

La prueba consiste en una serie de ejercicios como el mostrado en la Fig. # 1c. Cada ejercicio posee dos vistas que no corresponden al objeto inicial mostrado a la izquierda, el usuario debe marcar las vistas que si corresponden como se ve en la Fig. # 1c. El punto solo se considera válido si se ha seleccionado las dos vistas correctas. La prueba MRT aplicada está compuesta por 20 preguntas y un tiempo de aplicación máximo de 60 min.

#### B. Caracterización de la población

El Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial es uno de los que más demanda tiene en la Facultad de Ingeniería. Dicho proyecto, según las estadísticas recopiladas en el documento Boletín estadístico (Universidad Distrital, 2009), se tiene que los inscritos a este plan curricular: un total de 1940 estudiantes, el 62% son hombres y el 38% son mujeres. El 57% corresponden a estudiantes de estratos 0, 1 y 2, mientras que el 42% son de estrato 3. El plan curricular ofrece un nivel de absorción del 6% (inscritos a primer semestre 1940 y aceptados 120) de los estudiantes inscritos y se tiene que el 93% ingresa por clasificación según examen de estado ICFES, 1% son desplazados por la violencia, 2% provenientes de comunidades indígenas, 3% en el programa de mejores bachilleres y un 2% por minorías étnicas. Por otra parte, el puntaje promedio ICFES es de 461, donde el 65% tuvieron un puntaje entre 450-479. El número de graduados semestrales tiene una media de 80 Ingenieros Industriales.

### C. Caracterización de la muestra

Dado que era necesario evaluar el comportamiento de la población en estudio, se tomó una muestra de 66 estudiantes de un total de 152 (aprox. 43%) de los estudiantes inscritos en el curso de Dibujo en Ingeniería del plan curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, para el segundo semestre de 2014.

Algunas de las principales características de los estudiantes sometidos a la encuestas y prueba MRT son: clara distribución homogénea en género (65% hombres y 35% mujeres), experiencia previa en dibujo (artístico 34%, técnico 35% y ninguna experiencia 31%). Se puede ver que 80% tiene solo estudios secundarios, 15% técnicos y de nivel superior (tecnólogo y universitario) son de 5%.

La caracterización de disponibilidad de medios tecnológicos y uso de los mismos se encuentra resumida en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**4. Los resultados son coherentes con las características de la población universitaria, por ejemplo existe una baja disponibilidad de: sistemas móviles inteligentes como los smarphones (16%) y de plataformas de videojuegos (45%). Pero es un muy importante el avance en la disponibilidad y habito de uso de: el 94% de los estudiantes tienen acceso a un computador y a internet el 40%. También cabe notar que los estudiantes con disponibilidad a SmartPhone o plataformas de video juegos (o computador para jugar) dedican un número importante de horas en ellos.

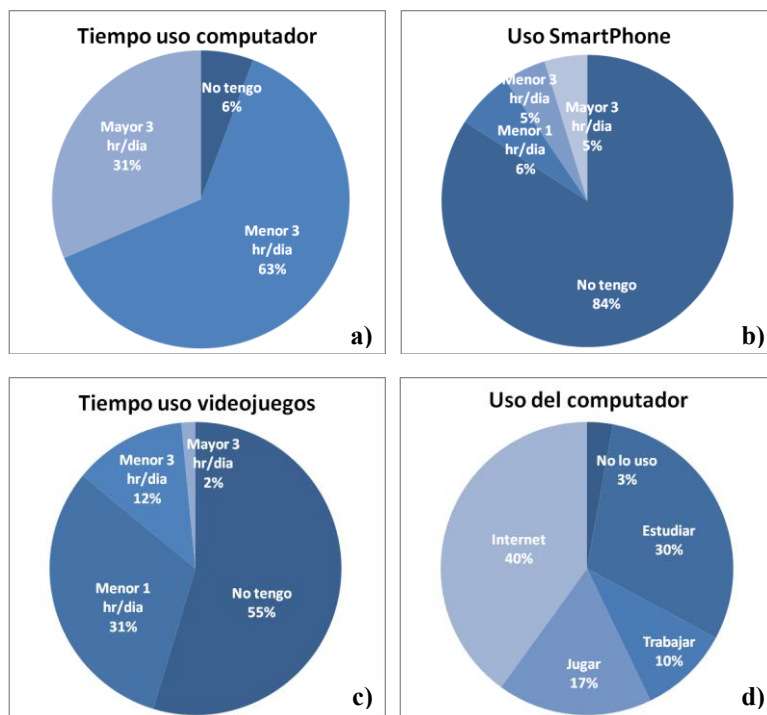


Figura 2. Características disponibilidad y hábitos tecnológicos.

La información adicional de caracterización se encuentra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En resumen, se puede observar como el grupo de estudio está formado por jóvenes recién egresados de colegio académico (media menor a 1.2 año desde la finalización de sus estudios secundarios), con una edad media menor a 18 años. Entre otros parámetros de caracterización se encuentra el bajo porcentaje de: zurdos (5%), personas repitentes del curso (4%) y experiencia con sistemas CAD (3%).

TABLE I. INFORMACIÓN ADICIONAL DE CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIANTES

Característica	Máx.	Mín.	Media	Desv. estándar
Edad (años)	26	15	17.8	2.1
Tiempo de ingreso desde la graduación del colegio(años)	8	0	1.2	1.6

### D. Resultados primera prueba MRT

Los resultados obtenidos inicialmente se clasificaron como: Muy insuficiente corresponde a aquellos que obtuvieron un puntaje total inferior o igual a 40%, Insuficiente mayor al 40% pero inferior al 60%, Suficiente entre 60% y 70%, la categoría Bueno corresponde a los puntajes entre 70% y el 90%, y excelente para los resultados superiores al 90%.

Los resultados obtenidos arrojaron que un 60% de la muestra no superó la prueba y que el nivel de buenos resultados (rango Excelente y Bueno) corresponden solo al 23%.

#### IV. METODOLOGIAS DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES

Estudios completos a nivel de doctorado sobre este tema de desarrollo de habilidades espaciales se encuentran disponibles en la literatura [1], [2] y [5], además de fuertes y prolongadas investigaciones realizadas en la Michigan Technological University, guiado por la profesora Sheryl Sorby y su grupo de investigación, con una experiencia de más de 20 años en el tema [13]. En estos estudios se hacen desarrollos de herramientas particulares en las cuales se busca la máxima interacción con el estudiante. Todas las investigaciones formulan que para mejorar las habilidades espaciales el uso de TIC es una buena alternativa.

##### A. Generación de vistas ortogonales a partir de proyecciones axonométricas

Las vistas axonométricas y en caso particular las isométricas, son las formas más comunes de representar objetos tridimensionales en papel, con el objetivo de dar una idea más clara del sólido pero sacrificando la exactitud dimensional e incrementando la dificultad de interpretación de aristas no visibles y posibles superposiciones de bordes. Los ejercicios básicos de interpretación de sólidos a partir de representaciones isométricas consisten en la generación de vistas ortogonales a partir de su representación axonométrica. Precisamente este tipo de ejercicios son los más utilizados en ambientes clásicos de aprendizaje debido a su facilidad de reproducción, aplicación en el salón de clase y muy bajo costo de generación. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.3**).

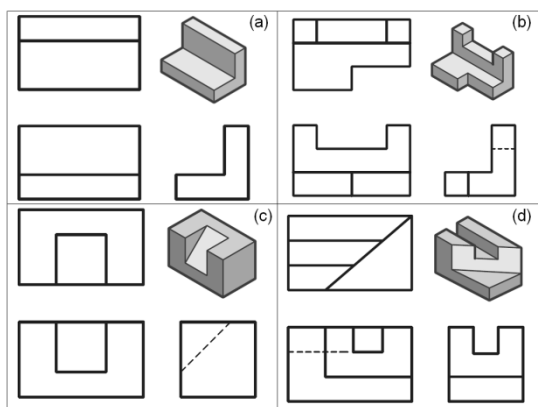


Figura 3. Ejemplos de obtención de vistas ortogonales de un sólido a partir de vista isométrica. Adaptado de [14]

##### B. Generación de vistas ortogonales construyendo modelo físico en material blando

Una de las técnicas más usadas en la literatura clásica para el aprendizaje de habilidades espaciales es la creación en material suave y maleable; del sólido equivalente a una serie de vistas ortogonales suministradas. Por ello, el material usado es generalmente Poliestireno expandido - Icopor, arcilla, plastilina, espuma floral o jabón. El proceso consiste en tallar el material base poco a poco, haciendo el análisis de las distintas caras o planos, que logren ser coherentes con el planteamiento del problema suministrado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

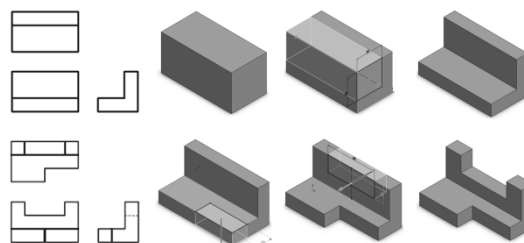


Figura 4. Ejemplo generación de sólidos desde las vistas ortogonales usando la técnica de los cortes sucesivos. Adaptado de: Bertoline G., et al 2006

##### C. Generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D

Las máquinas de prototipado rápido o impresoras 3D han permitido que los procesos de generación de modelos, a partir de diseños virtuales en sistemas CAD mejoren considerablemente en cuanto a tiempo y calidad. Por tanto, los modelos obtenidos mediante esta técnica no presentan una resistencia mecánica aceptable, pero a cambio de ello su precisión dimensional y el seguimiento de formas geométricas son muy buenos.

La manipulación de objetos reales para obtener la representación ortogonal es una de las técnicas más utilizada para el desarrollo de habilidades espaciales, debido a la interacción mano ojo presente durante su desarrollo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5**).

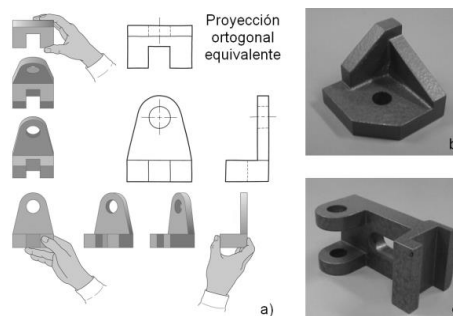


Figura 5. Manipulación de objetos físicos para obtener las vistas ortogonales. (a) Procedimiento de solución, (b) y (c) Ejemplos de sólidos utilizados Adaptado de [14]

**D. Generación de vistas ortogonales usando visualización en software especializado**

Las herramientas CAD ofrecen muchas ventajas frente a los sistemas tradicionales de diseño y dibujo. Entre ellas se encuentra la generación de modelos virtuales en 3D, que permiten al usuario realizar cambios en los ángulos y puntos de vista. Por consiguiente, la manipulación del punto de vista permite establecer de manera más sencilla las diferentes superficies y sus proyecciones en el sistema ortogonal de representación (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

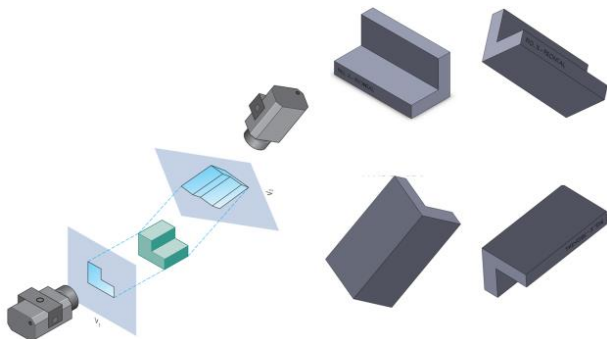


Figura 6. Visualización de objetos virtuales en software especializado. Izq. Cambio de ubicación del observador por software y Der. Ejemplo de resultados obtenidos. Adaptado de [14]

**E. Generación de vistas ortogonales usando objetos en realidad aumentada**

La realidad aumentada es una técnica en la cual se trata de incrustar nueva información virtual o digital en ambientes reales. Dentro de las técnicas de desarrollo de habilidades espaciales es relativamente nueva, pero permite una muy interesante interacción entre el usuario y el objeto en estudio, a muy bajo costo.

Dicha técnica consiste en el uso de una cámara web conectada a un computador, un software especializado y un marcador geométrico. El marcador es una figura sencilla en la cual el software proyecta el objeto tridimensional en la vista de la cámara web. La proyección realizada dependerá de la ubicación y dirección del marcador, por lo tanto, será posible rotar el objeto en análisis con solo cambiar la posición del marcador (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

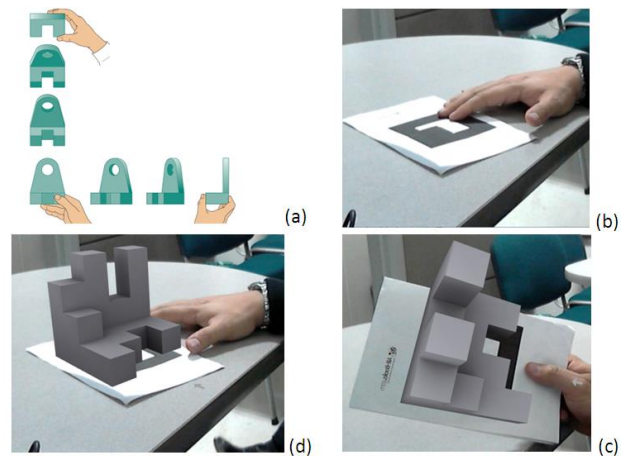


Figura 7. Visualización objetos en realidad aumentada. a) Principio de movimiento del sólido respecto al observador. b) Marcador de realidad aumentada. c) Sólido de realidad aumentada y d) Variación de ubicación.

Para aplicar cada uno de los 5 talleres (generación de sólidos en material blando, generación de vistas ortogonales a partir de vistas isométricas, generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D, sólidos en realidad aumentada y uso de software de especializado) se procedió a organizar el grupo de estudiantes en pequeños grupos de 4 a 6 estudiantes, a los cuales se les entregó un descriptivo de la prueba, un cuestionario y el material necesario para realizar el procedimiento. El tiempo estipulado para realizar las pruebas fue de 60 min. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.8**)



Figura 8. Aplicación de talleres para desarrollo de habilidades espaciales. a) Creación de sólido en material maleable. b) Generación de proyecciones ortogonales a partir de sólido impreso en 3D. c) Manipulación de sólido en realidad aumentada y d) Visualización en software especializado CAD.

## V. APLICACION DE PRUEBA FINAL DE RELACIONES ESPACIALES

### A. Resultados obtenidos de la aplicación de técnicas

Para generar los rangos de clasificación de los resultados sobre el grupo de estudio se estableció (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.9**): Muy insuficiente corresponde a aquellos que obtuvieron un puntaje total inferior o igual a 40%, Insuficiente mayor al 40% pero inferior al 60%, Suficiente entre 60% y 70%, la categoría Bueno corresponde a los puntajes entre 70% y el 90%, y excelente para los resultados superiores al 90%.

Por tanto, los resultados obtenidos muestran que un 60% de la muestra no superó la prueba y que el nivel de buenos resultados (rango Excelente y Bueno) corresponden solo al 23%. Es importante notar que el test MRT está diseñado para disminuir al mínimo la posibilidad de acertar con la respuesta si se trata hacer una selección al azar, pues es necesario seleccionar dos ítems por pregunta para tener una respuesta válida (probabilidad de 8.3%).

Para hacer el análisis de como la implementación de estas herramientas y metodologías en el curso de Dibujo en Ingeniería, afectaron el desarrollo de las habilidades espaciales por parte de los estudiantes se aplicó al final del semestre académico la prueba MRT.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.9** muestra la comparación de resultados obtenidos bajo una misma calificación estandarizada. Se puede ver como en los estudiantes antes de ingresar al curso de Dibujo en Ingeniería se tiene solo una calificación de Excelente y Buena del orden de 23%, mientras que Muy Insuficiente e Insuficiente del orden de 60%. En cuanto al rendimiento de los estudiantes una vez termino el curso se tiene que Excelente y Buena suma 68%, en tanto que Insuficiente y Muy Insuficiente solo es del 12%.



Figura 9. Comparación de resultados pruebas de habilidades espaciales. Izq. Resultados pre cursos y Der. Resultados post curso

Los resultados de análisis de las diferentes técnicas se analizan de manera individual por cada taller (ver Fig. # 10). Se tiene que para este mismo rango entre bueno y excelente, los talleres de sólidos impresos en prototipado 3D arrojan buenos resultados de habilidad espacial (Fig. # 10a con el 62%), seguido de la técnica de vistas isométricas tradicional (Figura 1010b con el 31%) y la técnica de Realidad aumentada (Figura 10 con el 25%). En cambio, muy por debajo de la media del grupo entre bueno y excelente, se encuentran los talleres de tallado de sólidos (Figura 1010e con el 9%) y software especializado (Figura 10f con el 0%).

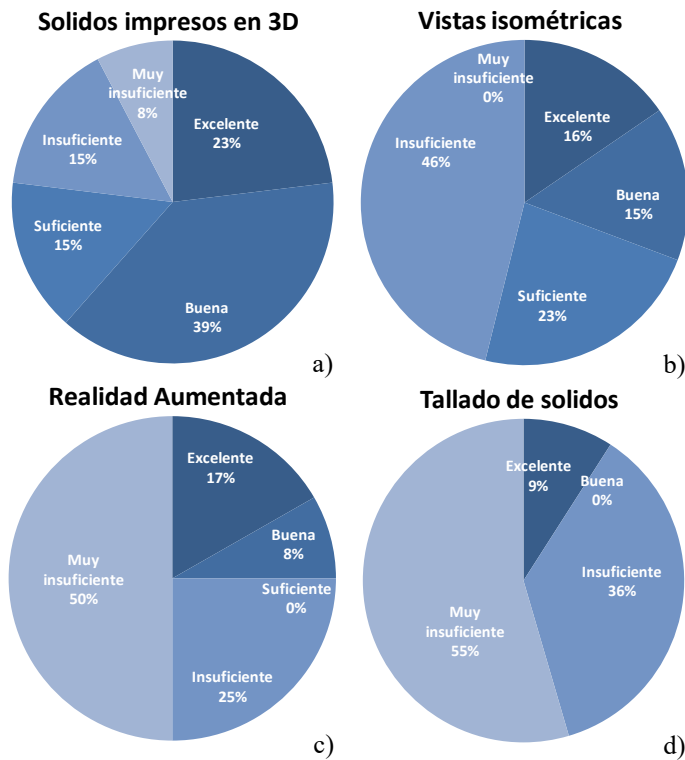


Figura 10. Resultados de evaluación obtenidos por tipo de taller aplicado

## VI. CONCLUSIONES

El nivel de ingreso de los estudiantes de primer semestre en cuanto al desarrollo de habilidades espaciales, es completamente dispar. Esta variación es ocasionada por factores formacionales de primera infancia, costumbres de esparcimiento y finalmente de género. El proyecto curricular de Ingeniería Industrial, solo tiene un espacio académico donde se puede mejorar esta habilidad (curso de Dibujo en Ingeniería), lo cual implica una etapa de nivelación y mejora que debe ser realizado a una velocidad muy alta.

Según la evaluación de técnicas y lo percibido por los estudiantes, la mejor metodología para el desarrollo de habilidades espaciales es una mezcla de técnicas tradicionales y TIC. Las técnicas tradicionales garantizan que la relación ojo-mano puedan ser desarrollada, mientras que la TIC permiten una mayor agilidad en el refuerzo de la teoría, trabajo fuera de clase y solución de problemas

Con este proyecto de investigación, las herramientas desarrolladas, acondicionamiento del syllabus del curso de Dibujo de Ingeniería y la creación de material (tanto tradicional como TIC) se redujo el índice de perdida en un 7% (pasando del 20% al 13%), en el primer año de implementación

Los resultados obtenidos en el grupo de análisis de estudiantes muestran una carencia importante de desarrollo de habilidades espaciales sobre la muestra (solo el 40% pudo pasarla). Además, es posible ver como las tecnologías modernas (uso de computador, video juegos y ambientes virtuales) permiten obtener una mejor curva de aprendizaje para habilidades espaciales que los métodos tradicionales usados en clases de dibujo en colegios y centros de educación superior.

El taller con mejor evaluación corresponde a los realizados usando sólidos físicos (en este caso impresiones 3D), lo cual coincide completamente por lo mostrado en las referencias de estudios similares. Con este tipo de talleres se tiene una relación mano-ojo completa, parte fundamental del desarrollo de habilidades espaciales [15].

Los dos talleres con características muy similares en la evaluación son los de vistas isométricas y realidad aumentada. El primero es una de las técnicas clásicas más usadas y por ello la experiencia anterior de los estudiantes pudo ser un factor fundamental en los resultados. La realidad aumentada en cambio es una tecnología completamente nueva, sobre todo aplicada al desarrollo de habilidades espaciales (según las referencias de 4 años).

Es interesante ver como desde el punto de vista de los estudiantes las técnicas basadas en TIC son las que les parecen más atractivas y efectivas, Software especializado 22% y Realidad aumentada 43%. Esto coincide con varias investigaciones que se han realizado sobre el impacto de las TIC en la educación, que muestran como el solo hecho de usar sistemas informáticos garantizan que se capture la atención de los estudiantes [16].

Se puede concluir que técnicas como la manipulación de sólidos por parte de los estudiantes, que corresponde a una de las técnicas clásicas, es fundamental en las etapas iniciales de estudio pues es la que más rápido puede desarrollar la conexión mano-ojo. El problema de esta técnica es que una vez se ha cumplido la etapa inicial de desarrollo pierde su valor didáctico, pues es difícil realizar ejercicios diferentes a generación de vistas ortogonales. Así mismo, el software especializado necesita un tiempo significativo de aprendizaje para poder realizar la manipulación adecuada de los objetos y con ello lograr la integración ojo-mano

Se propone que los niveles medios de adquisición de habilidades espaciales sean realizados por medio de técnicas modernas (TIC) como la realidad aumentada y software especializado. Con estas técnicas es posible tener muchos y diferentes tipos de ejercicios, a un muy bajo costo debido a que se trata de software y no de elementos físicos como si ocurre con la manipulación de sólidos. Garantizando eso si el fácil uso de los programas desarrollados y acoplados completamente a las necesidades y nivel los estudiantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- [1] C. Melgosa. "Diseño y eficacia de un gestor web interactivo de aprendizaje en ingeniería gráfica para el desarrollo de la capacidad de visión espacial", Tesis Doctoral, Universidad de Burgos. 2012
- [2] N. Martín. "Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales". Tesis Doctoral, Universidad politécnica de Valencia. 2009.
- [3] S. Strong, & R. Smith. "Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics". *Journal of Industrial Technology*, 18 (1), 1-5. 2002
- [4] J. Saorín, R. Navarro, N. Martín & M. Contero. "Las habilidades espaciales y el programa de expresión gráfica en las carreras de ingeniería", ICECE 2005, Madrid, Noviembre 2005
- [5] J. Gutiérrez. "Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería", Tesis Doctoral, Universidad politécnica de Valencia. 2010
- [6] [D. K. Lieu, S. Sorby "Visualization, modeling, and graphics for Engineering Design", Edt DELMAR, USA. 2010
- [7] D. F. Lohman. Spatial ability and G. In I. Dennis & P. Tapsfield (Eds.). "Human abilities: Their nature and assessment" (pp. 97-116). Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1996
- [8] M.C. Linn, A.C. Petersen. "Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis". *Child Dev.* 56(6):1479-98. Dec 1985
- [9] Pellegrino, Alderton, & Shute, "Undertanding Spatial Ability". *Educational Psycology*, Vol19, n°3, 239-253, 1984.
- [10] S. Olkun. "Comparing computer versus concrete manipulatives in learning 2D geometry". *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 22, 43-56. 2003
- [11] Navarro, R., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Martín Gutiérrez, J. (2006). "Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería y el desarrollo de la visión espacial y habilidades espaciales de los alumnos de las carreras técnicas". *Actas del VIII Congreso de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Madrid.
- [12] Albaret, J. M, Aubert, E (1996). "Etalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de Vandenberg", *EVOLUTIONS psychomotrices* - Vol. 8 - N° 34
- [13] S. Sorby. "Developing 3D spatial skills for engineering students", *Australasian Journal of Engineering Education*, Vol 13 No 1, 1-7. 2007
- [14] G. Bertoline, E. Wiebe, N. Hartman & W. Ross, "Fundamentals of Graphics Communication", Fifth Edition, McGraw-Hill, pp 259-263, 2006
- [15] K. Sutton, A. Heathcote, & M. Bore, "Measuring 3D Understanding on the Web and in the Laboratory.Behavior". *Research Methods*, 39 (4), 926-939. 2007
- [16] Prieto, G., Velasco, A., Arias-Barahona, R., Anido, M., Núñez, A., & C6, P. (2008). Mejora la visualización espacial con el aprendizaje del dibujo técnico?. *Revista Mexicana de Psicología*, 25 (1), 175-182.