

370.7
D43e
8.7

Instituto para la Investigación Educativa
y el Desarrollo Pedagógico - IDEP



56

**Proyecto de Investigación
CONDICIONES DE UN AMBIENTE DE APRENDIZAJE
PARA LA FORMACIÓN DE UNA
CAPACIDAD DE DISEÑO TECNOLÓGICO
COMO FUNCIÓN DE CAPACIDADES REPRESENTACIONALES**

**Contrato IDEP - DifuCiencia
88/99**

INFORME FINAL

80110113

000293

Bogotá, Octubre del 2000

Inv. IDEP
412

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1. - Consideraciones sobre las capacidades representacionales

- 1.1. ¿Cómo puede educarse una capacidad de diseño?
- 1.2. La Naturaleza de las Capacidades Representacionales
- 1.3. Capacidades Representacionales y Solución de Problemas
- 1.4. Educación y Capacidades Representacionales
- 1.5. Capacidades Representacionales y Pensamiento Abstracto
- 1.6. Capacidades Representacionales y Competencias

Capítulo 2. - Condiciones de la Pedagogía y la Didáctica para el Fomento de las Capacidades Representacionales en la Educación en Tecnología

- 2.1. Conocimiento Tecnológico y Ambientes de Aprendizaje
- 2.2. La Implementación en la Práctica del Modelo

Capítulo 3. - La Didáctica de la Tecnología en Concreto: Un caso estudio de Solución de Problemas

- 3.1. Formalización de las Variables
- 3.2. Los Resultados del Trabajo de los Estudiantes
- 3.3. Capacidad Representacional Gráfica y Capacidad Representacional Matemática

Capítulo 4. - Conclusiones: La Capacidad de Solución de Problemas como Función de las Capacidades Representacionales

- 4.1. Información y Significado. El papel de las Representaciones
- 4.2. Resultados de la Validación de los AA en cuanto a Fomento de las Capacidades Representacionales.
 - 4.2.1. - Dos Experiencias Anteriores de Validación
 - 4.2.2. - Momentos del AA y Niveles Representacionales
- 4.3. El Contexto Cultural de los AA
 - 4.3.1. - Primera Investigación: Variable "Cultura de Aula"
 - 4.3.2. Segunda Investigación: El Impacto del Mensaje Desestructurado de los Medios
- 4.4. Consideraciones Finales: El Significado de los AA

INFORME FINANCIERO

Anexo 1: Muestras de Guías de Trabajo de los Estudiantes

Anexo 2: Tabulaciones de los Datos del Trabajo de los Estudiantes

Capítulo 1. - Consideraciones sobre las capacidades representacionales

1.1. - ¿Cómo puede educarse una capacidad de diseño?

Como se ha señalado en diversas oportunidades,¹ uno de los consensos más generalizados en torno a la Educación en Tecnología (ET), es que este novedoso campo educativo debe contribuir a formar estudiantes con una capacidad de diseño.

El diseño es una “actividad quintaesencialmente cognitiva”², que involucra la solución creativa de problemas. De hecho, la actividad de diseño es una forma particular de resolver problemas, que se distingue de otras por una condición esencial: Típicamente en los problemas de diseño el Espacio de Problema no está completamente definido, se trata de problemas débilmente estructurados, en los cuales la construcción del espacio de problema es parte del proceso de solución. Esta diferencia fundamental parece determinar una estructura particular del espacio de problema en todas las actividades de diseño, que las diferencia de otros tipos de solución de problemas.³

No obstante la clara importancia de los aspectos cognitivos en los procesos de solución de problemas y diseño, el enfoque tradicional a que se ha recurrido en la ET para formar esa capacidad de diseño ha sido el de la metodología, basado en dos presunciones básicas: i.- Existen una, o unas, determinadas metodologías *supra* a todos los problemas de diseño, que pueden formularse como un modelo secuencial de diseño. ii.- El seguimiento de alguna de estas metodologías conduce ineludiblemente a una solución creativa de problemas de diseño.

Este enfoque, derivado de prácticas educativas para ingenieros que han sido transplantadas a la educación básica y media, aunque ampliamente difundido y aparentemente coherente, tiene una debilidad básica: Tanto su efectividad educativa como sus presupuestos fundamentales no tienen sustento experimental. Por el contrario, son cada vez más evidentes las contradicciones entre este enfoque de metodología y los hallazgos experimentales.

Por una parte, validaciones en la práctica de aula de este enfoque de metodología han llegado a conclusiones de que éste no responde a la exigencia de desarrollar una capacidad de diseño. En cambio, tiende a resultar en formalismos vacíos carentes, por tanto de toda utilidad práctica, en un

¹ Ver por ejemplo, LAYTON, David. *Technology's challenge to science education*. Open University Press, Buckingham, 1993.

² GOEL, V. & PIROLI, P. Structure of Design Problem Spaces. *Cognitive Science*. Vol. 6 No 3, 1992. Pp 395-429. Para su análisis, Goel y Pirolli utilizan las categorías de *Entorno de Tarea* (un entorno fuera de la conciencia del sujeto que resuelve problemas y que incluye un propósito, una situación problemática y otros factores externos relevantes) y *Espacio de Problema* (una formalización de la estructura de procesamiento moldeada por las características del diseñador y del entorno de tarea) propuestas en 1972 por Newell y Simon en su trabajo pionero sobre solución de problemas. En nuestro caso, encontramos útil el uso de estas categorías, aunque no compartamos en su totalidad la concepción original.

³ Así, los autores anteriormente citados definen su Hipótesis del Espacio de Problema del Diseño en los siguientes términos: “Los Espacios de Problema exhiben *invariantes* importantes a lo largo de situaciones de problemas de diseño; y entre situaciones de diseño y de no-diseño exhibirán grandes variaciones”. Goel & Pirolli, Op. Cit. P 339.

fenómeno que ha sido caracterizado como “revelación y ritual”.⁴ Ello porque: a) Mientras los docentes suponen que están ilustrando un método general de solución de problemas, los estudiantes tienden a percibir el proceso más como una sucesión de tareas cuyas conexiones no siempre son claras;⁵ b) Los estudiantes y no en raras ocasiones los docentes, carecen parcial o totalmente de informaciones y conocimientos que son indispensables para resolver el problema;⁶ c) Normalmente los docentes no tienen experiencia en procesos de diseño, por lo que tienden a recurrir a esquemas de prácticas educativas que les son más familiares.⁷

De manera más fundamental, los diferentes modelos de diseño tan rutinariamente empleados en el trabajo educativo, aunque muestran entre sí una notable coherencia, no han sido objeto de rigurosas evaluaciones experimentales. No existe evidencia, hasta donde se ha podido establecer, de que alguno de esos modelos sea una metodología efectiva para resolver problemas de diseño. Su coherencia parece ser debida a que son inspirados unos en otros, sin mayores referencias a una validación en la práctica.⁸

Resulta sorprendente que el enfoque de metodología de diseño, empleado desde hace varias décadas en la formación de ingenieros en muchas partes del mundo, transplantado de las facultades de ingeniería a la educación básica y media gracias al desarrollo de la ET, casi que universalmente utilizado en los currículos de ET, no haya sido objeto de validaciones experimentales. Se ha aceptado su validez *prima facie* y sin mayores argumentaciones. Este hecho hace más difícil de aceptar su cada vez más evidente inoperancia como método de formación de futuros diseñadores.

Esfuerzos por desarrollar alternativas educativas a este enfoque de metodología, deben partir del reconocimiento esencial de que el aprendizaje de una metodología, es decir, de una secuencia de actividades, en el mejor de los casos, esto es cuando hay aprendizaje, es almacenado por los aprendices como un reflejo condicionado, hace parte de lo que Gagné denominó “conocimiento procedimental”. Aunque las evidencias experimentales disponibles apuntan en el sentido de que este tipo de conocimiento parece ser necesario para la solución de problemas de tipo técnico, de ninguna manera resulta ser suficiente. Ni siquiera constituye el aspecto principal de esa solución de problemas.

En la medida que un determinado campo de conocimiento se desarrolla, este mismo campo es constituido por conceptos fundamentales de un creciente nivel de abstracción. Poder ser creativo en ese determinado campo implica, de manera decisiva, un dominio de esos conceptos ya existentes. La creatividad consiste en llevar esos conceptos a nuevos niveles de abstracción o a desarrollar otros que

⁴ **McCORMICK, Robert. et al.** *Diseño y Tecnología como Revelación y Ritual.* Educación en Tecnología, Vol. 2 No 2, Segundo semestre 1997.

⁵ **McCORMICK, Robert. et al.** *Problem-solving Processes in Technology Education: A Pilot Study* International Journal of Technology and Design Education, Vol. 4 No 1, Kluwer Academic Publishers, 1994.

⁶ **ANDRADE LONDOÑO, Edgar; LOTERO BOTERO, Amparo.** EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL PROYECTO ICTEG0 -11 A NIVEL DE INSTITUCIONES BASE Y SECRETARIAS DE EDUCACIÓN INFORME FINAL de un proyecto financiado por el MEN, sin publicar Bogotá, Junio de 1997

⁷ *Ibidem*

⁸ **JOHNSEY, Robert.** *The Design Process - Does it Exist? A critical review of published models for the design process in England and Wales.* International Journal of Technology and Design Education, Vol. 5 No 3, 1995. Pp. 199-217.

son más inclusores que los anteriores, esto es, más abstractos.⁹ Y por supuesto, llevarlos a la práctica de solución de problemas.

Lo anterior quiere decir que la creatividad tiene una indispensable condición cognitiva: requiere de conocimiento declarativo de alto nivel de abstracción, o conocimiento supraordenado, para decirlo en términos de Novak. Y este conocimiento no puede ser logrado mediante el adiestramiento en el empleo de una determinada metodología o modelo de diseño, no importa que tan refinado pueda ser.

Adicional a esta debilidad estructural del enfoque metodológico, existe un problema adicional para la formación de personas creativas en el ámbito escolar. Es casi un lugar común afirmar que la escuela, en lugar de fomentar la creatividad tiende a achatarla.¹⁰

Este sería el resultado de lo que podría denominarse la “contradicción esencial” para la formación de personas creativas en la escuela. Una de las importantes funciones sociales de la escuela es la de introducir los jóvenes en los desarrollos de la cultura que han logrado sus mayores. Esta función implica un énfasis en el pensamiento convergente: los niños y jóvenes deben aprender en la escuela los códigos, los significados, las respuestas, las visiones de mundo que han desarrollado las generaciones anteriores. Por el contrario, la creatividad implica un trascender lo común para ver las cosas de manera diferente, por tanto, un énfasis en el pensamiento divergente.

Sin embargo, la solución a este dilema dialéctico esencial no es tan simple como abandonar de una vez por todas la función social de socializar a niños y jóvenes en los desarrollos de la cultura. Es innegable que esta socialización es indispensable para que los jóvenes puedan desempeñarse ellos mismos de manera productiva en la sociedad de la cual hacen parte, y estén en condiciones de aportar más tarde a la cultura de sus mayores.

El expediente de abandonar esta función clave de la escuela en aras de una malentendida creatividad, termina por empobrecer culturalmente la educación¹¹ y por marginalizar a las poblaciones escolares que han sufrido ese recorte en su proceso de formación.

Visto desde esta perspectiva, se entiende por qué el enfoque de metodología se generalizó tanto sin ser sometido a la prueba de verificar sus resultados. Constituye una salida pragmática a un problema dialéctico. Resulta conveniente y fácil de implementar: Basta con tener a la mano uno de los

⁹ Para Novak, la conducta creativa es una especie de conocimiento supraordenado, que permite establecer relaciones nuevas entre conceptos de menor nivel y que a otras personas parecerían aislados entre sí. **NOVAK, Joseph D.** *Teoría y Práctica de la Educación*. Alianza Editores, Madrid 1982.

¹⁰ A manera de ejemplo, véase la siguiente cita de Piaget: “Incluso uno de nosotros ha llegado a decir que un físico genial es un hombre que ha sabido conservar la creatividad propia de su infancia en vez de perderla en la escuela”. **PIAGET, J y otros.** *Teorías del Lenguaje, Teorías del Aprendizaje. El Debate entre Jean Piaget y Noam Chomsky*. Editorial Crítica. Barcelona, 1983. p. 62.

¹¹ Este problema ha sido detectado como común a todos los denominados métodos de *escuela activa*, desarrollados desde comienzos de siglo XX como contraposición a los métodos de la escuela tradicional cuyo enfoque era predominantemente informativo. Una referencia se encuentra en **ABBAGNANO N. ; VISALBERGHI, A.** *Historia de la Pedagogía*. Fondo de Cultura Económica. México. Decimotercera reimpresión, 1998. Capítulo XVII- John Dewey y la Escuela “Progresiva”, pp 635-654. Lo que pone de manifiesto esta situación es que la planeación curricular debe tener en cuenta la relación dialéctica entre información y aprendizaje, entre contenido y proceso. El currículo, en nuestra opinión, entre otras importantes funciones tiene que fungir como una “interfaz” entre el acervo de conocimientos de la cultura hasta una época determinada, y los contenidos de la educación para las nuevas generaciones.

innumerables manuales de metodología de diseño y estar animando a los estudiantes a que sean creativos. Para completar, está emparentada con todo el enfoque instrumental de la educación que fuera impuesto por décadas debido al predominio de la psicología conductista, la cual impulsó el auge de las metodologías para prácticamente cualquier empresa humana. Más adelante se explorarán otras razones que pueden haber contribuido a este hecho.

Pero también se hace fácil comprender por qué este enfoque de metodología significa para la ET la amenaza de trivializar la pedagogía y la didáctica de la tecnología.

Estas pedagogía y didáctica enfrentan un reto que es común a todo el sistema escolar de nuestra época: Suministrar información de tal manera que pueda convertirse en aprendizaje significativo¹², pero, además, que tal aprendizaje implique que los conocimientos adquiridos puedan ser empleados en la solución de problemas prácticos. Esto es, que los estudiantes desarrollen la competencia fundamental de aplicar lo que saben para resolver problemas que encuentren en su desempeño. Esta competencia básica será la base para el futuro desarrollo de una capacidad de diseño. Establecido así, desde esta nueva perspectiva el reto, puede comenzar a desarrollarse un enfoque cognitivo para la ET, como una verdadera alternativa al inoperante enfoque de metodología.

Este nuevo enfoque tiene como punto de partida el reconocimiento de la condición cognitiva de la creatividad, referida antes. Y los aportes de la psicología cognitiva a la comprensión de la manera como los seres humanos relacionan, aprenden, recuerdan, argumentan, proponen; en síntesis, el entendimiento del desarrollo de la inteligencia humana.

1.2. - La Naturaleza de las Capacidades Representacionales

Los seres humanos interactúan con una gran variedad de entornos en los cuales se desenvuelve su vida. Son ambientes más o menos complejos dependiendo de la edad, la tradición, las condiciones económicas, el rol de desempeño, etc. En estos entornos hay un buen número de eventos que ocurren independientemente de la voluntad de las personas. El día sucede a la noche, la calma a la tormenta; pero, también las interacciones aleatorias de una enorme cantidad de voluntades individuales, cada una con su propio fin, tienen resultados que difícilmente pueden ser controlados por los deseos o designios de alguien.

Estos eventos e interacciones aleatorias hacen imposible que hasta el entorno menos complejo pueda ser aprehendido por el hombre de manera inmediata y completa. Ello ocurre porque la imagen mental que podemos formarnos de cualquier entorno está condicionada tanto por las limitaciones de nuestro equipamiento sensorial, como por las visiones de mundo que hayamos desarrollado a lo largo de nuestro proceso de educación.

La primera parte de la anterior aseveración no necesita mayor discusión. Todos nuestros órganos sensoriales pueden percibir tan sólo unas determinadas partes de todos los estímulos que pueden proceder del ambiente. Nuestros ojos sólo perciben una fracción del espectro electromagnético, nuestros oídos sólo captan un rango de frecuencias, etc.

¹² Un "aprendizaje significativo" es, según Ausubel, la inclusión de un nuevo concepto en la estructura cognitiva de un individuo mediante relaciones no arbitrarias con conceptos pre-existentes en esa estructura. Ver **NOVAK, Joseph D.** Op. Cit.

La segunda parte puede ser ilustrada de varias maneras. El ojo entrenado de un pintor o un crítico de arte percibe aspectos en una pintura que quedan ocultos a los ojos del lego; igual ocurre con la audición de una pieza musical o la lectura de un pasaje literario. También pasa con lo que puede apreciarse por medio de un microscopio, en una radiografía, en una pantalla de radar. Lo mismo sucede frente a sucesos que algunos pueden apreciar como una molestia o una casualidad banal y otros como el umbral de nuevos conocimientos.¹³ “Vemos” tanto por medio de nuestro sistema sensorial, como por medio de lo complejo o simple de nuestras concepciones de mundo basadas en desarrollos culturales.

En un esfuerzo por comprender como se desarrollan esas imágenes mentales de los diferentes entornos, la psicología cognitiva ha diferenciado la sensación de la percepción.

Frente a un estímulo externo que impacta un órgano sensorial, todo ser vivo responde dos maneras. Por un lado, con una “SENSACIÓN de lo que me está pasando a mí” y, por el otro, con una “PERCEPCIÓN de lo que está pasando allá afuera”. Pero, “ (...) mientras la sensación suministra un conocimiento relativamente directo y cierto acerca de 'lo que me está pasando a mí', la percepción puede proveer sólo un conocimiento relativamente indirecto y condicional acerca de 'lo que está pasando allá afuera'.”¹⁴

Ambas, sensación y percepción, están en el origen de la conciencia, pero “la percepción, en general, implica un procesamiento de información mucho más complejo que la sensación. (...) Y, si bien muy poco es lo que se sabe con seguridad, existen buenas razones para suponer que el canal sensorial hace uso de procesamiento analógico y termina en una representación pictórica (algo así como una pintura en el cerebro), mientras que el canal perceptivo hace uso de procesamiento digital y termina en una representación proposicional (que se asemeja más a una descripción con palabras)”.¹⁵

Hasta aquí, ni la sensación ni la percepción son características exclusivas o del ser humano. Son rasgos que compartimos tal vez con todos los seres vivos más allá de cierto límite de complejidad. Lo que sí parece claro, es que la sensación, directa, inmediata y “analógica”, es una respuesta orientada externamente, surgida para proteger la integridad del ser contra una posible depredación. Pero la percepción, mediata, indirecta y “digital”, ya incorpora la necesidad de un sistema de señales, así sea rudimentario, para interpretar el entorno y está dirigida internamente.

Con rudimentarios sistemas de señales, muchas especies animales han desarrollado interpretaciones de su entorno que les han permitido subsistir y que son transmitidas a sus crías mediante un sencillo proceso de educación: el aprendizaje por imitación. Las dificultades encontradas en muchas especies para desarrollar crías en cautiverio, por ejemplo, bien pueden deberse a que las hembras no saben

¹³ El trabajo de Newton se inicia con una pregunta casi evidente: ¿Existe relación entre la caída de los cuerpos en la Tierra y el movimiento de los astros celestes?. El descubrimiento de los rayos X fue posible porque el entrenado cerebro de Röntgen le permitió comprender que el accidente de su placa fotográfica se debía a algo hasta entonces desconocido.

¹⁴ HUMPHREY, N. Una Historia de la Mente. La Evolución y el Nacimiento de la Conciencia. Editorial Gedisa, Barcelona, 1995. p 110.

¹⁵ HUMPHREY, N. Op Cit. pp 110-111.

cuál es la conducta apropiada frente a su cría hambrienta, pues ellas mismas no tuvieron ese aprendizaje.

Con base en las percepciones y los consecuentes sistemas de señales, se desarrollan las conductas adquiridas mediante procesos de aprendizaje. No toda la conducta animal está determinada por “instintos” innatos. Estudios con diversas especies animales parecen poner en evidencia que mientras más complejo sea el sistema de señales de comunicación que esa especie posea, más complejas serán las conductas adquiridas que podrán mostrar los individuos de esa especie, tanto más complejo el aprendizaje de que pueden ser capaces.¹⁶

Esta observación nos ubica en los linderos entre la especie humana y las restantes especies animales. La característica exclusiva de nuestra especie reside en la complejidad de los sistemas de señales que ha logrado desarrollar para su comunicación, hasta el punto de que constituyen sistemas simbólicos. Aunque la humana no es la única especie sobre la tierra que puede utilizar sistemas simbólicos para su comunicación, sí es la única que ha logrado desarrollarlos. Estos complejos sistemas simbólicos también han tenido impacto en la conducta de los seres humanos, permitiendo el desarrollo de una vasta gama de conductas adquiridas que requieren, desde luego, prolongados procesos de aprendizaje. Nuestra especie es la que mantiene a sus jóvenes bajo tutela por más largo tiempo entre todas las especies que pueblan el planeta.

Así, nuestra especie es la única, hasta donde sabemos, que ha logrado mediar las percepciones mediante la utilización de sistemas simbólicos para desarrollar complejas representaciones internas del entorno. En esta mediación proporcionada por el uso de sistemas simbólicos para la comunicación interpersonal, han encontrado espacio de desarrollo la inteligencia humana, la cultura y la educación. Los lenguajes tienen, además de su función de comunicación externamente orientada, una función cognitiva que se orienta internamente al individuo.¹⁷

Nuestra capacidad de desarrollar representaciones mentales de nuestros diferentes entornos, tanto inmediatos como mediatos, formadas con la utilización de diversos sistemas simbólicos está en la base de la inteligencia humana, la cual no puede ser considerada una facultad innata, sino una capacidad que se desarrolla mediante la interacción entre el individuo y su entorno.¹⁸

¹⁶ Experimentos con chimpancés, por ejemplo, muestran que no sólo pueden asociar una ficha a una palabra, p. ej. ficha triangular roja a “manzana”, sin que también la pueden utilizar para denotar el color rojo. **PREMACK, David.** *Capacidad de Representación y Accesibilidad del Saber. El Caso de los Chimpancés.* En: PIAGET y otros. *Teorías del Lenguaje. Teorías del Aprendizaje.* Op. Cit. Pp 254 – 285.

¹⁷ **SPIRKIN, A.G.** *Origen del Lenguaje y su Papel en la Formación del Pensamiento.* En: Gorski, D. P. y otros. *Pensamiento y Lenguaje.* Editorial Grijalbo, S.A. México, 1961

¹⁸ Una exposición particularmente clara y precisa de la teoría piagetiana de la inteligencia puede encontrarse en **LEGENDRE-BERGERON, Marie-Francoise.** *Una Concepción Dinámica de la Inteligencia.* El Mundo de la Ciencia y la Tecnología. Informativo Internacional. Publicado por DifuCiencia, Bogotá. No 1, Ene-Mar 1995. Traducido de Vie Pedagogique, mayo-junio 1994.

1.3. - Capacidades Representacionales y Solución de Problemas

Es conocido que muchas especies animales utilizan objetos de la naturaleza para resolver algunos de sus problemas. Las aves construyen sus nidos con el uso de ramas; algunos chimpancés utilizan una rama desprovista de hojas para sacar termitas u hormigas de su nido y poder alimentarse con ellas, etc. Es decir, un cierto nivel de inteligencia práctica no es exclusivo de los seres humanos. Ello ocurre, según Vygotski, porque “ {...} los comienzos de la inteligencia práctica en el niño (que {Buhler} calificó de “pensamiento técnico”), al igual que las acciones del chimpancé, son independientes del lenguaje.”¹⁹

No obstante, el uso del lenguaje modifica radicalmente esta situación:

*Aunque la inteligencia práctica y el uso de los signos puedan operar independientemente la una del otro en los niños pequeños, la unidad dialéctica de estos sistemas en el ser humano adulto es la esencia de la conducta humana compleja. Nuestro análisis concede a la actividad simbólica una específica función organizadora que se introduce en el proceso del uso de instrumentos y produce nuevas formas de comportamiento. {...} Antes de llegar a dominar su propia conducta, el niño comienza a dominar su entorno con la ayuda del lenguaje. Ello posibilita nuevas relaciones con el entorno además de la nueva organización de la propia conducta. La creación de estas formas de conducta esencialmente humanas produce más adelante el intelecto, convirtiéndose, después, en la base del trabajo productivo: la forma específicamente humana de utilizar herramientas.*²⁰

Esta **función organizadora** del lenguaje en la actividad de los seres humanos posibilita la mediación entre el estímulo y la respuesta que se mencionó antes, mediación que genera el espacio necesario para que se desarrollen las formas más complejas de la conducta específicamente humana, entre ellas la de solucionar problemas prácticos mediante una planeación previa, que constituye la esencia del diseño:

{...} la función planificadora del lenguaje hace su aparición junto con la ya existente función del lenguaje de reflejar el mundo externo.

*Al igual que un molde da forma a una sustancia, las palabras pueden transformar una actividad en una estructura. No obstante, dicha estructura puede ser modificada o remodelada cuando los niños aprenden a utilizar el lenguaje de modo que les permita ir más allá de las experiencias precedentes al planear una acción futura. {...} La capacidad específicamente humana de desarrollar el lenguaje ayuda al niño a proveerse de instrumentos auxiliares para la resolución de tareas difíciles, a vencer la acción impulsiva, a planear una solución del problema antes de su ejecución y a dominar la propia conducta.*²¹

¹⁹ VYGOTSKI, L. El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores. (1934) Crítica, Barcelona, 1996. P. 42-

²⁰ VYGOTSKI, Op. Cit. Pp 47-48.

²¹ Ibid. Pp. 51 -53

El modelo desarrollado por Newell y Simon sobre la relación entre el *Entorno de Tarea*, como una situación objetiva específica en la cual se presenta una situación problemática, y el *Espacio de Problema*, como una representación mental de ese entorno, resulta enteramente congruente con el planteamiento anterior.

Considerada desde esta perspectiva cognitiva, la solución de problemas es un proceso complejo de interacciones dialécticas entre el individuo que busca una solución y el entorno de tarea, proceso que involucra la construcción de una representación mental, el *espacio de problema*, que va haciéndose más precisa y definida en la medida que progresa el camino hacia la solución. Es importante resaltar que esta construcción mental será más rica y tendrá mayores posibilidades de ser verdaderamente *creativa*, en la medida en que la **memoria** del individuo que soluciona el problema contenga mayor cantidad de información relevante, es decir, en la medida en que quien soluciona el problema tenga una mayor **experiencia** con problemas de tipo similar.²²

En este sentido, parece claro que la capacidad representacional es a la vez fundamento y producto de la experiencia. Es fundamento en cuanto las representaciones internas relacionadas con un determinado entorno y/o vivencia serán más ricas en contenido cuanto mayor sea el nivel de abstracción del lenguaje en que estas representaciones han sido construídas.²³ Es producto, en cuanto que representaciones mentales más complejas son posibles sobre la base de anteriores representaciones "cristalizadas" en lo que se ha denominado *experiencia*. Pero esto no es un círculo vicioso, sino una relación dialéctica.

Este proceso dialéctico no puede ser representado fácilmente mediante una metodología secuencial, no obstante el número de conexiones que puedan establecerse hacia adelante o hacia atrás entre las distintas etapas. El problema reside en que las *etapas mismas* no están claramente diferenciadas; se trata de un proceso continuo, pero en el que se dan saltos mediante los cuales la cantidad se transforma en calidad. Estos saltos ocurren en determinados momentos que no pueden ser precisados de manera sencilla; todo lo que la sicología cognitiva ha podido decir hasta ahora de ese momento de salto cualitativo es que se trata de "inferencias no deductivas".²⁴

Lo que sabemos hasta ahora de los procesos mentales de solución de problemas no avalan la idea de un modelo metodológico universal, aunque si resaltan la importancia de desarrollar las capacidades representacionales, esto es, la capacidad de establecer diferentes, variadas y ricas representaciones mentales mediante determinados sistemas simbólicos o lenguajes, como condición *sine que non* para la capacidad de solucionar problemas y, por ende, de diseño.

²² Sobre la importancia de la experiencia previa del diseñador puede verse Goel y Pirolli. Op. Cit.

²³ "La posibilidad de combinar elementos de los campos visuales presentes y pasados {...} en un solo campo de atención conduce, a su vez, a una reconstrucción básica de otra función vital, la **memoria**. A través de formulaciones verbales de situaciones y actividades pasadas, el niño se libera de las limitaciones del recuerdo directo y es capaz de sintetizar el pasado y el presente para seguir sus propósitos" Vygotski, Op. Cit. P.65

²⁴ Goel & Pirolli. Op. Cit.

1.4. - Educación y Capacidades Representacionales

Si el espacio de problema es una representación mental, puede parecer tautológica la idea de que la capacidad de resolver problemas esté estrechamente relacionada con las capacidades representacionales. Sin embargo, no lo es en dos sentidos importantes.

En primer lugar, como lo hemos visto, antes que en las capacidades representacionales, los esfuerzos por desarrollar la ET, así como otras formas de educar la creatividad, han desembocado rápidamente en modelos metodológicos por razones que ya se han explorado.

En segundo lugar, más fundamental, la representación mental no surge de manera directa del estímulo externo sino que, como ya se ha explicado, está mediada por el empleo de algún sistema simbólico. La representación mental no es una simple y directa sensación; también es más compleja que la percepción. Con mayor razón, requiere de procesos de aprendizaje mediante los cuales se fortalezcan la experiencia, la memoria y desde luego las capacidades representacionales.

Como se verá más adelante, nuestro propio trabajo fortalece esta idea la cual subyace una diferencia esencial entre nuestros planteamientos y los de Newell/Simon, Goel/Pirolli. La construcción del Espacio de Problema no puede surgir de manera inmediata de los datos del entorno de tarea. La construcción de significado no es directa ni inmediata por cuanto se trata de una representación mental que se configuraría y se expresa mediante sistemas simbólicos.

El camino que va del niño al objeto y del objeto al niño pasa a través de otra persona. Esta compleja estructura humana es el producto de un proceso evolutivo profundamente enraizado en los vínculos existentes entre la historia individual y la historia social..²⁵

La "otra persona", también puede y debe ser la escuela. En este sentido el currículo constituye una gran Zona de Desarrollo Próximo para los niños y jóvenes. Incorpora lo que debe ser transferido de todo el conocimiento contenido en la cultura.

En este aspecto coincide Piaget:

Cincuenta años de experiencia nos han enseñado que no existe conocimiento alguno resultante de un simple registro de observaciones, sin una estructuración debida a las actividades del sujeto. No obstante, tampoco existen (en el hombre) estructuras cognoscitivas a priori o innatas: únicamente es hereditario el funcionamiento de la inteligencia, y éste sólo engendra estructuras a través de una organización de acciones sucesivas ejercidas sobre los objetos..²⁶

²⁵ Vygotski. Op. Cit. P 56

²⁶ PIAGET, J y otros. Teorías del Lenguaje, Teorías del Aprendizaje. El Debate entre Jean Piaget y Noam Chomsky. Op. Cit. P 51

La simple observación no genera conocimiento alguno. Entre la percepción y la representación media “la estructuración debida a las actividades del sujeto”, una estructuración que se inicia en el pensamiento sensorio - motriz, que pasa por la separación entre el aparato motor y lo sensorial gracias al lenguaje para permitir las operaciones mentales, inicialmente mediadas por objetos concretos presentes, luego operaciones con conceptos abstractos.²⁷

La solución de problemas prácticos es una exigencia nueva para la escuela. Se ha hecho más evidente en la medida en que los entornos inmediatos de niños y jóvenes se han alejado de los procesos y procedimientos de transformación de todo lo que sustenta la existencia material de los seres humanos, como resultado de la división social del trabajo.

El medio artesanal proveía al niño ejemplos concretos en su vida de estos procesos de transformación. El niño que crece en ambientes urbanos está normalmente alejado de estas experiencias. La escuela debe proporcionar al niño estas experiencias que, por un lado, le permiten comprender su entorno inmediato, natural y artificial, y por otro, le permiten construir entornos mediatos, es decir, su propia experiencia.

1.5. - Capacidades Representacionales y Pensamiento Abstracto

Las representaciones mentales de los diversos entornos, que se van “cristalizando” en la experiencia del individuo, también constituyen el proceso de génesis y desarrollo de la inteligencia. Este proceso, como hemos visto, pasa por estadios diferentes hasta llegar a la capacidad de pensamiento formal, es decir, la capacidad de realizar operaciones mentales con conceptos abstractos.

Esta construcción es, a la vez, una diferenciación progresiva que termina en una visión de conjunto más rica en detalles. En esta diferenciación, el lenguaje (y otros sistemas simbólicos) juegan un papel importante:

El niño comienza a percibir el mundo no sólo a través de sus ojos, sino también a través de su lenguaje. En consecuencia, la inmediatez de la percepción “natural” queda sustituida por un proceso mediato y complejo; como tal, el lenguaje se convierte en una parte esencial del desarrollo cognoscitivo del niño. {...} El papel del lenguaje en la percepción es sumamente importante debido a las tendencias opuestas implícitas en la naturaleza de la percepción visual y del lenguaje. En un campo visual, los elementos pendientes se percibe simultáneamente; en este sentido, la percepción visual es completa. Por otra parte, el lenguaje requiere de un sistema de secuencias. Cada elemento está clasificado individualmente y luego relacionado en una estructura de frase, haciendo del lenguaje algo esencialmente analítico. {...} El empleo de signos auxiliares destruye la fusión del campo sensorial y el sistema motor, posibilitando así nuevas formas de conducta. Entre los movimientos iniciales y finales de la respuesta selectiva se crea una “barrera funcional”; el impulso directo de

²⁷ Piaget, Jean. *La Psicogénesis del Conocimiento y su Significado Epistemológico*. En: **PIAGET, J y otros. Teorías del Lenguaje. Teorías del Aprendizaje. El Debate entre Jean Piaget y Noam Chomsky**. Editorial Crítica. Barcelona, 1983., p 53.

moverse es desviado por circuitos preliminares. El niño que, en un principio, resolvía el problema de forma impulsiva, trata ahora de solucionarlo a través de una conexión establecida internamente entre el estímulo y el signo auxiliar correspondiente. El movimiento, que al principio había sido la elección, sirve ahora tan sólo para completar la operación ya preparada. El sistema de signos reestructura todo el proceso psicológico y capacita al niño para dominar sus movimientos. Al mismo tiempo, reconstruye el proceso selectivo sobre una base totalmente nueva. El movimiento se separa de la percepción directa y se somete al control de las funciones de los signos incluidas en la respuesta selectiva. Este desarrollo representa una rotura fundamental con la historia natural de la conducta e inicia la transición del comportamiento primitivo de los animales a las actividades intelectuales superiores de los seres humanos²⁸

Nos encontramos frente a un nuevo proceso dialéctico de diferenciaciones - integraciones mediante el cual el ser humano va ganando en capacidad para realizar operaciones mentales con abstracciones de nivel superior. Pero, este desarrollo de la inteligencia está estrechamente relacionado con las interacciones del sujeto con los objetos de su medio. Esta interacción se organiza en la mente del sujeto otorgando sentido a las relaciones entre las partes de los objetos, llegando a la comprensión de las "implicaciones entre acciones"²⁹

En este proceso de equilibraciones dialécticas del pensamiento durante los primeros años, se van produciendo dos importantes diferenciaciones en la mente del niño: Por una parte, la diferenciación del TODO que es el mundo percibido sensorialmente, en partes que, sin embargo, están relacionadas entre sí. Por otra parte, la diferenciación del yo-observador del objeto observado. En la medida que progresa este proceso, el individuo comienza paulatinamente a tomar conciencia de los efectos de sus actos sobre los objetos.³⁰

En este proceso, se generan en la mente del niño diversos modelos mentales del mundo objetivo, que deben ir ganando en detalle y en complejidad. Nuestros modelos mentales están relacionados con los datos que nos proporciona nuestro aparato sensorial, pero también con lo que hemos interiorizado de nuestro entorno cultural.

En el presente proyecto se estudiarán con particular énfasis las capacidades representacionales gráfica y matemática, en razón de la relación de estos sistemas simbólicos con el conocimiento tecnológico, como se discutirá más adelante. Con base en estos dos procesos de diferenciación - integración YO OBSERVADOR - OBJETO OBSERVADO, y TODO - PARTES RELACIONADAS, se pueden definir unos niveles de abstracción para construir escalas de medición de los estados de desarrollo de las capacidades representacionales mediante los sistemas simbólicos anotados. Dado que el proyecto se centra en niños en edades en las cuales debería estar ocurriendo el tránsito al pensamiento operatorio formal, los niveles de abstracción parte de suponer la capacidad de pensamiento operatorio concreto. Así, la **capacidad representacional gráfica** tendría los siguientes niveles de abstracción, en orden creciente:

²⁸ Vygotski. Op. Cit. pp 59, 62 - 63.

²⁹ PIAGET, J. Las Formas Elementales de la Dialéctica. (1975) Editorial Gedisa, Barcelona, 1996

³⁰ PIAGET, J. La Toma de Conciencia. (1976) Ediciones Morata. Madrid 3ª Edición. 1996

- **Nivel 1:** El sujeto percibe la tridimensionalidad de los objetos, pero no puede establecer una relación entre esas dimensiones que le permita resolver de manera adecuada la contradicción de representar en un plano las tres dimensiones. Como resultado, termina en un dibujo plano, sin perspectiva, en el que las tres dimensiones son representadas una al lado de la otra. Característico del dibujo de niños pequeños, del arte pre-renacentista, de la pintura primitivista.
- **Nivel 2:** Hay un desarrollo de la perspectiva. Se percibe que la tridimensionalidad de un objeto puede ser representada en un plano mediante relaciones de tamaño que representan distancia al observador. No hay aún un manejo de los sistemas convencionales desarrollados para pintar perspectivas. Sería una perspectiva “espontánea”
- **Nivel 3:** El problema de la representación de objetos tridimensionales en un plano se resuelve mediante el uso de sistemas convencionales: Perspectiva con punto de fuga, perspectiva isométrica, vistas ortogonales. Aquí importa más que la representación gráfica porte claramente sentido, que la perfección técnica del trazado.

Adicionalmente a estos niveles, en el trabajo de estudiantes hemos encontrado reiteradamente que hay quienes dibujan un observador, normalmente una figura que representa al autor del dibujo. De acuerdo con la interpretación piagetiana del lenguaje egocéntrico, y comparando esta característica del dibujo con otros aspectos del trabajo de estos estudiantes, podemos interpretar este tipo de representaciones como indicador de diferenciaciones incompletas. Esta diferenciación YO OBSERVADOR - OBJETO OBSERVADO, progresaría desde la necesidad de representar el observador, pasando por la necesidad de representar un marco de referencia (el marco de una ventana, por ejemplo), hasta la representación de lo que realmente interesa, el objeto observado. Así, hemos considerado necesario introducir unos “factores de diferenciación” que serán menores que 1.0, dado su carácter de indicador de diferenciaciones incompletas. Son factores que modificarán la escala anterior, la cual está basada en la diferenciación - integración TODO - PARTES.

Para, la **capacidad representacional matemática** se pueden establecer los siguientes niveles de abstracción, en orden creciente:

- **Nivel 1:** Utiliza y comprende símbolos matemáticos que representan cantidades. Esto sería el equivalente a reconocer, en el primer nivel de diferenciación, que un todo está compuesto por partes, cada una de las cuales es identificable.
- **Nivel 2:** Operativiza correctamente relaciones de tamaño, directas. Este segundo nivel, significa una posibilidad de representar relaciones directas entre las partes que se identificaron en el nivel anterior.
- **Nivel 3:** Operativiza correctamente relaciones de tamaño, inversas. Hemos encontrado en el trabajo de los estudiantes una gran dificultad para la comprensión de relaciones que se expresan en números fraccionarios. Al parecer, entre la comprensión de relaciones directas y la comprensión de relaciones inversas mediaría una mayor diferenciación, relacionada con la representación de relaciones que resultan menores que la unidad la cual implica, a su vez, una relativización del concepto de unidad.

- **Nivel 4:** Comprende y puede operativizar los vínculos entre relaciones directas y relaciones inversas. Es decir, es capaz de representar las interacciones entre las partes, lo cual es una amera más compleja de diferenciación que el establecimiento de simples relaciones. Para el caso del conocimiento tecnológico, esto implicaría la comprensión de principios operativos, que tienen que ver con las interacciones entre objetos cuyas formas han sido construidas intencionalmente para una función específica.

1.6.- Capacidades Representacionales y Competencias

Antes que intentar una definición de capacidad representacional parece más conveniente abordar su significado en el marco de lo que se entiende como competencia, esto es, la capacidad para aprovechar en otros contextos, conocimientos adquiridos en un contexto determinado.³¹ Esta posibilidad de servirse de conocimiento en diferentes contextos se examina igualmente en el dominio del lenguaje cuando este cumple una función comunicativa argumentativa.

El contexto en el que será necesario valerse de una herramienta de conocimiento, esto es, un contexto estratégico - instrumental, es un contexto problémico que puede presentarse en diferentes niveles de complejidad.

A continuación se examinarán ejemplos de algunos posibles niveles de complejidad de contextos problémicos del medio escolar para ubicar en éstos el problema de la representación.

Se comenzará por contexto problémico elemental, experimentado en implementación de un AA de la tecnología para el grado 2°

Dentro de un AA orientado a la diferenciación de entornos naturales y artificiales, los estudiantes se enfrentan a la tarea de registrar en un Diario el crecimiento de una planta. Los alumnos se habían relacionado, en otra de sus asignaturas, con formas de medir longitudes. No obstante, la actividad de medición del crecimiento de la planta presentó a los alumnos un aspecto nuevo y problemático del medir: **comparar** dos longitudes para encontrar una tercera.

El problema que plantea el Diario es el siguiente: La planta medía 10 cms. en x fecha. El día de hoy mide 16 cms. ¿Cuántos centímetros ha crecido en los y días que han transcurrido? Obsérvese que aquí hay que encontrar además el número de días entre medición y medición, algo que no representó problema encontrar con ayuda del calendario.

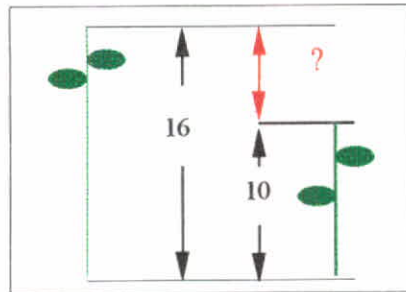
En este caso no se trataba simplemente de realizar la resta $16 \text{ cms} - 10 \text{ cms} = 6 \text{ cms}$, sino de que esta operación tuviera sentido para el alumno en el contexto del problema.

La determinación de la magnitud *¿Cuánto ha crecido?* representó dificultades tal vez debido a que se trata de una forma de trabajo a la que no están habituados los alumnos. Ellos están familiarizados con el tipo de problema aritmético en el que se presentan todas las variables numéricas para encontrar un resultado por medio de una fórmula. Se trata de problemas del tipo: "Un niño compró 15 caramelos y se comió 10 ¿cuántos caramelos le quedan?" En problemas de este tipo, además de que para el

³¹ Una explicación de competencia en este sentido, basada en un enfoque piagetiano, puede encontrarse en LEGENDRE- BERGERON, M. Op. Cit.

niño el algoritmo a emplear, de resta, aparece directamente, también aparece directa la representación del número con el referente *caramelos*, por lo que el problema puede ser resuelto de una manera directa.

En ambos casos, el de los caramelos y la planta, los alumnos deberán lograr aprovechar su conocimiento acerca de la resta con minuendo mayor que el sustraendo. No obstante, entre una y otra situación media una diferencia representacional. Para los alumnos entre 7-8 años es más inmediato y concreto evocar la escena de los caramelos que aquella en la que deben ponerse en relación dos momentos de crecimiento de la planta. Antes de poder emplear tal conocimiento acerca de la fórmula para restar, será necesario determinar qué se resta de qué. De manera gráfica se explicó a los alumnos:



Esto, que para un adulto no revestiría complicación plantea en cambio una exigencia considerable para niños de estas edades. Poder determinar **qué** constituye el minuendo y **qué** constituye el sustraendo y **qué** significa el valor hallado, es algo que va mucho más allá de que el alumno conozca la fórmula para restar y aún de que sepa que es esta fórmula la que debe emplearse en este problema.

Para lograr aprovechar apropiadamente la fórmula para restar, los alumnos deberán organizar los datos o información (los centímetros que midió la planta en tal fecha y los centímetros que midió hoy) en una imagen de la planta antes y de la planta hoy, y establecer que deben hallar el valor del segmento crecido luego de la última medida. Una gráfica, como la anterior, en la que se dibujan las plantas y se las compara parece ser lo más apropiado para expresar lo que el alumno a estas edades comprende de la situación.

En el caso de la planta expresar la situación por medio de la conocida fórmula para restar requiere una mediación en la que de cierta manera hay que organizar la información del contexto para que tenga significado expresarla en la fórmula, con el fin de encontrar el valor requerido. Sin esa organización, de poco serviría sólo conocer la fórmula y saber que aquí debe emplearse.

Otro ejemplo del medio escolar ayudará a comprender que lograr aprovechar conocimientos adquiridos en un contexto determinado, en otros contextos³², no es una deducción directa y simple.

³² Contexto diferente alude, antes que a espacio diferente, a diferencia de información. Pedagógicamente tendrá valor la diferencia de tiempo entre el aprendizaje y el aprovechamiento, una variable importante para la determinación del aprendizaje significativo. Deberíamos lograr servirnos de conocimientos adquiridos hace tiempo.

Un caso reportado en escuelas de Brasil³³, aunque muchos docentes de taller en nuestro medio reconocerán la situación, se refiere a que los alumnos debían determinar la cantidad de madera requerida para fabricar unos determinados muebles. Ante la imposibilidad de los alumnos, los docentes decidieron explicarles unas determinadas fórmulas geométricas que les ayudarían en el propósito de determinar la cantidad de material. Los docentes descubrieron que, en efecto, los alumnos ya conocían esas fórmulas, pero no se les había ocurrido emplearlas para la tarea.

En la situación que acaba de describirse, en la que no se logra asociar la búsqueda de la cantidad de madera requerida para el mueble que se quiere fabricar con el conocimiento de una fórmula geométrica conocida, podría estarse revelando la ausencia de relación significativa entre las fórmulas geométricas y su sentido como instrumentos para expresar y dimensionar objetos de diferentes formas, por ejemplo cuadradas, circulares, esféricas, cónicas, etc. Y que los objetos de forma cuadrada siempre se representarán por medio de una determinada fórmula que servirá para expresar su tamaño, los objetos circulares planos se representarán por medio de otra fórmula determinada y así por consiguiente.³⁴

Esta elaboración de una imagen mental **que se expresa** por medio de un lenguaje formalizado es lo que se asocia a capacidad representacional. Esta **expresión** de procesos mentales, que organizan en un todo con sentido información procedente del medio, es lo manifiesto y lo que puede ser abordado en un examen de tipo pedagógico sobre procesos de solución de problemas y diseño. En tanto, el proceso mental en sí, que elabora la representación, es un asunto más allá del alcance de un estudio como el que aquí se pretende y que pertenece al campo de la psicología cognitiva.

³³ "Un estudio con estudiantes de vocacionales en la ciudad de Recife, Brasil. ...[mostró que esos estudiantes] No pudieron captar la similitud entre el razonamiento del libro escolar y lo que se les pedía hacer en el taller. Una fórmula de área se aprende en la escuela. Una cantidad de madera se maneja en el taller." HAGGIS, Sheila. *Las Necesidades Planteadas por la CyT a la Educación*. Documento del Proyecto 2000+ Unesco, traducido en *El Mundo de la Ciencia y la Tecnología- Divulgativo Internacional*. DifuCiencia, Año 1 No 2, II trimestre de 1995.

³⁴ Este procedimiento supondrá pensar la fórmula como un predicado común a los objetos de igual forma. Ver: **PIAGET, Jean**. *Las Formas Elementales de la Dialéctica*. Op. Cit.

Capítulo 2. - Condiciones de la Pedagogía y la Didáctica para el Fomento de las Capacidades Representacionales en la Educación en Tecnología

2.1. – Conocimiento Tecnológico y Ambientes de Aprendizaje

La ET ha surgido como una respuesta al empobrecimiento de la experiencia cotidiana en aspectos relacionados con las transformaciones de materiales que generan los ambientes artificiales. También, como respuesta a la necesidad de comprender un fenómeno tecnológico que ha posibilitado la construcción de máquinas complejas que son cada vez más fáciles de operar. Y, adicionalmente, para contribuir a un largo proceso de formación de personas que puedan estar en capacidad de contribuir creativamente al desarrollo de la tecnología.

La tecnología contemporánea tiene como característica esencial, el desarrollo de operadores lógicos, representados en circuitos lógicos pero que a su vez representan procesos mentales de lógica formal. Esto la diferencia esencialmente de toda la historia técnica anterior. Pero la tecnología contemporánea es, también, continuidad de ese largo devenir histórico mediante el cual los hombres han sustituido sus acciones funcionales mediante máquinas de diversos tipos. En ese proceso de maquinización, se ha construido el campo del conocimiento tecnológico, representado en dos tipos de conceptualizaciones: Los Principios Operativos, principios universales que se refieren a las interacciones entre objetos físicos, pero diferentes de las leyes de las ciencias por cuanto las formas de estos objetos, los operadores, han sido artificialmente construidas. La Operatividad General, mediante la cual los principios operativos son dispuestos para el cumplimiento de una acción funcional específica. Esta última termina en una máquina particular.³⁵

Los principios operativos han adquirido un alto nivel de abstracción y deben ser representados mediante el lenguaje matemático.

La disposición de estos principios para una operatividad general ha sido un proceso estratégico: Cómo se produce un resultado deseado con unos medios disponibles y a partir de una situación inicial dada.

Estos dos aspectos: Principio operativo, Operatividad General, plantean que el conocimiento tecnológico tiene un doble carácter que la ET tendrá la tarea de atender.

Por un lado, el fomento de las capacidades representacionales necesarias para comprender los principios operativos universales y manejar los respectivos operadores. Pero además, la Operatividad General es una disposición particular pensada de manera estratégica con arreglo a la acción funcional particular que se quiere producir. Por tanto, la pedagogía y didáctica de la tecnología deberán atender este otro aspecto: La capacidad de pensamiento estratégico.

³⁵ Una discusión más detallada acerca de una delimitación epistemológica de la tecnología, de las características específicas de la tecnología contemporánea, así como de las condiciones derivadas de estos planteamientos para la pedagogía de la tecnología puede verse en: **LOTERO, Amparo; ANDRADE, Edgar.** Fundamentos Epistemológicos y Pedagógicos de la Tecnología. En preparación

Las anteriores consideraciones nos ha llevado al siguiente Modelo General de Ambiente de Aprendizaje, concebido como una serie de actividades que ocurren dentro de un entorno físico, con una dotación específica, y que están concebidas para poner en tensión los dos aspectos del doble carácter del conocimiento tecnológico mencionados, el conceptual y el estratégico.

<u>Momento 1:</u>	<u>Momento 2:</u>	<u>Momento 3:</u>
<p align="center">Actividades de Aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generar desequilibrios cognitivos • Suministrar nueva información 	<p align="center">Actividades de Contextualización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deconstruir un “sistema técnico” existente • Reconstruir el mismo sistema 	<p align="center">Actividades de solución de problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En variados niveles de estructuración • Con sugerencia de estrategias de solución

Este modelo cumple con las condiciones de ser delimitado en cuanto a que se refiere a unos logros específicos tanto de conocimiento como de solución de problemas; estructurado en cuanto a que contiene una serie de tareas explícitamente expuestas; y, flexible³⁶. Es preciso señalar que la flexibilidad del AA implica que estos tres momentos no necesariamente son excluyentes y secuenciales, sino que existe entre ellos, a su vez, una relación dialéctica. Esto es, pueden existir uno dentro del otro. Así por ejemplo, las actividades de aprendizaje incluyen actividades de evaluación que requieren de solucionar problemas en distintos grados de estructuración y con sugerencias de estrategias de solución. O, en los problemas propuestos puede incluirse nueva información. No obstante, son momentos en los cuáles el **énfasis** de las actividades está diferenciado según se muestra en el cuadro anterior.

2.2. – La Implementación en la Práctica del Modelo

El presente proyecto se desarrolló con dos grupos, uno de 7° grado del Colegio Rufino J. Cuervo, 50 alumnos de estratos 1 y 2, y otro de grado 8° del colegio Nuevo Kennedy, 39 estudiantes de estrato 2, principalmente.

Para la experiencia, el Modelo General fue especificado en el siguiente Ambiente de Aprendizaje:

Logro: Resuelve problemas con operadores mecánicos

Momento 1: Actividades de Aprendizaje (A1)

En el desarrollo del presente proyecto, se implementaron dos tipos de actividades de aprendizaje. Las primeras, referidas al fomento de las capacidades representacionales matemática y gráfica:

³⁶ Estas condiciones se discuten en **ANDRADE, E.** *Ambientes de Aprendizaje para la Educación en Tecnología.* Revista *Educación en Tecnología.* No 1, Bogotá, 1996.

- **Relaciones de Tamaño:** Tres guías en las que se proponen ejercicios a los estudiantes con una regleta. Los estudiantes construyen en el concreto las regletas, siguiendo indicaciones de relaciones de tamaño y representan matemáticamente las diversas relaciones entre las regletas, utilizando para ello la simbología de números fraccionarios.
- **Representación gráfica:** Los alumnos reciben instrucción sobre los elementos básicos de la perspectiva con punto de fuga, la perspectiva isométrica y las proyecciones ortogonales. Utilizando estas reglas básicas, los estudiantes deben desarrollar ejercicios de representación gráfica de objetos concretos, con la ayuda de unas cuadrículas, ortogonal e isométrica. En estos ejercicios prima la construcción de significado sobre la destreza técnica; las cuadrículas facilitan el trazo sin necesidad de recurrir a instrumentos de dibujo.

Las segundas actividades estuvieron relacionadas con el aprendizaje de los principios operativos de los mecanismos bajo estudio.

- **Mecanismo Polea- Correa:** Se plantea la observación de situaciones con ayuda de un módulo (el mecanismo en concreto) y de una guía escrita. A partir de estas observaciones se conduce al estudiante a que deduzca principios generales, que luego son formalizados matemáticamente en la guía. Esta guía contiene actividades del tipo A4, de solución de problemas, en esta oportunidad “El Caso del Molinero”
- **Mecanismo de Ruedas Dentadas:** Similar a la anterior. Incluye el mismo principio operacional, pero se introduce además el concepto de “paso”, indispensable para que las ruedas dentadas engranen entre sí. También incluye actividades A4, en este caso “La Apuesta del Relojero”.
- **Mecanismo de Biela – Manivela:** Ibídem a las anteriores, pero relacionada con el principio operativo del mecanismo, o sea la relación entre excentricidad y carrera del pistón. Se incluye una actividad A4, “Diseñemos un Juguete”.

Antes de iniciar el trabajo con las guías, los estudiantes desarrollaron una prueba de entrada en dos partes:

- **X0 “El Enigma del Tesoro de las Tacitas Tsing”,** primera parte, en la cual el estudiante debía representar distintas vistas de una casa imaginaria en la cual se sucede el relato. En la segunda parte, el estudiante debe encontrar el número de tacitas que componen el tesoro, utilizando dos algoritmos matemáticos, cuyos pasos se sugieren.

Momento 2: Taller de Construcción del Juguete

Los grados 7os construyen el prototipo denominado “Monos Juguetones” y el grado 8° “El Parque de diversiones”.

Momento 3: Actividades de Solución de Problemas

Como actividades de evaluación se presentaron a los estudiantes dos problemas, de diferente nivel de complejidad.

- **X1: “Un Molino para el Monasterio”:** Se trata de un problema en el que los estudiantes deben ayudar a dos monjes a diseñar un nuevo molino. Desde el punto de vista cognitivo, el problema

implica construir el “escenario” del molino, a partir del entorno de tarea constituido por una descripción escrita de la tarea que enfrentan los dos monjes. Luego, deben estructurar el “espacio de problema”, para continuar con el seguimiento de una estrategia para que los alumnos utilicen el algoritmo correspondiente al “paso” para calcular el número de dientes de una de las dos ruedas dentadas, luego de proponer este valor para la otra rueda.

- **X2: “Máquinas para Medir el Tiempo”:** Aquí los estudiantes trabajan el rediseño de un contador para el juego de las escondidas. El diseño de este contador con un mecanismo de polea – correa fue el tema de una evaluación de salida del año anterior. No obstante, el problema contiene toda la información necesaria para resolverlo sin haber tenido que participar en el diseño. Aquí los estudiantes deben construir también el “escenario” a partir del cual pueden estructurar el espacio de problema. La mayor complejidad de este problema estriba en que corresponde a un espacio de problema con mayores componentes que el anterior (Eje intermedio, cambio de plano y cálculo de número de dientes)

En resumen, el desarrollo de las actividades siguió la siguiente secuencia:

Grupo Experimental G _{1,2}	X0	A1	A2, A4	A3	X1	X2
-------------------------------------	----	----	--------	----	----	----

En el Anexo 1 se presentan muestras del material utilizado para desarrollar la experiencia.

Es preciso mencionar que este diseño experimental no incluyó grupos de control, por las siguientes razones:

- En primer lugar, el centro del interés experimental en este caso estriba en el estudio de las relaciones entre las capacidades representacionales gráfica y matemática y la capacidad para solucionar problemas utilizando operadores, en este caso, mecánicos.

El desarrollo de esta capacidad de solucionar problemas se considera como un caso general del diseño tecnológico. Este último se ha concebido como la solución de problemas con operadores tecnológicos, en la que el diseñador debe estructurar tanto un “escenario” como un espacio de problema, a partir de un entorno de tarea propuesto por alguien o seleccionado por el mismo diseñador. Así mismo, el diseñador debe desarrollar la estrategia más adecuada para arribar a una solución creativa. De esta manera, la capacidad de diseño tecnológico resulta ser bastante compleja y no puede ser educada mediante ejercicios metodológicos únicamente.

El enfoque cognitivo que nos encontramos desarrollando parte de la idea de que el nivel de abstracción de las representaciones mentales es una variable importante para el fomento de la capacidad de solucionar problemas, que a su vez resulta indispensable para la capacidad de diseño. Así, el análisis debe enfatizar en la manera como una determinada población estudiantil enfrenta procesos de solución de problemas en un ambiente controlado y validado en alguna medida. A este respecto, es conveniente recordar que el actual proyecto es continuación de otro en el cual el Ambiente de Aprendizaje fue sometido a una validación inicial.³⁷

- La experiencia previa del equipo ha puesto de presente en reiteradas ocasiones que se requiere de un tiempo relativamente largo para que los Ambientes de Aprendizaje tengan un impacto

³⁷ El presente proyecto es continuación del proyecto “Validación en la práctica de aula de Indicadores de Logro y Kits de bajo costo relacionados con una Estructura Curricular propuesta para el Área de T&I”, desarrollado por el mismo equipo con financiación del IDEP mediante contrato 036/98.

permanente y notorio en las estructuras cognitivas de los estudiantes. Tratándose de una alternativa de trabajo escolar novedosa, los ambientes de aprendizaje debe contar con un prudente lapso de tiempo de implementación, frente a los tiempos de escolaridad tradicional a que han sido sometidos los estudiantes que forman parte de la muestra.

- Finalmente, no es fácil encontrar grupos adecuados de control para el interés de investigación. Por un lado, alumnos de los mismos grados de otros grupos y/o planteles carecen del conocimiento sobre operadores tecnológicos que posibilitan las actividades de aprendizaje de los Ambientes. Enfrentados al tipo de problemas que requieren de estos conocimientos, su rendimiento sería necesariamente más bajo que el de los estudiantes de la muestra, pero ese resultado no reflejaría comparaciones sobre la capacidad de solucionar problemas. En este sentido apunta el menor promedio de los estudiantes nuevos del Grupo 2, comparado con el promedio alcanzado por sus compañeros que vienen en la experiencia desde el año anterior, que se muestra en la tabla 4. & en el siguiente capítulo.

Por otra parte, estudiantes que tienen el conocimiento necesario sobre mecanismos pueden encontrarse en el nivel universitario. Una comparación efectuada dentro del proyecto del año pasado con estudiantes de tercer semestre del Departamento de Tecnología de la UPN, permitió apreciar que los estudiantes de la muestra (grados 6° y 7° en ese año) tuvieron una mayor capacidad para seguir estrategias y llegar a mejores resultados. El seguimiento de estrategias es un aspecto contemplado dentro del Ambiente de Aprendizaje, pero totalmente extraño para los estudiantes universitarios.

Lo anterior no implica que no es preciso un control de las variables contextuales. En su momento, cuando la actual experiencia haya tenido una suficiente maduración, será conveniente someterla a contratación con otros tipos de ambientes educativos.

Capítulo 3. - La Didáctica de la Tecnología en Concreto: Un caso estudio de Solución de Problemas

3.1. – Formalización de las Variables

El Ambiente de Aprendizaje, como ya se indicó, tiene como logro la solución de problemas con operadores mecánicos. Según la hipótesis central de investigación, esta capacidad para solucionar problemas está relacionada con el nivel de abstracción en la cual un determinado individuo puede desarrollar representaciones mentales de situaciones. Los niveles de abstracción alcanzados en cada una de las capacidades representacionales bajo estudio (gráfica y matemática), se correlacionarán con los niveles de solución de problemas, en un intento por indagar acerca del papel de cada una de estas capacidades representacionales en la capacidad de resolver problemas.

La anterior correlación requiere de escalas cuantitativas. Según lo discutido en el Capítulo 1, numeral 1.5, estas escalas pueden establecerse como sigue:

ESCALA PARA LA CAPACIDAD REPRESENTACIONAL GRÁFICA

Nivel 1: Dibujo plano (representación de tres dimensiones en el plano con el expediente de hacer evidente en la misma escala, la magnitud de profundidad) Un punto

Nivel 2: Perspectiva, sin manejo de alguna de las técnicas establecidas para ello. Tres puntos

Nivel 3: Perspectiva (isométrica o con punto de fuga)/ Vista ortogonal: Utilización adecuada de algún sistema simbólico convencional. No se medirá la perfección técnica. Cuatro puntos

Estos niveles serán matizados por medio de “factores de diferenciación”, menores que 1.0, que también establecen niveles diversos de abstracción, así:

F1 : El estudiante representa con dibujo el observador. Indica una incompleta indiferenciación entre el observador y el objeto observado. $F1 = 0.5$.

F2 : El estudiante ya no representa al observador, pero se siente incómodo sin un marco de referencia. $F2 = 0.8$.

ESCALA PARA LA CAPACIDAD REPRESENTACIONAL MATEMÁTICA

Nivel 1: Operativiza correctamente relaciones (de tamaño) directas. Un punto por respuesta acertada

Nivel 2: Operativiza correctamente relaciones (de tamaño) inversas. Dos puntos por respuesta acertada.

Los anteriores niveles implican un nivel previo de utilización y comprensión de signos matemáticos para expresar cantidades y una correspondiente operacionalización con estos símbolos. Por esta

razón, el recurso a auxiliares concretos (dibujos de objetos, por ej.) en lugar de operaciones con símbolos será multiplicada por un factor de indiferenciación menor que uno ($F=0.5$).

Las anteriores escalas fueron utilizadas para tabular de manera cuantitativa los datos de las respuestas a las pruebas X0, "El Enigma del Tesoro de las Tacitas Tsing", primera y segunda parte. Los datos respectivos se muestran en el Anexo 2.

Para evaluar la capacidad de solucionar problemas, cada problema se ha dividido en una parte en la cual el estudiante construye de manera gráfica el "espacio de problema". En cada uno de los problemas (X1 y X2), este espacio tiene una serie de componentes cuya presencia será puntuada con un punto, para obtener el respectivo resultado parcial (RGn, en donde n= número del problema, 1 o 2). Otra parte está constiuída por los pasos de la estrategia matemática. Cada respuesta acertada frente a cada paso de la estrategia recibirá un punto. La suma corresponderá al resultado parcial REn. El problema 2 contiene otros dos aspectos, uno de transferencia de resultados a otro contexto (RTn) y una pregunta directa de conocimiento. El primero de estos dos recibirá un punto por respuesta acertada, mientras que la segunda será utilizada sólo como control y sin ninguna puntuación.

La suma de los anteriores aspectos constituirá una medida de la solución del problema Rn.

Se efectuará un análisis de correlación múltiple, empleando el coeficiente de Pearson, entre las distintas variables así definidas. Para evitar problemas con las diferentes escalas empleadas para las variables de solución de problemas, las correlaciones se trabajarán con las correspondientes variables normalizadas, Zi, definidas como la variable menos el promedio y dividida por la desviación estándar:

$$Z_i = (x_i - X) / \sigma$$

3.2. – Los Resultados del Trabajo de los Estudiantes

Los datos obtenidos en la tabulación de las anteriores variables se presentan en el Anexo 2. En este apartado se discutirán los aspectos más interesantes derivados de esos datos.

La tabla 3.2.1. presente los promedios encontrados en las pruebas de entrada. Todos lo valores se han reducido a la escala 0.00 – 1.00, para facilitar la comparación.

TABLA 3.2. 1. - PROMEDIOS PRUEBA ENTRADA X0
Escala 0 - 1

Promedio Grupo	Puntos Parte Gráfica (n/15)	Nivel 1 (Mat. 0 - 1)	Nivel 2 (Mat.0 - 1)
G1	8.07	0.52	0.59
Desv	3.22	0.32	0.31
G2	7.75	0.44	0.19
Desv	3.69	0.35	0.18
Antiguos G2	7.81	0.47	0.19
Nuevos G2	7.64	0.39	0.20

GRUPO 2

(Valores Significativos en rojo)

Z0GT	Z0GP	Z0M1	Z0M2	Z0MT	ZRG1	ZRE1	ZR1	ZRG2	ZRE2	ZRT2	ZR2
Z0GT	0.941	0.095	0.167	0.158	0.187	-0.003	0.115	-0.144	-0.011	0.029	-0.074
Z0GP		0.173	0.143	0.180	0.118	-0.060	0.044	0.019	0.029	0.061	0.026
Z0M1			0.555	0.845	-0.217	-0.264	-0.265	0.205	0.100	0.239	0.184
Z0M2				0.913	0.065	-0.131	-0.024	0.111	0.239	0.332	0.309
Z0MT					-0.062	-0.216	-0.145	0.172	0.201	0.327	0.289
ZRG1						0.610	0.921	0.087	0.085	0.226	0.258
ZRE1							0.870	0.016	0.117	-0.092	0.072
ZR1								0.062	0.110	0.095	0.196
ZRG2									0.025	0.121	0.487
ZRE2										0.561	0.780
ZRT2											0.757

En efecto, no solo las pruebas de entrada demuestran tener un escaso valor predictivo para la solución de problemas, sino que casi no existen correlaciones “cruzadas” (promedios de las pruebas 0 con promedios de las pruebas 1 o 2, o de los promedios de estas pruebas entre sí) con excepción de la correlación entre los promedios del Grupo 1 en la solución de los dos problemas (R1 y R2). Pero este resultado, dado el bajo promedio del Grupo 1, es poco interesante.

Antes de continuar, es preciso advertir que el equipo de investigación es consciente de las vicisitudes del tratamiento estadístico de datos provenientes de resultados de pruebas de estudiantes. Ya desde los comienzos de los esfuerzos por medir la inteligencia humana en los años 1920's, Spearman había advertido que los resultados de los estudiantes en las diferentes pruebas no dependen exclusivamente de una aptitud general del sujeto, que podría denominarse *inteligencia*, sino también de factores específicos relacionados con la naturaleza de las diversas pruebas y con otras situaciones no controlables (estados de ansiedad, duda, tensión, etc.).³⁸

Pero, precisamente en este punto es que las hipótesis derivadas de consideraciones teóricas vienen en apoyo del procesamiento estadístico. Para encontrar correlaciones hay que buscarlas donde pueden posiblemente existir. Si la capacidad de solución de problemas de un sujeto es función directa de su nivel de abstracción, como lo supone nuestro enfoque, es altamente probable encontrar correlaciones significativas en aquellos estudiantes que demostraron una mayor capacidad de solución de problemas, medida por los puntajes R. Así, los resultados obtenidos se ordenaron de mayor a menor por la columna correspondiente a R2, puntaje alcanzado en la solución del problema 2. Luego, para ambos grupos, se seleccionaron los alumnos cuyo puntaje estuvo a una desviación estándar o más hacia la izquierda del promedio ($R2 > \bar{R} - \sigma$) y luego se calculó el coeficiente de Pearson para esta muestra parcial. El resultado se presenta en la siguiente tabla 3.2.4.

³⁸ Sobre esta base, Spearman desarrolló lo que aún se conoce como el coeficiente que lleva su nombre, y es definido como $Z_{ij} = a_i F_i + e_{ij}$, donde Z es el puntaje obtenido por un estudiante i en una prueba j. El coeficiente “a” pondera la importancia de la aptitud F y la función “e” el peso de los factores específicos. Desafortunadamente, la fórmula anterior es más descriptiva que predictiva, dada la gran dificultad de establecer los valores de “F” y de “e”

TABLA 3.2.4. - COEFICIENTES DE CORRELACIÓN

Estudiantes con Promedio $> \sigma = aX + \sigma$, desde R2

GRUPO 1

Z0GT	Z0GP	Z0M1	Z0M2	Z0MT	ZRG1	ZRE1	ZR1	ZRG2	ZRE2	ZRT2	ZR2
Z0GT	0.918	0.431	-0.207	-0.052	-0.156	0.008	-0.086	0.046	0.410	0.100	0.411
Z0GP		0.445	0.152	0.280	-0.055	0.092	0.012	0.177	0.243	0.207	0.448
Z0M1			0.112	0.420	-0.233	-0.017	-0.145	-0.354	0.537	0.356	0.033
Z0M2				0.949	0.436	0.256	0.377	0.443	-0.069	0.016	0.206
Z0MT					0.324	0.229	0.298	0.293	0.107	0.127	0.199
ZRG1						0.774	0.954	0.763	0.265	-0.171	0.810
ZRE1							0.928	0.763	0.036	-0.196	0.674
ZR1								0.779	0.175	-0.195	0.795
ZRG2									-0.036	-0.553	0.686
ZRE2										0.004	0.470
ZRT2											-0.003

GRUPO 2

Z0GT	Z0GP	Z0M1	Z0M2	Z0MT	ZRG1	ZRE1	ZR1	ZRG2	ZRE2	ZRT2	ZR2
Z0GT	0.993	0.369	0.536	0.536	-0.260	-0.629	-0.478	-0.437	-0.028	-0.217	-0.253
Z0GP		0.412	0.582	0.588	-0.173	-0.580	-0.407	-0.398	0.013	-0.120	-0.192
Z0M1			0.540	0.806	-0.148	-0.560	-0.382	0.562	-0.542	0.262	0.181
Z0M2				0.933	-0.202	-0.480	-0.367	-0.131	-0.281	-0.058	-0.286
Z0MT					-0.193	-0.575	-0.414	0.143	-0.415	0.080	-0.109
ZRG1						0.757	0.934	0.194	0.752	0.808	0.768
ZRE1							0.940	0.080	0.679	0.587	0.335
ZR1								0.145	0.763	0.742	0.584
ZRG2									-0.456	0.397	0.474
ZRE2										0.508	0.394
ZRT2											0.662

En la tabla anterior se encuentran varias correlaciones significativas interesantes, haciendo a un lado las correlaciones negativas que aparecen, las cuales sólo pueden ser debidas a los "factores específicos" de que hablaba Spearman, y las correlaciones que resultan obvias, como la que existe entre el resultado final de la prueba y los dos niveles matemáticos.

En primer lugar, (correlaciones sombreadas ■ en ambas partes de la tabla), es notorio que mientras el peso específico de la representación gráfica es similar al de la representación matemática para el caso del problema 1, en el caso del problema 2, de mayor complejidad, la representación gráfica tiene mayor peso que la representación matemática. Este dato resulta aún más significativo si se tiene en cuenta que los alumnos de que se trata son precisamente quienes obtuvieron los mayores puntajes en la solución del problema 2. Sobre este aspecto se volverá más adelante

En segundo lugar, (correlaciones sombreadas ■ en ambas partes de la tabla), esta muestra, a diferencia de los grupos en su conjunto, presenta una correlación significativa entre los puntajes obtenidos en la solución de ambos problemas, lo cual indicaría que estos puntajes corresponden más a

la "aptitud general" F_i que a un impacto de "factores específicos". Es decir, se trata de una capacidad del sujeto.

En tercer lugar, (correlaciones sombreadas ■ en ambas partes de la tabla), aunque el comportamiento de los dos grupos no es idéntico, aparecen unas correlaciones significativas "cruzadas" entre capacidad de representación gráfica y matemática. Mientras en la muestra del Grupo 1, RG1 resulta significativamente correlacionado con RG2, en la muestra del Grupo 2 esta correlación desaparece pero se aprecia la correlación significativa entre RE1 y RE2, que no se encuentra en el Grupo 1. Sería demasiado esperar de la estadística que aparecieran en ambas muestras todas las correlaciones significativas "cruzadas" posibles entre las RGn's y las REN's. No obstante, la evidencia encontrada apunta en el sentido que éstas (las RGn's y las REN's) se refieren a capacidades individuales que se manifiestan, aunque de diversa manera, en dos entornos de tarea diferentes como lo son los dos problemas.

Es claro que las diferencias entre la cantidad de correlaciones significativa encontradas en uno y otro caso se deben, esencialmente, a diferencias entre capacidades individuales de los estudiantes y no a factores específicos, según la terminología de Spearman. Pero, ¿cuáles capacidades individuales, en particular de las dos capacidades bajo estudio, la representacional gráfica y la representacional matemática?

Un intento para responder a esta pregunta lo constituye comparar el percentil superior ($\text{Prom} + \sigma$) con el inferior ($\text{Prom} - \sigma$). El resultado de este ejercicio se presenta en la tabla 3.2.5, a continuación:

TABLA 3.2.5. - DIFERENCIAS ENTRE ESTUDIANTES DE MAYOR Y MENOR RENDIMIENTO, POR VARIABLES

	Relativiza	Dibuja Observ	Dibuja marco	N1	N2	RG	RE
$\Delta G1$	0.20	0.00	0.05	0.13	-0.25	0.52	0.45
$\Delta G2$	0.17	0.00	-0.21	-0.06	0.04	0.49	0.45

Aquí puede observarse que mientras las diferencias (Δ 's) son pequeñas en los resultados de las pruebas de entrada, resultan apreciables en el caso de los valores de las pruebas de salida. En este caso también, la representación gráfica parece tener mayor significación que la representación matemática.

3.3. – Capacidad Representacional Gráfica y Capacidad Representacional Matemática

En un esfuerzo por precisar las diferencias entre representación gráfica y matemática, de las cuales el análisis estadístico tiende a conceder una mayor importancia a la primera en el proceso de solución de problemas de los estudiantes con mayores capacidades, se examinaron detalladamente las carpetas de trabajo de los estudiantes de uno y otro percentil pertenecientes a ambos grupos, 22 en total. Los aspectos destacables resultado de este análisis son los siguientes.

- Los estudiantes con mejor promedio efectúan una representación gráfica que tiene las siguientes características: i) Ubican espacialmente las posiciones relativas de los diferentes elementos involucrados en el problema, según la descripción contenida en el entorno de tarea dado en la guía. ii) Presentan de manera clara y precisa las interacciones entre los distintos dispositivos que componen el sistema técnico. iii) Identifican más o menos claramente nombres y dimensiones de los diferentes elementos. iv) Aunque son claros, no necesariamente tienen un buen trazo ni cumplen de manera completa con las normas del dibujo técnico. Adicionalmente, estos estudiantes son capaces de seguir adecuadamente los pasos de la estrategia matemática propuesta, efectuar las operaciones respectivas e indicar clara y precisamente sus respuestas. Sólo uno de ellos, un niño de 13 años de grado 8º, utiliza la fórmula del “paso” para comprobar sus respuestas. El trabajo de este estudiante (No 26), que ilustra muy bien este grupo, se presenta en las páginas siguientes, antes de terminar el presente capítulo.
- Un segundo grupo también es capaz de efectuar representaciones gráficas con las características del grupo anterior. Pero, aunque muestra capacidad para seguir los pasos de la estrategia matemática, no es consistente a lo largo de todo el desarrollo matemático y presenta pequeños errores u omisiones que les impiden llegar a la respuesta en el nivel del grupo anterior. Como puede apreciarse en el ejemplo a continuación (Estudiante No 2), el trabajo gráfico es impecable y el planteamiento inicial de la representación matemática es correcto. No obstante, revelan imprecisiones en la comprensión de lectura que podrían explicar sus dificultades con la estrategia matemática. [En el caso ilustrado, a la pregunta “El número de vueltas de cada eje depende de” el alumno responde incorrectamente: “La correa”] Ver páginas siguientes.
- Un tercer grupo, bastante parecido en su desempeño gráfico al anterior, es también capaz de efectuar excelentes representaciones gráficas, curiosamente con un trazo mejor que los del primer grupo. A pesar de ello, denota mayores dificultades tanto con la representación como la estrategia matemáticas. El caso del estudiante No 35 es bastante ilustrativo: La representación gráfica es buena, con mejor trazo que la del estudiante No 26, aunque no tan precisa. Empero, sus dificultades con la matemática comienzan muy temprano, con una respuesta irreflexiva. Poco después de leer que “el hermano Lucas” [uno de los personajes del entorno de tarea] sugiere “entre 20 y 50 dientes”, el estudiante propone 10 dientes para la rueda motriz. Adicionalmente, la operación que efectúa no tiene ninguna relación con el problema y termina confundiendo el número de dientes de la rueda motriz con el de la movida. Ver páginas siguientes.
- Un cuarto grupo presenta dificultades con la representación gráfica así como con la matemática. Las representaciones gráficas³⁹ son imprecisas e incompletas; la ubicación espacial es deficiente y

³⁹ A pesar de sus deficiencias, es notable que ninguno de los estudiantes de la muestra efectuaron representaciones gráficas disparatadas e inconexas. Este tipo de representación fue bastante frecuente en todos los grupos de la experiencia al inicio de la misma, a comienzos del año de 1999.

tienen pocas y poco precisas identificaciones de designación y dimensión. La representación matemática es prácticamente nula, por lo que no pueden seguir la estrategia propuesta. Cuando efectúan operaciones, éstas carecen de sentido. Los casos de los estudiantes No 6 y No 11 son ilustrativos de este grupo. No 6 confunde polea motriz con movida, ubica erróneamente una rueda dentada en la polea motriz y es bastante difusa la ubicación del plato movido con el muñeco que toca la campana. Adicionalmente, sus propuestas de magnitudes son irreflexivas y no tienen en cuenta para nada la relación de transmisión dada para calcular otros diámetros. Por su parte, No 11 divaga con números y operaciones para terminar con una respuesta en la que son bastante claras sus confusiones.

En resumen, los grupos anteriores pueden catalogarse como sigue:

TABLA 3.3.1

	RG buena o aceptable	RG deficiente o inadecuada
RE buena o aceptable	Grupos primero y segundo	
RE deficiente o inadecuada	Grupo tercero	Grupo cuarto

Es notorio que buenas o aceptables representaciones gráficas coinciden con buenas/aceptables y deficientes/inadecuadas representaciones y seguimientos de estrategia matemáticas. Pero el caso contrario no se presenta. No se registró un solo ejemplo de representación gráfica deficiente/inadecuada que coincidiera con una buena/aceptable representación matemática.

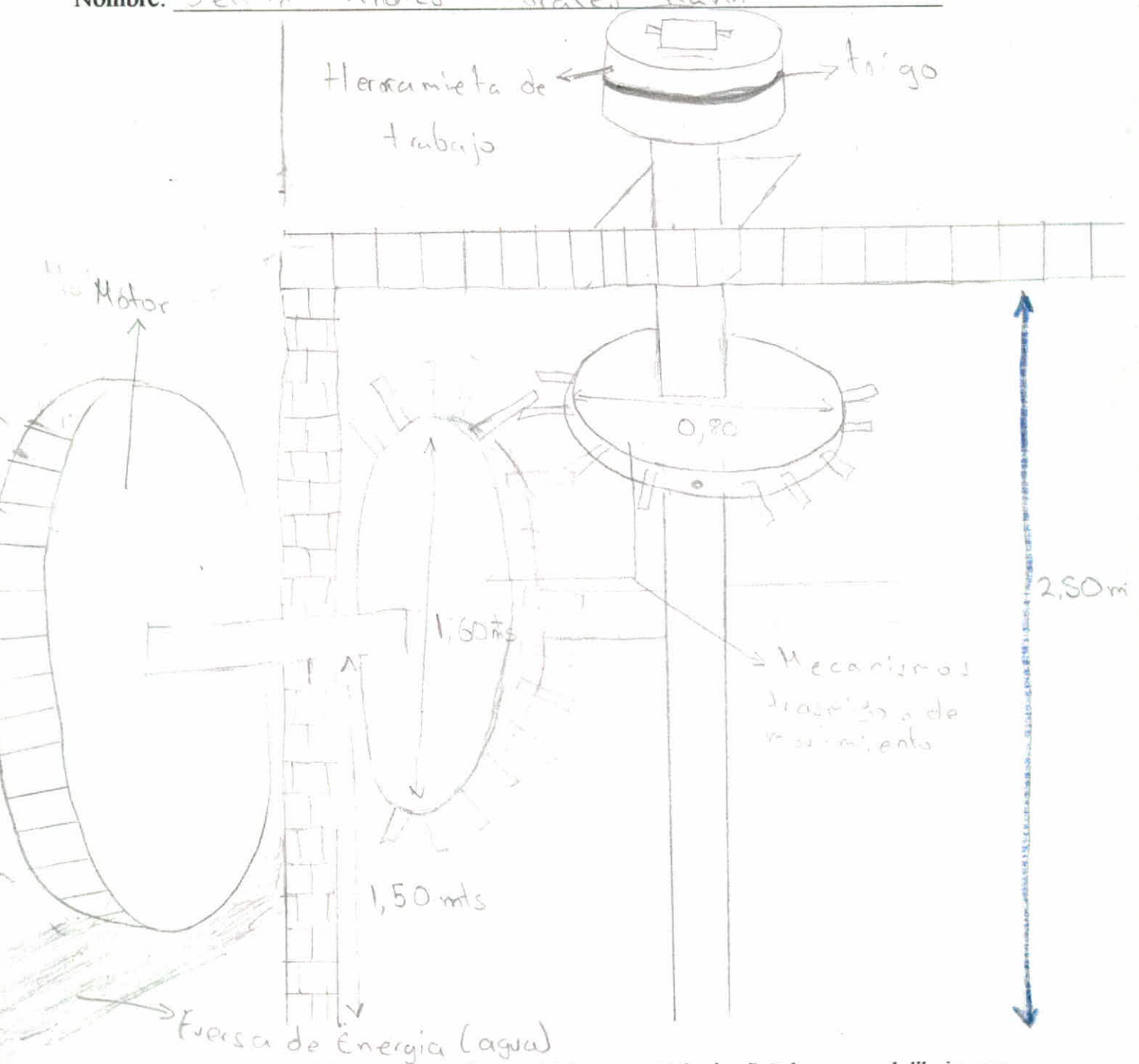
Aunque son concebibles casos en los que la solución de problemas podría efectuarse con excelentes representaciones matemáticas sin tener que pasar por buenas/aceptables representaciones gráficas, estos casos corresponderían a tipos de problema diferentes y a niveles de abstracción mayores de los que serían capaces estudiantes normales en grados de escolaridad como los de la población objeto del presente proyecto.

El anterior resultado, junto con la tendencia hacia un mayor peso específico de la representación gráfica encontrada en el análisis estadístico (ver numeral 3.2), sugieren la siguiente interpretación.

En este caso, el entorno de tarea es una descripción escrita de una disposición de objetos materiales que los estudiantes no han tenido la oportunidad de ver de cuerpo presente. Para ellos, el proceso de solución de problemas comienza con la construcción de una imagen en la que cobran sentido los datos relevantes contenidos en el entorno de tarea y esto lo logran mediante una representación gráfica en la que ubican espacialmente los objetos y precisan las interacciones entre los dispositivos del sistema técnico. En este sentido, la representación gráfica sería una condición necesaria más no suficiente, un prerrequisito para la representación matemática y el posterior seguimiento de la estrategia sugerida. No es suficiente, por cuanto la capacidad representacional gráfica, como hemos visto, no implica una capacidad representacional matemática. Pero sí es necesaria, por cuanto en ausencia de una representación de este tipo parece no ser posible construir una adecuada representación matemática, por lo menos en los niveles de conocimiento y capacidad de abstracción propios de la escolaridad en grados 7° y 8°.

A continuación, se presentan las muestras del trabajo de los estudiantes anunciadas antes.

Nombre: Jeison Andres Morales Marin

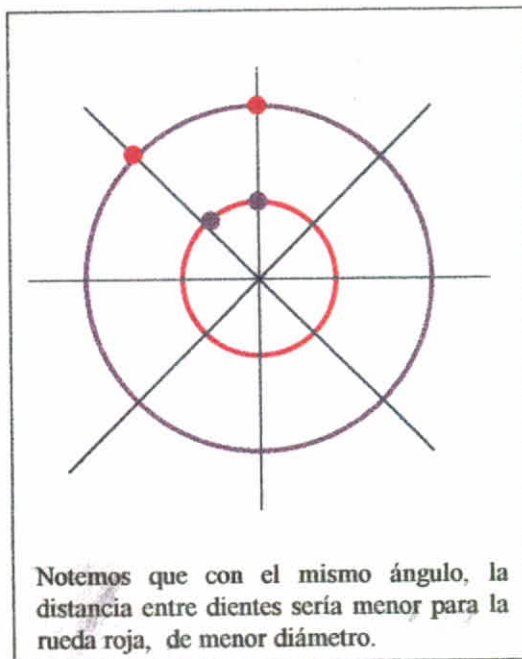


Aquí escribamos con palabras cuál era el error del hermano Polonio. Señalemos en el dibujo, con un color diferente, en qué consiste :

Que hermano Polonio propuso que la rueda tenía que ser del tamaño del cuarto pero esto tenía dos razones: 1 era muy pesado y religioso 2 que la rueda podría rozar con el techo y el piso

Pensando en los 360° de la circunferencia y el tamaño de la rueda motriz, el hermano Lucas hace un dibujo como el que se muestra al lado derecho, y explica: "Para proponer un número de dientes de la rueda motriz, tendremos que tener en cuenta dos cosas: 1º.- Si son muy pocos en una rueda tan grande, cada diente tendría que hacer mucha fuerza y podría romperse más fácilmente, por que las ruedas tenderían a perder velocidad entre diente y diente.

2º.- Si son muchos, pueden llegar a trabarse. Lo mejor es un número que nos de una división razonable de la circunferencia para el tamaño de la rueda, por ejemplo, entre 20 y 50 dientes".



Propongamos, entonces, un número de dientes para la rueda motriz, de acuerdo con lo sugerido por el hermano Lucas: N° dientes de la rueda motriz = 40.

Ahora, con este valor podemos calcular el número de dientes de la rueda movida, usando la fórmula de la condición de engranaje. (¿La recordamos de las guías? las dos ruedas deben tener el mismo paso)

$$\frac{160}{40} \cdot \frac{80}{20} = \frac{80 \cdot 40}{160} = 20$$

$$\frac{160}{40} = 4$$

$$\frac{80}{20} = 4$$

$$4 \cdot 4 = 16$$

$$\frac{160}{40} = 4$$

$$\frac{80}{20} = 4$$

$$4 \cdot 4 = 16$$

Diámetro rueda motriz = 160 metros
N° dientes rueda motriz = 40 dientes

Diámetro rueda movida = 80 metros
N° dientes rueda movida = 20 dientes

¿Qué pasa si el número que resulta del cálculo no es entero? No podemos tener una fracción de diente, ¡todos los dientes deben estar completos! Podemos hacer una de dos cosas:

1.- Aproximar el valor al entero más cercano (por ejemplo, si es 4,7 se aproxima a 5. Pero si es 4,2 se aproxima a 4). O, 2.- Podemos variar el N° de dientes de la rueda motriz y volver a hacer el cálculo. Este segundo procedimiento sería aconsejable sólo cuando tenemos valores como 4,5.

Daniel Albornoz Celin #2

Podemos ubicar un plato móvil horizontal, sobre el cual gira un muñeco con un martillo. En una determinada posición, el martillo golpea una campana que está fija a un soporte que no gira con el plato. Bien, el golpe de la campana puede ser nuestra señal. Pero, tengamos presente que el conteo debe comenzar cuando el muñeco toca la campana y termina cuando el muñeco golpea una segunda vez la campana. ¿Por qué?

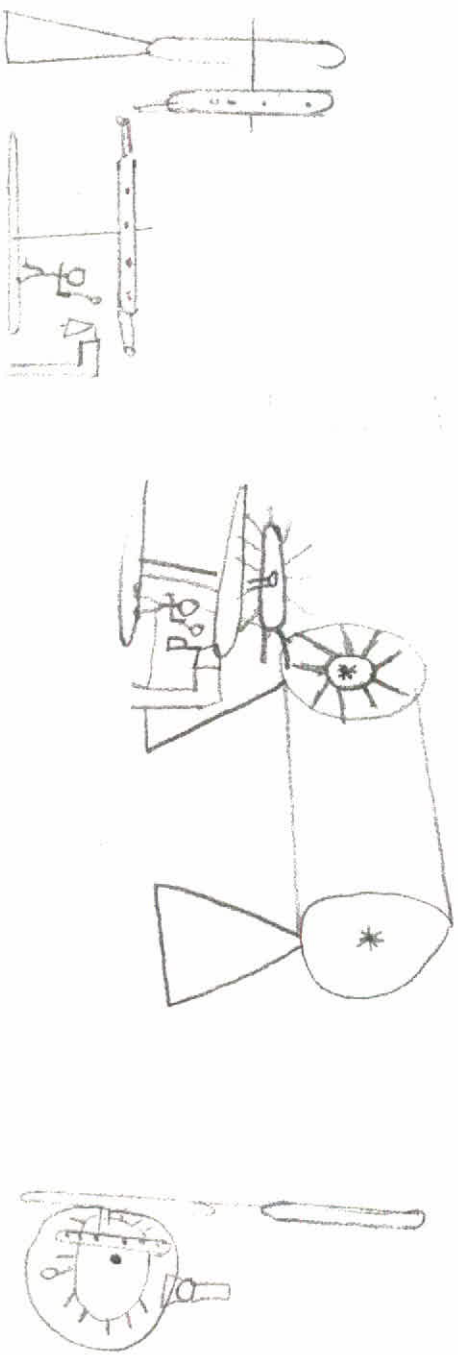
El muñeco toca la campana por segunda vez
es para saber que el tiempo vale a comenzar la hora

Además, podemos pensar en que la polea motriz mueva una polea movida de similar tamaño. Esta polea movida hará girar una rueda dentada que moverá otra rueda dentada que finalmente girará el muñeco. Es decir, para el contador tendremos tres ejes, como en el caso del molinero. Sólo que aquí hay cambio de plano de rotación.

Hagamos un dibujo de cómo pensamos que sería este nuevo contador. Dibujemos sólo los mecanismos y la herramienta de trabajo (muñeco y campana):

vista lateral

vista superior



Daniel Alfonso Colón

#2

Ahora debemos dar dimensiones a cada una de las partes de estos mecanismos. Comencemos por una relación importante. Una condición para que el contador funcione como lo queremos es :

El muñeco debe girar una sola vuelta cuando la polea motriz haya girado un número suficiente de vueltas para que los jugadores tengan tiempo de esconderse.

Esta condición quiere decir que si , por ejemplo, proponemos que tenemos que dar 20 vueltas a la polea motriz, podemos escribir una tabla como la que sigue :

EJE POLEA MOTRIZ	EJE POLEA MOVIDA - RUEDA DENTADA MOTRIZ	EJE RUEDA DENTADA MOVIDA Y MUÑECO CON MARTILLO
No vueltas = 20	No vueltas = ?	No de vueltas = 1

El número de vueltas de cada eje depende de :

la corona

Y ya sabemos como podemos calcular esos diámetros. Podemos, por ejemplo, proponer el diámetro para alguna de las polea o las rueda dentadas. Luego calcular cuál debe ser el diámetro de la rueda o polea correspondiente. Esto parece complicado pero en realidad no lo es. Veamos como se hace paso por paso. Empezaremos desde atrás, esto es de la rueda dentada que hace girar el muñeco. Esta es la rueda dentada movida.

Primer Paso :

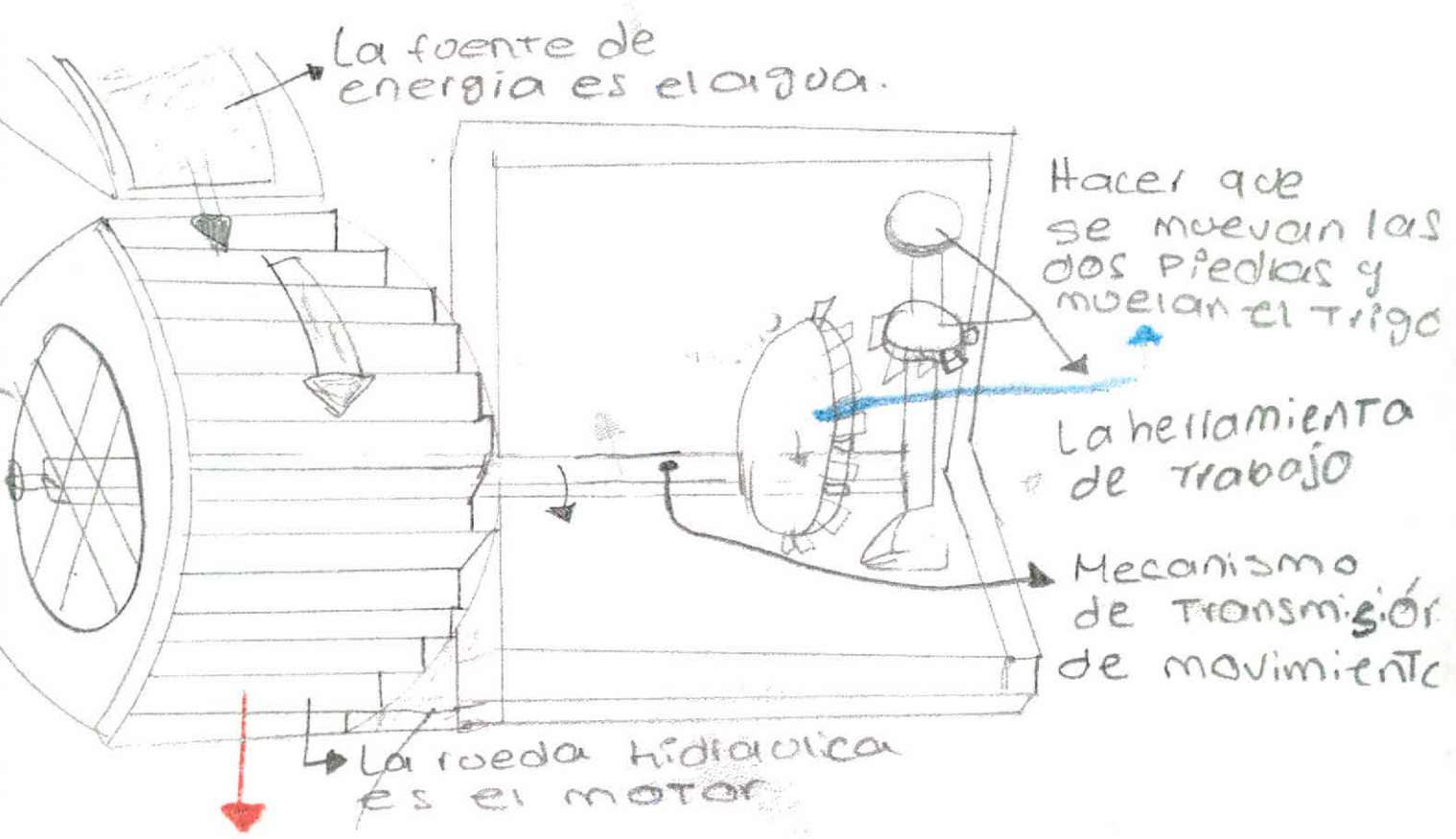
Proponemos un diámetro para la rueda dentada movida : centímetros.

Segundo Paso :

Sabemos que este eje debe moverse sólo una vuelta. Como hay una proporción de 20 a 1 (20 vueltas de la polea motriz por cada una de la rueda dentada movida) y tenemos tres ejes, es decir, dos cambios de relación, podemos proponer que este primer cambio sea de 4 a 1. Esto es, por cada vuelta de la rueda movida, este eje girará cuatro vueltas.

Con esta relación, calculemos el diámetro de la rueda dentada motriz : centímetros

Nombre: Brahian Magiver Ruiz Vásquez 804



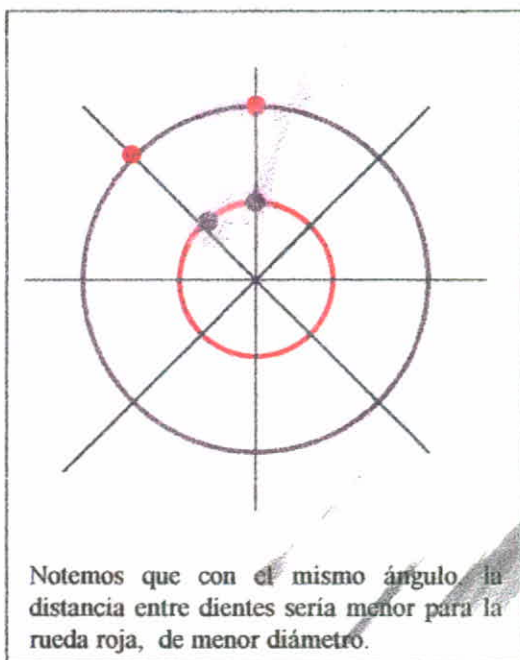
En hacer que se mueva el mecanismo de transmisión de movimiento y lo transmita a la rueda movida.

Aquí escribamos con palabras cuál era el error del hermano Polonio. Señalemos en el dibujo, con un color diferente, en qué consiste :

No calculo bien el diametro de la rueda motriz, tambien el número de dientes de la rueda movida

Pensando en los 360° de la circunferencia y el tamaño de la rueda motriz, el hermano Lucas hace un dibujo como el que se muestra al lado derecho, y explica: "Para proponer un número de dientes de la rueda motriz, tendremos que tener en cuenta dos cosas: 1º.- Si son muy pocos en una rueda tan grande, cada diente tendría que hacer mucha fuerza y podría romperse más fácilmente, por que las ruedas tenderían a perder velocidad entre diente y diente.

2º.- Si son muchos, pueden llegar a trabarse. Lo mejor es un número que nos de una división razonable de la circunferencia para el tamaño de la rueda, por ejemplo, entre 20 y 50 dientes".



Propongamos, entonces, un número de dientes para la rueda motriz, de acuerdo con lo sugerido por el hermano Lucas: N° dientes de la rueda motriz = 10.

Ahora, con este valor podemos calcular el número de dientes de la rueda movida, usando la fórmula de la condición de engranaje. (¿La recordamos de las guías? las dos ruedas deben tener el mismo paso)

$$\begin{array}{r} 160 \overline{) 80} \\ 00 \ 20 \end{array}$$

Diámetro rueda motriz = 1,60 metros
N° dientes rueda motriz = 10

Diámetro rueda movida = 0,80 metros
N° dientes rueda movida = 20

¿Qué pasa si el número que resulta del cálculo no es entero? No podemos tener una fracción de diente, ¡todos los dientes deben estar completos! Podemos hacer una de dos cosas:

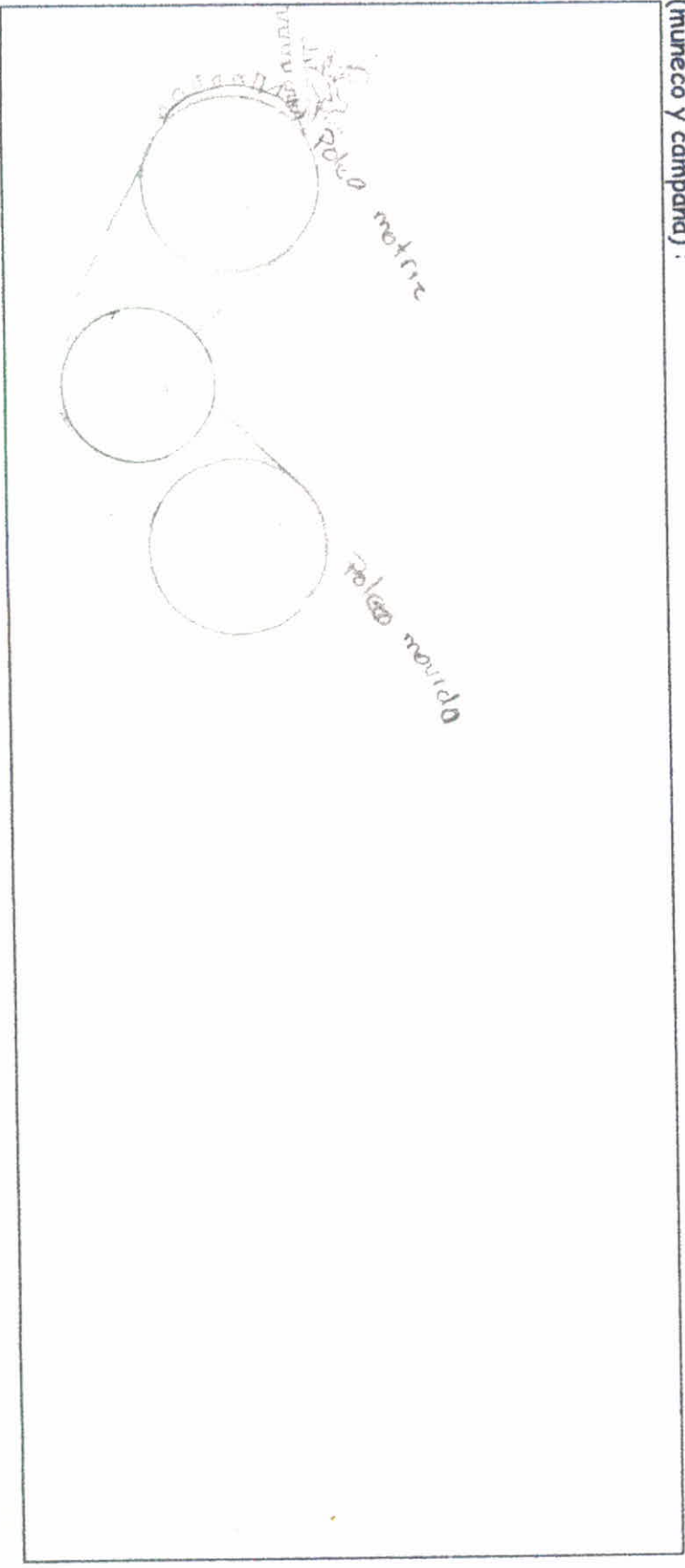
1.- Aproximar el valor al entero más cercano (por ejemplo, si es 4,7 se aproxima a 5. Pero si es 4,2 se aproxima a 4). O, 2.- Podemos variar el N° de dientes de la rueda motriz y volver a hacer el cálculo. Este segundo procedimiento sería aconsejable sólo cuando tenemos valores como 4,5.

Podemos ubicar un plato móvil horizontal, sobre el cual gira un muñeco con un martillo. En una determinada posición, el martillo golpea una campana que está fija a un soporte que no gira con el plato. Bien, el golpe de la campana puede ser nuestra señal. Pero, tengamos presente que el conteo debe comenzar cuando el muñeco toca la campana y termina cuando el muñeco golpea una segunda vez la campana. ¿Por qué?

Por que si no tocara la campana las q' se esconden
 no podran ver pero si toca pas es mas facil.

Además, podemos pensar en que la polea motriz mueva una polea movida de similar tamaño. Esta polea movida hará girar una rueda dentada que moverá otra rueda dentada que finalmente girará el muñeco. Es decir, para el contador tendremos tres ejes, como en el caso del molinero. Sólo que aquí hay cambio de plano de rotación.

Hagamos un dibujo de cómo pensamos que sería este nuevo contador. Dibujemos sólo los mecanismos y la herramienta de trabajo (muñeco y campana):



Ahora debemos dar dimensiones a cada una de las partes de estos mecanismos. Comencemos por una relación importante. Una condición para que el contador funcione como lo queremos es :

El muñeco debe girar una sola vuelta cuando la polea motriz haya girado un número suficiente de vueltas para que los jugadores tengan tiempo de esconderse.

Esta condición quiere decir que si , por ejemplo, proponemos que tenemos que dar 20 vueltas a la polea motriz, podemos escribir una tabla como la que sigue :

EJE POLEA MOTRIZ	EJE POLEA MOVIDA - RUEDA DENTADA MOTRIZ	EJE RUEDA DENTADA MOVIDA Y MUÑECO CON MARTILLO
No vueltas = 20	No vueltas = 1	No de vueltas = 1

El número de vueltas de cada eje depende de :

los vueltas q' dan es por la rueda: Motriz

Y ya sabemos como podemos calcular esos diámetros. Podemos, por ejemplo, proponer el diámetro para alguna de las polea o las rueda dentadas. Luego calcular cuál debe ser el diámetro de la rueda o polea correspondiente. Esto parece complicado pero en realidad no lo es. Veamos como se hace paso por paso. Empezaremos desde atrás, esto es de la rueda dentada que hace girar el muñeco. Esta es la rueda dentada movida.

Primer Paso :

Propongamos un diámetro para la rueda dentada movida : centímetros.

Segundo Paso :

Sabemos que este eje debe moverse sólo una vuelta. Como hay una proporción de 20 a 1 (20 vueltas de la polea motriz por cada una de la rueda dentada movida) y tenemos tres ejes, es decir, dos cambios de relación, podemos proponer que este primer cambio sea de 4 a 1. Esto es, por cada vuelta de la rueda movida, este eje girará cuatro vueltas.

Con esta relación, calculemos el diámetro de la rueda dentada motriz : centímetros

Capítulo 4.- Conclusiones: La Capacidad de Solución de Problemas como Función de las Capacidades Representacionales

4.1.- Información y Significado. El papel de las Representaciones

En el capítulo anterior se expuso cómo los datos del trabajo de los estudiantes en actividades de solución de problemas relacionados con el conocimiento tecnológico tienden a dar un mayor peso específico a la capacidad representacional gráfica en el caso de quienes pudieron proponer una solución. También se explicó cómo un análisis comparativo más detallado, referido al desempeño de los estudiantes que estuvieron en el percentil superior Promedio + σ con aquellos en el percentil inferior Promedio - σ , puso de manifiesto que en el trabajo de la muestra no se encontró el caso de concurrencia de una representación gráfica inadecuada con una adecuada o aceptable representación matemática.

Luego de este examen se pone de relieve el papel fundamental, y que pudiera considerarse crítico, del papel de las capacidades representacionales gráficas y matemáticas en un contexto problémico en el que deben aprovecharse conocimientos de tecnología previamente adquiridos, para el planteamiento de una solución.

Lo que aquí constituye el punto de interés, relativo a la formulación hipotética para esta experiencia de investigación, no es la circunstancia de que tanto lo que se considera *entorno de tarea* como *espacio de problema* sean ámbitos representacionales, algo que por supuesto aparece obvio; si no que lo que importa aquí es poner de presente que tales representaciones no están dadas *a priori*, no ocurren de manera espontánea en el momento de abordar una estrategia de solución, sino que, por el contrario, tales representaciones deben ser producto de elaboraciones mentales de las que pueden o no ser capaces los alumnos.

La trascendencia de las determinaciones acerca del papel de la representación, lo revela el hecho de que este punto forma parte importante de los debates en el campo de la Inteligencia Artificial en lo que respecta a las características de los programas expertos. El desarrollo de tales programas, sobre todo, habría generado en muchos la apreciación de que los procedimientos de solución o estrategias serían lo relevante.

Tal apreciación habría contribuido a fomentar la expectativa y la búsqueda de procedimientos genéricos para la solución de problemas y diseño, apuntalando la postura que ha influenciado el medio de la educación en tecnología en forma de metodología de diseño también para el aula, según se discutió en el capítulo 1.

Uno de los críticos del optimismo procedimental metodológico en la proyección de programas expertos y desarrollo de inteligencia artificial ha llamado la atención sobre el desconocimiento de lo representacional: “ [...] el verdadero problema [de la IA] radica más profundamente que en los detalles de las simulaciones de redes; debe tener que ver con el concepto de información y la forma en que llega a representarse y transformarse en los sistemas inteligentes que han evolucionado en la naturaleza. [...] en la noción del cerebro

como computadora, está el supuesto de que la información existe en el mundo; está justamente ahí, esperando ser manipulada. También está la idea de que el organismo es un receptor más que un creador de criterios que llevan a la información.⁴⁰

La perspectiva de conceder importancia a la **elaboración** que requieren las representaciones, orienta a un examen cuidadoso de aquellos procesos en los que se logra organizar variadas informaciones procedentes de un contexto cualquiera, en un todo coherente con sentido. El que hoy tales elaboraciones representacionales continúen en el dominio del diseñador de programas expertos, hace pensar en que éstas constituyen un problema de mucha mayor envergadura cognitiva que los aspectos procedimentales de la estrategia⁴¹.

Para examinar la importancia de la elaboración representacional del *entorno de tarea* y del *espacio de problema*, resulta más conveniente abordar los diferentes aspectos involucrados en el acto de solución de problemas bajo una consideración de prerrequisitos, antes que como un proceso secuencial de estados.

Es claro que el planteamiento de cualquier estrategia de solución sucede a una apropiada comprensión del entorno de tarea y del espacio de problema, por lo que la estrategia depende necesariamente de la elaboración representacional. En este sentido también apuntan los datos examinados en el capítulo anterior.

Si la elaboración que **organiza** la información⁴² contenida en el entorno de tarea no está dada *a priori* como algo inmediato y natural en el individuo, sino que por el contrario será resultado de una capacidad estrechamente asociada a estructuras de desarrollo intelectual; entonces la cuestión del acto de solución de problemas no se restringirá únicamente a la dilucidación de lo procedimental estratégico, al menos en lo que concierne a los esfuerzos pedagógicos del medio escolar.

Desde una y otra perspectiva también se diferirá en lo que tiene que ver con el estado inicial del acto de solución de problemas. Como se anotó antes, en el campo de la educación en tecnología una gran parte de esfuerzos se han dirigido a modelos y propuestas cuyo **punto de partida** es el conocimiento y puesta en práctica de las etapas que constituyen el procedimiento de solución.

En un desconocimiento absoluto de lo fundamental que aparecen las elaboraciones representacionales, en el enfoque de metodología ya mencionado se acostumbra pedir al alumno la ubicación del contexto y la determinación del problema⁴³. Es altamente probable que este enfoque sea el responsable de los precarios resultados que en términos de conocimiento y desarrollo intelectual

⁴⁰ REEKE, George; EDELMAN, Gerald. *Cerebros Reales e Inteligencia Artificial. El nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Gedisa, Barcelona. 1993.

⁴¹ Como lo afirmaba Premack en 1975: "Influenciados por el lingüista, por un lado, y por el semiótico, por el otro, no solemos tomar en consideración la capacidad de representación, capacidad, a mi modo de ver, más importante que la sintaxis o la intencionalidad". PREMACK, D. Op. Cit. P.260.

⁴² **Procesamiento de información** es un término que se corresponde más con la computación informática en máquina, por lo que aquí se prefiere no utilizarlo referido a lo cognitivo humano.

⁴³ Aunque ya hay suficientes críticas a esta vía, como se anotó en el capítulo 1, se continúa en lo mismo.

han reportado experiencias basadas en éste, en las que se han movilizado gran número de docentes y alumnos, y en las que se han invertido grandes recursos económicos.⁴⁴

Desde un enfoque cognitivo como el planteado aquí, el asunto se plantea menos inmediatista, pero más complejo, de largo alcance y con incidencia en todo el currículo escolar. Si se asume que, como ya se debate en el campo de la inteligencia artificial y a lo que apuntan los resultados avanzados en la experiencia pasada y presente de esta investigación, la capacidad para organizar la información que suministra el entorno de tarea y **lograr** la representación de ésta y del espacio de problema no está dada de manera natural, sino que por el contrario será el resultado de un proceso de elaboración, que además es objeto de aprendizaje. Como lo muestran los resultados de la experiencia de investigación, estas capacidades representacionales parecen no poseerlas un gran número de los alumnos del grupo de la experiencia.

La construcción de una representación con sentido a partir de los datos del entorno de tarea antecede al planteamiento de cualquier estrategia. El **estado cero** de la solución de problemas se ubica en dicha capacidad representacional y no en la estrategia.

En el caso particular de la educación en tecnología, en el que los problemas se relacionan con disposiciones materiales operativas, aparece relevante la capacidad para expresar las elaboraciones representacionales por medio de los lenguajes gráfico y matemático. Estas representaciones corresponden a formalizaciones más o menos abstractas, de acuerdo con la complejidad del problema y de su solución.

Es importante anotar que del estado cero dependerá la determinación del tipo de conocimiento que puede ser aprovechado, aunque esta determinación se realice algo más adelante en la secuencia de la estrategia. Lo que se destaca aquí es la relación estrecha de esta determinación del conocimiento a ser aprovechado en concordancia con la representación del espacio de problema. Y, como se ha discutido, que la capacidad representacional gráfica, al menos en los niveles de abstracción de que son capaces escolares de los grados 7° y 8°, es prerequisite necesario más no suficiente de la representación matemática, así como de la posibilidad de desarrollar una estrategia.

Así, por ejemplo, en el caso del problema del Molino del Monasterio, poder determinar que lo indicado para este caso es emplear la fórmula que ayuda a encontrar el “paso” igual en dos ruedas de engranaje, sólo se logrará **a condición** de haber ubicado espacialmente en representación gráfica, a las dos ruedas y así proponer valores a los diámetros que se representarán por medio de dicha fórmula.

En el contexto de problemas de disposición material operativa, los conocimientos matemáticos empleados siempre deberán ser representaciones de esa disposición material operativa, ya que, de otra manera, no tendrán sentido en la conciencia del alumno. En efecto, muchos de ellos registran en las guías las fórmulas y operaciones requeridas con valores sin sentido, pues la representación gráfica y la ubicación de valores en ésta no se han logrado.

⁴⁴. Además del caso colombiano del PET 21 evaluado por DifuCiencia y ya mencionado en el capítulo 1, se puede citar el más reciente de Nueva Zelanda. En este país, al evaluar un programa piloto de dos años, que involucró 80 especialistas, más de 300 docentes y 14 escuelas, se encontró que “los productos del trabajo de los estudiantes están más relacionados con otras áreas (particularmente lenguaje) que con la tecnología”. Technology Education in New Zealand. Artículo en vías de publicación en el International Journal of Technology and Design Education.

Lo anteriormente expuesto lleva a la consideración de que la estrategia es algo más que un asunto metodológico de determinación de una secuencia procedimental por etapas. Si bien la estrategia se presenta convenientemente de esta forma, sus determinaciones estarán necesariamente arraigadas en lo que hayan logrado las representaciones iniciales.

Aunque hemos anotado ya en trabajos anteriores que lo que podría denominarse una capacidad estratégica para solucionar problemas de orden técnico parece ser susceptible de aprendizaje⁴⁵, lo cierto es que tal aprendizaje estaría supeditado a la preexistencia de capacidades representacionales principalmente gráficas y matemáticas en los alumnos. De esta forma, el problema representacional se sitúa en el asunto del desarrollo intelectual, concerniente no sólo al área de tecnología.

De manera general, para su edad, los alumnos muestran vacíos de conocimientos básicos, pero lo más preocupante de sus problemas de desempeño son los vacíos para otorgar sentido. En esencia, la cuestión representacional parece ser en últimas la de conferir significado, sólo que en algunos casos ese significado no se configura con inmediatez y también, en algunas ocasiones, habrá que expresar ese significado por medio del significante de un lenguaje formalizado.

El análisis de las guías de problemas trabajadas por los estudiantes no sólo reveló la importancia del papel de las representaciones en el acto de solución de problemas, sino que también puso de presente limitaciones de las categorías *entorno de tarea* y *espacio de problema* para el examen de la posibilidad de comenzar a abordar la solución del problema. Con esta perspectiva, fue necesario incorporar una categoría adicional que hemos denominado **representación del escenario**.

Para ilustrar el por qué de la necesidad de adicionar una categoría al análisis del acto de solución de problemas, se traerá a cuento el texto de los dos problemas presentados a los estudiantes en la parte final de la experiencia. Ver estos textos de “Un Molino para el Monasterio” y “Máquinas para Medir el Tiempo” en el Anexo 1.

En estos problemas, el entorno de tarea está conformado por el texto que se presenta en la guía a los estudiantes. La información que suministran los textos ubican en un entorno, pero para que esa información adquiera sentido pleno será necesaria una elaboración mental en la que se organice un todo en el que cada aspecto de la información ocupe su lugar y, por tanto, adquiera sentido.

La organización de este todo deberá ser efectuada por el estudiante que **ha comprendido** la lectura del texto. En estos casos, la capacidad para conferir sentido a la información que suministra el entorno de tarea se expresará apelando al lenguaje gráfico.⁴⁶ En estos casos los estudiantes no han tenido una aproximación visual previa al escenario, por lo que será necesario construirlo representacionalmente a partir de los datos que suministra el entorno de tarea. Aquí ya no hay un cuerpo presente del concreto material sobre el que se actuará, como en el caso de los módulos de los

⁴⁵ En el numeral 2.2 se menciona cómo los estudiantes de la muestra, a la sazón en grados 6º y 7º, que habían desarrollado actividades de seguimiento de estrategias en solución de problemas, tuvieron un mejor desempeño que estudiantes de tercer semestre del Depto. de Tecnología de la UPN frente al mismo problema de diseño, en el que el espacio de problema estaba medianamente delimitado. Ver “Validación de Indicadores de Logro y Kits de bajo costo asociados a una estructura Curricular Propuesta para el Área de T&I” Informe Final. Contrato Idep – DifuCiencia No 36/98.

⁴⁶ Esta expresión gráfica se efectuará con más o menos solvencia dependiendo del dominio que el estudiante posea de la geometría descriptiva. Como se anotó en otro lugar, aquí cuenta poco la calidad del trazo.

mecanismos de las actividades de aprendizaje del AA, ni tampoco cuentan con la evocación de un concreto material manipulado antes, como en el caso del juguete.

Inicialmente el concreto de materialidades tiene existencia sólo en los datos, por lo que hasta aquí es confuso, difuso. Su forma, su sentido completo deben ser dados por el estudiante, quien configurará el escenario y lo expresará por medio de gráficas. El anticipar la actuación operativa de implicación entre acciones de una disposición de materialidades se efectuará, en estos casos, exclusivamente de manera simbólica.⁴⁷

El entorno de tarea apenas si delimita un contexto específico entre el universo de posibilidades del ámbito en que los seres humanos actúan disponiendo materialidades de manera operativa. Sin embargo, esta delimitación tiene que concretarse aún más, algo así como dibujarse adquiriendo contornos de sentido en la mente y lograr expresarse.⁴⁸

Es poco probable que sin esta configuración de sentido en un escenario pueda abordarse sin más la configuración del espacio de problema, sólo a partir de los datos suministrados en el entorno de tarea. El espacio de problema tiene un lugar determinado en el escenario, un lugar que no sólo será físico sino también se sentido, esto es, tendrá su papel dentro del todo coherente del escenario.⁴⁹

En el caso particular de los problemas presentados a los estudiantes, el todo coherente en el que cada parte tiene su rol determinado es un sistema técnico⁵⁰ con algunos elementos adicionales fuera de él. Es de esperar que este todo que configura el escenario tenga mayor sentido para aquellos estudiantes que para aquellos estudiantes que pueden abordar el todo como un sistema técnico.

En este todo sistema se ubica el espacio problémico y está además la posibilidad de representar matemáticamente ese espacio de problema, lo que será expedito si el estudiante posee los conocimientos para esto y si ha logrado tal representación. Aquí, el papel de la representación matemática será la de precisar las implicaciones entre acciones que son relevantes para la solución del problema.

Hasta aquí se ha hecho alusión a problemas en los que el entorno de tarea brinda los datos suficientes para abordar la configuración del escenario y, dentro de éste, del espacio de problema. En estos ejercicios presentados a los estudiantes la estrategia está sugerida paso a paso de una manera secuencial en la que, no obstante, los estudiantes deberán proponer valores conforme a si han logrado las representaciones previas, como ya se examinó. En todos estos casos, se ha reafirmado la importancia del papel de la representación, como fuera sugerido de manera hipotética para el presente trabajo.

Ahora bien, si se piensa en aquellas situaciones identificadas como débilmente estructuradas, en las que está ausente o poco delimitado el entorno de tarea, así como la parte propositiva que constituye

⁴⁷ En las guías de las actividades de aprendizaje se enfrentó también a los estudiantes a problemas de este tipo.

⁴⁸ Está más allá de los alcances de este trabajo examinar si de todas formas hay representación mental que no logre expresarse.

⁴⁹ La construcción del escenario permite determinar si la información suministrada por el entorno de tarea es suficiente para configurar el espacio de problema o si será necesario allegar nuevos datos.

⁵⁰ El enfoque sistémico se trabaja con los estudiantes tanto en las guías de las actividades de aprendizaje así como en la cartilla que acompaña la construcción del juguete, en los AA.

el espacio de problema, situación típica del diseño según se anotó en el capítulo 1, el asunto de la representación deberá ser examinado bajo los parámetros de la invención creativa.

En los casos de invención creativa para el diseño es de suponer un escenario y un espacio de problema configurados exclusiva o primordialmente, a partir de la evocación de datos de la memoria del diseñador. También cabe suponer que para que los datos sean relevantes deben poseer un significado adquirido en experiencias pasadas que de alguna manera pudieran relacionarse con experiencias presentes en una conjunción propositiva favorable.

La capacidad propositiva fue estudiada por Piaget en sus trabajos finales sobre la toma de conciencia⁵¹, una forma de experiencia individual de tipo cognitivo que ya comenzaría a revelarse desde tempranas edades en las formas elementales de la dialéctica que estructuran el desarrollo intelectual, pero que sólo lograría tomar forma en el transcurso de experiencias en este sentido.

Aunque en el campo de la psicología cognitiva la comprensión de los procesos de toma de conciencia está en sus inicios, en el campo de la educación en tecnología va siendo hora de registrar la certidumbre de que esperar diseños de los niños en los primeros grados escolares, así como de alumnos mayores que no han experimentado experiencias prácticas significativas de solución de problemas con conocimientos tecnológicos, es poco menos que una ilusión.

4.2.- Resultados de la Validación de los AA en cuanto a Fomento de las Capacidades Representacionales.

Antes de entrar a discriminar los momentos del AA de la experiencia con relación a cómo cada uno de éstos pone en tensión capacidades representacionales, es conveniente examinar algunos de los avances registrados por alumnos en tal sentido, en anteriores experiencias de validación.

4.2.1.- Dos Experiencias Anteriores de Validación

La experiencia de validación de dos AA, efectuada por medio de investigaciones anteriores, reveló considerables dificultades de aprendizaje en los estudiantes de la educación básica y media. Si bien los docentes participantes en esta experiencia de validación han reportado adquisición de logros de tipo actitudinal así como una gran motivación de sus alumnos, el centro de interés se ubica en evaluar los logros de conocimiento y de competencias propuestos para estos AA, los cuales, como ya se mencionó, se refieren al aprendizaje de Principios Operativos y a solucionar problemas con los respectivos operadores.

Primera Experiencia

En la oportunidad inicial de validación se esperaba de los alumnos que lograran conceptualizar el principio operativo de transmisión de movimiento entre dos ruedas de diferente diámetro y que con este conocimiento lograran resolver algunos problemas en los que se planteaba el entorno de tarea y el espacio de problema.

⁵¹ PIAGET, Jean y otros. La Toma de Conciencia. Op. Cit.

No obstante que se contaba con la intuición de lo importante que serían para los alumnos las capacidades representacionales gráficas y matemáticas, para lo que se adelantaron algunas pruebas de entrada en este sentido⁵², se continuó con el desarrollo de los AA, solicitando a los docentes de matemáticas y dibujo de los alumnos participantes, colaboración para superar estas dificultades.⁵³

Los resultados al final de esta validación reafirmaron la intuición acerca de la importancia de las capacidades representacionales, ya que se revelaba una tendencia en el sentido de que únicamente los alumnos con alguna solvencia representacional gráfica y matemática habían logrado de manera apropiada los conocimientos sobre principios operativos y la solución de los problemas propuestos.

Con este panorama se decidió incorporar actividades de aprendizaje adicionales en los AA que pusieran a los alumnos en relación con situaciones de representación. Es poco probable que las capacidades representacionales puedan ser aprendidas en el sentido de como, por ejemplo, se efectúa la inferencia para la conceptualización de principios operativos. No obstante, es de esperar que experiencias en las que se tense la lógica involucrada en la elaboración mental para expresar representaciones, puedan contribuir al fomento de este tipo de capacidad.

Es muy probable que esta capacidad que aparece como de nivel exclusivamente intelectual, esté estrechamente relacionada con el desarrollo de la inteligencia durante la primera infancia. De esta forma, lo significativo que pueda ser para cada uno de los alumnos este tipo de actividades, orientadas al fomento de las capacidades representacionales, dependerá en buena medida de sus desarrollos cognitivos previos.

La insistencia en el fomento de las capacidades representacionales tendrá que atender además al desarrollo de la metacognición de los alumnos, para que éstos logren comprender que aquello que piensan en el transcurso de los ejercicios planteados es **representación** de algún objeto o situación.

Esta conciencia acerca de la función representacional de códigos y lenguajes se ha vislumbrado fundamental para acceder a los niveles lógicos de alto nivel de abstracción que precisará pensar la complejidad de la tecnología contemporánea, digital de comunicación y de control para la automatización, que involucra una intrincada variedad de aspectos lógico simbólicos.⁵⁴

Segunda Experiencia

Frente a diferencias ostensibles en las capacidades de los alumnos de la experiencia para representar en un escenario con sentido los datos del entorno de tarea, por medio de lenguajes gráfico y matemático, surge de manera inmediata la pregunta acerca de los factores que pudieran estar incidiendo en las disparidades del desempeño intelectual de estos jóvenes.

⁵² Los resultados de estas pruebas de entrada revelaron dificultades con números fraccionarios tanto en lo que se refiere a su valor representacional como a la operatividad con los mismos. Las pruebas de representación gráfica mostraban que un gran número de alumnos, algunos adolescentes, no podían representar objetos tridimensionales.

⁵³ En estas dificultades e los alumnos para valerse de los lenguajes gráfico y matemático llaman la atención dos cosas: i) El dibujo se trabaja por lo general como dibujo técnico, no representacional de contextos; por ejemplo, algunos alumnos trabajaron "letra técnica" durante todo el año lectivo. ii) los alumnos son promovidos en matemáticas grado tras grado, sin que posean conocimientos aritméticos básicos para operacionalizar con números.

⁵⁴ Una discusión de estas complejidades se encuentra en **LOTERO, Amparo. El Especial Contenido de la Tecnología Contemporánea. Condiciones para su Pedagogía.** Tesis de Maestría en Pedagogía de la Tecnología. UPN, 2000.

Aunque la respuesta a esta cuestión está más allá de los alcances de este estudio, lo que sí ha mostrado la experiencia general de implementación de AA para la tecnología⁵⁵ es que las actividades de éstos han fomentado capacidades para representar que no mostraban inicialmente los alumnos, o frente a otros alumnos que no han participado de tales actividades de aprendizaje.

Un ejemplo reciente que pone de relieve la importancia de fomentar estas capacidades representacionales desde edades tempranas, es el mostrado con niños de transición (entre 5-6 años) y grado 1° (6-7 años), de estratos socioeconómicos 1 y 2⁵⁶

En esta experiencia, las actividades de aprendizaje se encaminaron a que los alumnos lograran establecer la relación forma – utilidad de utensilios comunes en el entorno cotidiano de los niños, tales como los de mesa, cocina y jardinería.

Este objetivo de aprendizaje, que pudiera aparecer trivial puesto que los niños cotidianamente se relacionan con tales utensilios, reveló que las actividades de aula proporcionaron a los niños un enriquecimiento del significado de la forma de los utensilios cotidianos, que no poseen niños de un grupo control quienes habían mostrado un desempeño mucho más solvente en cuanto a identificación de proporciones de los objetos, en las pruebas de entrada.⁵⁷

Al final de la experiencia, los pequeños alumnos de los tres grados, dos experimentales y uno de control según se explicó ya, realizaron una actividad para moldear en plastilina algún utensilio. Los niños debían definir el propósito de su moldeo, informando a su docente ¿Qué voy a hacer?, ¿Para qué servirá? Entonces, ¿qué forma deberá tener?

En ambos casos, grupos experimentales y de control, los alumnos representaron en lo moldeado algo que les es concreto y cercano, sin embargo, lo logrado por unos y otro grupo difieren de manera ostensible. Los utensilios moldeados por los niños del grupo control quienes no vivieron las actividades de aprendizaje, tienen formas poco definidas y muchas de ellas son planas. Contrariamente, lo moldeado por los niños de los dos grupos que experimentaron con utensilios en las actividades de aprendizaje poseen formas bien definidas, en las que desatacan aquellos detalles a que deben su utilidad y que fueron enfatizadas en las actividades de aprendizaje. Aquí no aparecieron moldeos planos.⁵⁸

La interpretación más adecuada que pudiera hacerse de estos resultados, que resaltan la importancia del aprendizaje en el desarrollo de capacidades representacionales, apunta a que la escuela tendrá que proveer experiencias prácticas significativas que conduzcan a otorgar sentido y a lograr expresarlo de manera representacional, aún en los entornos más cotidianos. En entornos urbanizados, complejos y con una alta división del trabajo, en los cuales los niños se ven cada vez más alejados de las vivencias prácticas que podían proporcionar los mayores en otras épocas, esas experiencias prácticas sobre las que descansa la construcción de sentido acerca del entorno inmediato, sólo pueden ser brindadas de manera sistemática por la escuela.

⁵⁵ Aparte de las experiencias de investigación financiadas por el IDEP, por cuenta de DifuCiencia se han adelantado experiencias de implementación de AA en diferentes grados de colegios del Distrito Capital.

⁵⁶ Alumnos del Instituto de Nuestra Señora de los Ángeles, y un grado 1° del CED “Antonio Villavicencio”.

⁵⁷ Se trata de alumnos de un grado de transición del Instituto Pedagógico Nacional, de estratos 2,3 y 4.

⁵⁸ Un registro en video de estos resultados se encuentra anexo a “Validación de un AA relacionado con la Diferenciación de Entornos Naturales y Artificiales” Informe Final Contrato IDEP – DifuCiencia 26/99

4.2.2.- Momentos del AA y Niveles Representacionales

Momento 1: Actividades de Aprendizaje (A1)

Nivel de lo Representacional: Representación inmediata del concreto material. Referente presente

- Relaciones de Tamaño.
 - Objetivo: Dar sentido representacional y comprensión de la operatividad de números fraccionarios.
- Didácticas:
 - Juegos de regletas de diferentes colores y tamaños
 - Guías de trabajo correspondientes. (Ver muestra en el Anexo 1)

De manera general, los alumnos presentan dificultades en lo que respecta a conocimientos y operatividad de las matemáticas básicas, algo que se constituye en obstáculo para comprender operadores de la tecnología. Destacan las dificultades con números fraccionarios, algo preocupante si se tiene en cuenta que se trabaja con alumnos entre 11 y 15 años.

En el juego de las regletas se enfatiza en que los números fraccionarios expresan relaciones de proporcionalidad respecto de un todo, independientemente de la magnitud de ese todo. Se trabajan diferentes maneras de expresar cantidades fraccionarias.

- Representación Gráfica
 - Objetivo: Ejercitar la representación gráfica con diferentes objetos utilizando ciertas formalizaciones de la geometría descriptiva, como la proyección ortogonal y la perspectiva isométrica.
 - Didácticas: Reticula isométrica y cuadrícula rectangular. Guías de Trabajo. Muestra de las guías de trabajo se presenta en el Anexo 1
- Módulos de Mecanismos
 - Objetivo: Comprender principios operativos de operadores mecánicos. Representar gráficamente los operadores y matemáticamente los principios operativos.
 - Didácticas: Módulos desarmables para construir mecanismos de poleas, ruedas dentadas y biela – manivela. Guías de trabajo. Ver muestra de las guías de trabajo en el Anexo 1.

En este caso, para la representación gráfica de los operadores hay una relación inmediata con el concreto material a representar, mediante el módulo físico que acompaña las guías de trabajo.

La representación matemática se efectúa a partir de experiencias de observación de diferentes situaciones que son interacciones entre ruedas de diferentes diámetros. Aquí se confiere sentido a la implicación entre acciones, un término empleado por Piaget para referirse al proceso de

configuración de sentido, de relaciones de transmisión de movimiento que se establecen al accionar simultáneamente objetos que interactúan entre sí.⁵⁹

La representación matemática del tipo de relación que ocurre entre dos ruedas que giran, la una impulsada por la otra, no reviste gran dificultad para los alumnos cuando la relación se refiere a número completo de vueltas de una con respecto a la otra. Sin embargo, el caso contrario, cuando por una vuelta completa de una rueda la otra gira una fracción de vuelta, surge una gran dificultad en los alumnos para expresar esta situación por medio de un número fraccionario.

Luego de las actividades “Relaciones de Tamaño” y el trabajo con las guías y los módulos de mecanismos, un buen número de alumnos pudo sortear esta dificultad representacional. La fórmula matemática que expresa las relaciones estables de implicación entre las acciones observadas aquí, comienza a adquirir sentido para ellos luego de experimentar con lo concreto de los operadores. No obstante, en otros casos la dificultad sigue persistiendo como un obstáculo invencible.

Momento 2: Taller de Construcción del Juguete

- Objetivo: Deconstrucción – Construcción – Reconstrucción de un prototipo de juguete con movimiento.
- Didácticas:
 - Kit para construir el prototipo de juguete
 - Cartilla de trabajo para el estudiante. Ver muestra en el Anexo 1.

- Deconstrucción:

El trabajo manual del taller se prepara de manera previa en el aula, con la cartilla que acompaña el kit de construcción. En ésta, los alumnos examinan, en primer lugar, las cuatro invariantes de todo proceso de producción de un bien material.⁶⁰

Las representaciones gráficas que aquí se efectúan, aunque con la inmediatez del concreto presente (el juguete ya construido por el docente), se refieren a las partes separadas que deben ser articuladas en un todo funcional.

- Construcción

Del taller de construcción pueden derivarse para el alumno logros de competencias técnicas (medición, disposición de materiales, uso de herramientas, etc.) así como un sentido de logro al armar un juguete que funciona. No obstante, sin desconocer la importancia de este tipo de actuación de disposición con los objetos, son las actividades posteriores a la construcción las que más interesan en cuanto se refiere a desarrollo de capacidades representacionales.

⁵⁹ : “lo que éstas [implicaciones] relacionan son las significaciones de tales actos, por materiales que sean, ahora bien, toda significación, desde los niveles sensoriomotores, consiste en la asimilación de datos en esquemas o conceptos, de manera que para un sistema físico cualquiera, por sencillo que sea, las significaciones y sus implicaciones son relativas a su “modelo”, construido por el sujeto en tanto que interpretación de observables en términos de relaciones consideradas como necesarias”.

PIAGET, J. *Las Formas Elementales de la Dialéctica*. Op. Cit p.132.

⁶⁰ Estas invariantes son : Propósito, Medio (materias primas, herramientas, etc.) Procedimiento y Producto. Ver LOTERO, A.; ANDRADE, E. *Fundamentos Epistemológicos y Pedagógicos de la Tecnología*. Op. Cit..

- *Reconstrucción*

Estas actividades, propuestas en la cartilla que acompaña el kit son:

1. - Representar el juguete como un sistema técnico.⁶¹, en dos niveles o categorías funcionales abstractas: ¿Cómo se transmite el movimiento en el juguete? Y ¿cuál es el rol de cada uno de los componentes del sistema conformado por el juguete?
2. - ¿Qué sucedería si...? Este trabajo se realiza a partir de un propósito definido para modificar las partes funcionales del juguete y la representación matemática de los principios operativos trabajados en las actividades de aprendizaje del Momento 1. Aquí se trata de anticipar cambios de magnitudes en los resultados de la acción funcional de cada mecanismo del juguete sin que sea necesario desarmarlo.

Aunque hay una relación de inmediatez con el concreto material, de cuerpo presente, no obstante la anticipación o predictibilidad de los cambios se logra únicamente a partir de la operatividad matemática, sin intervenir la materialidad de los mecanismos del juguete. Se trabaja solamente a partir de una manipulación simbólica con base en conocimientos adquiridos sobre principios operativos y su representación matemática. De todas formas, esta manipulación simbólica se efectúa como representación, esto es, indisolublemente ligada al hecho de ser expresión de un concreto material, de anticipar su modificación.

Momento 3: Actividades de Solución de Problemas

Nivel Representacional: Representación simbólica sin referente material.

En otra parte de este escrito ya se mencionó que utilizar conocimientos en contextos problémicos para proponer soluciones, configura un accionar estratégico fin – medio, en el que los conocimientos utilizados cumplen una función instrumental.⁶² En el contexto de este trabajo se restringió el examen únicamente a lo que concierne a problemas de orden técnico, entendido ésto como de disposición objetual con implicación entre acciones y finalidades operativas y funcionales.

A la acción fin – medio subyace una lógica estratégica⁶³ que no puede asimilarse a un procedimiento metodológico y, aún más, que parece no ser susceptible de una descripción universal.

El accionar lógico – estratégico para solucionar problemas, en el caso de disposiciones técnicas, pareciera estar inherentemente ligado a capacidades representacionales más o menos abstractas, de acuerdo con la complejidad del problema y de la solución requerida, como se planteó hipotéticamente en este trabajo. El examen de los resultados del trabajo de los estudiantes sobre la base de guías en las que se propone el entorno de tarea del problema y se sugiere una estrategia, ha mostrado una tendencia en tal sentido, como se expuso en el numeral anterior.

⁶¹ Los componentes de un sistema técnico referido al proceso de maquinización, son : Motor, Mecanismo de Transmisión de Movimiento, Herramienta de Trabajo. Ver: LOTERO, ANDRADE. *Fundamentos...* Op. Cit.

⁶² El antropólogo alemán A. Gehlen, retomado en el análisis de Habermas, caracteriza el ámbito del trabajo en el que se han sucedido las realizaciones de la tecnología como el de una acción racional con respecto a fines.

⁶³ Lógica estratégica que en el desarrollo de la maquinización comporta además una característica de lógica mecánica, en cuanto sucesión lineal predecible causa – efecto. *Ibidem*.

Es importante anotar que el planteamiento de este tipo de problemas pone en tensión diferentes manifestaciones de la lógica, y que los alumnos enfrentan como primer reto el de comprensión de lectura del texto en el que se plantea el entorno de tarea.

Aquí ha sido necesario oponerse a la práctica corriente en el aula en la que el docente lee en voz alta a los alumnos y se considera en la obligación de explicar paso a paso lo que ellos deben hacer.

Las dificultades de comprensión de lectura parecen muy probablemente estar en la base de la dificultad que muchos alumnos muestran con el trabajo de las guías de problemas, lo que impide que puedan iniciar el trabajo de representación del escenario.

Aunque no se puede especular sin fundamentos experimentales firmes sobre una correlación entre capacidad lógico – estratégica y competencia comunicativa, se ha observado que los alumnos aventajados en el trabajo de solucionar problemas muestran también una solvencia para comunicar por escrito lo que hacen. En estos alumnos llama la atención, además, la corrección gramatical y ortográfica.

De otra parte, alumnos que podrían ubicarse en un rango medio de desempeño presentan dificultades al comunicar por escrito aquello que es claro que han entendido.

Aunque se trata de observaciones preliminares y que requerirían ser ampliadas y profundizadas en un estudio específico para el caso, de todas maneras apuntan en el sentido de una estrecha relación entre competencia comunicativa y capacidad de solución de problemas.

La relación con la lecto – escritura se realiza en los tres momentos del AA, en el trabajo con las diferentes guías y con especial énfasis en la parte final de la cartilla que acompaña el kit de construcción, en la que se pretende una contextualización histórica de los operadores estudiados. En esta parte se efectúa un ejercicio de comprensión de lectura. Es necesario anotar que en este contexto se precisa el fomento de la lecto – escritura argumental.

4.3.- El Contexto Cultural de los AA

Aunque para adelantar este trabajo de investigación se determinaron como variables aquellos aspectos de la práctica de aula que con mayor impacto incidirían sobre el asunto planteado, se ha considerado que variados factores del contexto cultural pueden estar influyendo sobre el desarrollo de las actividades de los AA, y la consecución de los logros de aprendizaje propuestos para éstos.

A continuación se presenta una síntesis de lo expuesto en pasados informes de investigación sobre los AA, con relación a aquellos factores culturales que pueden estar incidiendo de manera negativa en el aprendizaje y desarrollo intelectual de los estudiantes y en general, en la calidad de la educación y que, por ende, tendrían también su impacto desfavorable sobre la implementación de los AA.

4.3.1.- Primera Investigación: Variable "Cultura de Aula"⁶⁴

Este aspecto ha sido objeto de variadas investigaciones que han trabajado desde perspectivas diferentes. Sin embargo, hay un enfoque al que no se le ha concedido la suficiente atención dada la importancia que reviste, y es el que tiene que ver con la cultura escolar en su relación con las condiciones para el desarrollo intelectual de los estudiantes, quienes deberían ser los sujetos principales de toda la organización y realizaciones de la institución escolar.

Diferentes posiciones se han cruzado en el examen de la cultura escolar, un examen que demandaría ante todo definir o recordar el objetivo social de la escuela. En estos estudios han convergido diversos cuestionamientos a la institución escolar, examinada ésta como producto de intereses del sistema socio-económico, gestora de cambio social desde el aula, llegando hasta demandas a los docentes de atención a las necesidades afectivas de los estudiantes. Ultimamente, la definición de los propósitos escolares se ha orientado hacia exigencias que hasta hace poco se consideraban de manejo preferencial de otros espacios de socialización, especialmente la familia.⁶⁵

En este punto y luego de conocer de cerca el desempeño intelectual de los estudiantes, quisiéramos llamar la atención para conceder énfasis a un propósito universalista para aquel espacio físico y sociocultural que llamamos escuela. Este propósito en su fundamento atiende al desarrollo de las facultades intelectuales propias de todos los seres humanos, con una proyección en la idea de que cualquiera sea el contenido socioeconómico de las sociedades futuras, es de esperarse que estas sociedades revestirán un mayor grado de complejidad, con mayores exigencias en el desempeño y capacidad autoreflexiva de sus integrantes.

Una consideración adicional a favor de proyectar en este propósito universal de la educación es que en medio de todo tipo de segregaciones, ya sean de orden económico, racial o de género, la organización social contemporánea parece favorecer la tendencia a la exclusión del acceso a los saberes especializados y de frontera y, más preocupante aún, a la segregación y marginalidad intelectual de una gran parte de la población. Este último aspecto se encontraría asociado al deterioro de la calidad de la educación pública en muchos países.

Sin ahondar más en estas consideraciones de gran importancia, pero que no constituyen el objetivo principal del presente estudio, si aparece necesario trabajar en la idea de que en medio de otros derechos democráticos reivindicados para los estudiantes en la escuela, se requiere enfatizar de manera fundamental en el derecho al pleno desarrollo de las facultades intelectuales de los niños y jóvenes, y que los demás derechos reivindicados coadyuven a favorecer éste último derecho.

Pero, ¿Porqué se considera a la escuela aquel lugar que favorece el desarrollo intelectual?

Aunque el papel esencial de la familia en este aspecto durante la primera infancia ha sido destacado de diferentes maneras, se espera que la escuela plantee los ambientes más complejos que favorecen los desarrollos intelectuales de alto nivel y que no se encuentran de manera ordinaria en otros ambientes cotidianos.

⁶⁴ Ver "Validación de Indicadores de Logro y Kits de Bajo Costo.." Informe Final Contrato IDEP- DifuCiencia 36/98.

⁶⁵ BARRANTES, RAÚL, *El Currículo como artefacto de la cultura*. *Revista Pretextos*. Sociedad Colombiana de Pedagogía, Bogotá, No 6, enero-abril de 1999

Enfoques pedagógicos recientes proponen sistematizar cuidadosamente el ambiente de aula de acuerdo con una orientación clara hacia determinados logros de aprendizaje. En esta perspectiva se inscribe la propuesta de Ambiente de Aprendizaje que ha servido de escenario para el desarrollo de varias investigaciones de DifuCiencia y de egresados de la Maestría en Pedagogía de la Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional.⁶⁶

No obstante la sistematicidad de sus diseños en cuanto a alcanzar logros de aprendizaje, los ambientes de aprendizaje deben afrontar aspectos que interfieren de manera negativa en sus posibilidades de apoyar la consecución de logros, más allá de limitaciones que pudieran ser atribuibles a docentes y alumnos en lo que a capacidades cognitivas se refiere. Nos referimos a la variable que denominaremos “cultura de aula”, que en el desarrollo de las experiencias de investigación ha mostrado ser de impacto para la consecución de logros por parte de los estudiantes.

A continuación se enumeran los aspectos de esta variable cultura de aula que se han revelado negativos en el transcurso de la investigación de validación de logros de conocimiento tecnológico en estudiantes, y que estarían igualmente incidiendo de manera desfavorable en otros logros de aprendizaje:

- Diferentes debates pedagógicos, filosóficos y hasta ideológicos han desdibujado los objetivos sociales de la escuela, en el sentido de ser aquel espacio de socialización preferencial para que los niños y jóvenes puedan realizar su derecho al pleno desarrollo de sus facultades intelectuales, así como para que adquieran los conocimientos y competencias que demanda la perspectiva de poder contribuir creativamente a la sociedad de la que hacen parte.
- Cuestionamiento radical a enfoques conductistas, instruccionalistas y de tecnología educativa, hasta el punto de que se ha generado un rechazo más o menos generalizado a toda forma de instrucción sistemática, con el consecuente predominio de un “culto al espontaneísmo”.
- Influencia de la pretensión “postmodernista” de relativización a ultranza del conocimiento y de pretender asumir el SABER preferencialmente como “saber narrativo” en contra del saber racional.
- Disminución sensible de la práctica de la lecto - escritura, sobre todo de tipo argumental, detectada por la reciente evaluación de competencias de lenguaje, mencionada antes.
- El aula y la escuela, en general, como escenario de diferentes proselitismos o como lugar en el que deben resolverse problemas familiares, afectivos y socioeconómicos de los estudiantes, en desmedro de las actividades propias del aprendizaje.
- Disminución considerable del tiempo efectivo para desarrollar actividades académicas. Gran parte del tiempo se dedica a conmemoraciones culturales, religiosas, jornadas pedagógicas de los profesores, entre otras.
- Tendencia a suplir la poca capacidad de concentración de los estudiantes con ambientes hiperactivos que no propician la interiorización necesaria para el desarrollo intelectual individual.

⁶⁶ Ver **ANDRADE, Edgar**. *Ambientes de Aprendizaje para la Educación en Tecnología*. Revista Educación en Tecnología, No 1, Bogotá, 1996.

- Modificación del sistema anterior de evaluación hacia el esquema de evaluación por logros, sin una definición clara, coherente y precisa de los logros y de sus indicadores respectivos y sin las modificaciones consecuentes de relación docente/alumnos, procesos de aula, dotación suficiente y cualificación de los docentes.
- Masificación del aula escolar no sólo en lo que se refiere al número de alumnos sino también a los ritmos de aprendizaje y posibilidad de seguimiento adecuado de consecución de logros.

4.3.2. Segunda Investigación: El Impacto del Mensaje Desestructurado de los Medios

Un aspecto adicional a los enumerados de la “cultura de aula”, se detectó problemático en el trabajo con pequeños alumnos de primeros grados de educación básica. Éste se sintetizó en el informe de investigación correspondiente⁶⁷, de la siguiente manera.

No se puede esperar que todas las dificultades de aprendizaje de los estudiantes puedan ser resueltas desde AA para la tecnología. Entre éstas, es preciso señalar las siguientes.

En primera instancia, carencias de información de los niños acerca de la procedencia de los objetos artificiales de su entorno cotidiano (Por ejemplo, “La vaca come queso”, “La harina blanquea el pan”). Ante el hecho de que en los entornos urbanos actuales los niños no tienen oportunidad de conocer directamente procesos productivos artesanales ni industriales, estas informaciones podrían ser obtenidas por ellos fundamentalmente de una o varias de estas fuentes: los integrantes de su familia, la escuela, libros y medios impresos o de los medios masivos como la televisión. En este caso, ninguna de estas fuentes posibles está operando en tal sentido.

A manera de ilustración, como se dijo ya antes, se introdujo en el AA para 2º grado una actividad de búsqueda de información que debía ser realizada en casa con la ayuda de un adulto, quien debería firmar la hoja de trabajo. Con contadas excepciones, los alumnos no llevaron la tarea realizada, con la respectiva firma, en la fecha prevista, no obstante que mediaba un fin de semana entre su encargo y su cumplimiento. Luego de mucha insistencia, se logró el cumplimiento de este deber padres - alumnos en apenas un 60%.

Aunque las razones de este hecho están más allá de los propósitos del presente trabajo, puede obedecer a circunstancias como poca comunicación padre - hijo, y/o escasa formación de responsabilidad en los niños. Este último hecho se mostró en prácticamente todos los alumnos durante el transcurso del trabajo: No llevar al colegio los materiales necesarios para el trabajo, poco esfuerzo por el cuidado de materiales entregados para el taller de tejido no obstante comunicación firmada por los padres en tal sentido, etc.

Hay que destacar aquí que uno de los mayores obstáculos para una implementación adecuada de las diferentes actividades de aprendizaje la representa la ya referida variable, en un anterior proyecto de investigación (Contrato IDEP - DifuCiencia 36/98), de la “cultura de aula”.

⁶⁷ Ver: “Validación de un AA relacionado con Diferenciación de Entornos Naturales y Artificiales” Informe Final. Contrato Idep – DifuCiencia 26/99.

En el caso de los alumnos mayores, la entronización de un ambiente de aula en el que no se reconocen de manera interiorizada claras pautas de comportamiento asociadas a las posibilidades de aprendizaje, resulta en pérdida de oportunidades de nuevos aprendizajes.

Para el caso de los alumnos en las edades que nos ocupan, esta ausencia de pautas interiorizadas como normas de comportamiento, puede significar además pérdida de oportunidades de desarrollo intelectual.

La no adecuación del comportamiento de los alumnos a los diferentes escenarios de socialización, por ejemplo, lograr diferenciar pautas de comportamiento para los momentos de recreo y para los momentos de aprendizaje en el aula, bastante notoria en los alumnos de las experiencias, evidencia la ausencia de pautas interiorizadas. Por tal razón, los alumnos sólo adecúan su comportamiento como respuesta a pautas organizadoras basadas en estímulos externos (cantos, retahílas en coro, ejercicios, rezos, etc.) con lo que las pautas de orden logradas son poco estables.

La importancia que adquiere para el desarrollo intelectual de los niños el poder relacionarse con los objetos de su mundo de manera cada vez más organizada, ha sido puesta de presente por estudios como el de Jacques Lautrey⁶⁸. Estos estudios apuntan en el sentido de lo necesario que es para ese desarrollo unas pautas de organización en lo que se refiere a las interacciones sociales, que se han definido como pautas de comportamiento.

Lautrey ha demostrado una correlación directa entre desarrollo intelectual de los niños y su ambiente familiar en cuanto a su estructuración normativa. Esta puede ser aleatoria, estructurada flexible o rígida, siendo la más favorable la segunda. Aunque el contexto del trabajo de Lautrey es el medio familiar, hay pocas razones para pensar que en el medio escolar las cosas sean diferentes.

Se pone de manifiesto la importancia que reviste para el desarrollo intelectual del niño la **interiorización** de normas de comportamiento, de forma tal que logre adecuar su comportamiento a diferentes momentos y situaciones.

Es poco probable que pueda responsabilizarse de la situación antes descrita a los docentes. Una determinante parece radicar en la cultura de masas contemporánea, fundamentada en valores hedonistas y superficiales, cada vez más alejados de valores intelectuales.

Aunque estos valores pueden ser producto de influencias en los niños del comportamiento de personas en su entorno cercano, es indudable el gran influjo de los mensajes televisivos. De manera persistente, la comunicación que establecen niños y niñas entre sí en el aula, se refiere a programas de efectos impactantes y a telenovelas.

Cada vez parece más urgente un estudio en profundidad acerca de cómo podrían esos mensajes televisivos estar hiperestimulando mentalmente a niños y jóvenes, lo que podría estar en la base de la poca disposición de los niños a trabajos de naturaleza lógica, que requieren de concentración. Sin embargo, más que discursos y prédicas, se requiere más investigación frente a estas situaciones preocupantes en cuanto a posibilidades de adquisición de logros de aprendizaje.

⁶⁸ LAUTREY, Jacques. Clase social, medio familiar e inteligencia. Editorial Visor- Libros Infancia y Aprendizaje. Madrid, 1985.

4.4.- Consideraciones Finales: El Significado de los AA

Los AA han sido diseñados como ambientes para aprender tecnología, con base en los importantes aportes sobre el desarrollo intelectual de Lev Vygotski y Jean Piaget, una delimitación epistemológica de la tecnología, avances de la psicología cognitiva, la discusión en torno a las posibilidades de la inteligencia artificial y nuestros propios desarrollos teóricos y experimentales.

El trabajo que hemos emprendido de validación en condiciones de aula de esos AA ha mostrado sus limitaciones pero también ha evidenciado sus fortalezas, como ha sido discutido en las páginas anteriores.

De toda esa discusión anterior, no obstante, hay dos aspectos que nos interesa resaltar.

El primero de ellos está referido a la educación en tecnología de nuestros niños y jóvenes. Aunque el que podamos afirmar con certeza que estos AA han contribuido a la formación de futuros innovadores de la tecnología pertenece todavía al campo de las especulaciones, es evidente que los AA han contribuido a despertar gran interés por estos temas en un alto porcentaje de los alumnos de la muestra. Por su relación con el devenir cotidiano de los niños, el estudio de la tecnología “les ha permitido ver el mundo con otros ojos”, como afirmaba una de las docentes participantes comentando la reciente visita de sus estudiantes a un parque de diversiones: Los mecanismos y otros dispositivos que hacen mover los aparatos de diversión y que están normalmente ocultos, en esta ocasión se convirtieron en motivo de animadas charlas y discusiones que regresaron al aula y contribuyeron a la construcción de sentido del conocimiento tecnológico adquirido en la escuela.

Esa construcción de sentido tiene que ver con la relevancia del conocimiento escolar. Por una parte, cuando los alumnos comprenden esa relevancia para dar significado al mundo en que viven, las actividades escolares despiertan una motivación interna. Por otro lado, y tal vez más importante, cuando un alumno logra aplicar conocimiento aprendido para explicarse ese mundo externo, o alguna porción de él, desarrolla **un sentido de logro** que, intuimos, tiene un gran impacto en su autoestima y ayudará a su futuro desarrollo intelectual en caso de acceder a las oportunidades adecuadas.

El segundo aspecto está relacionado con el anterior pero nos parece que tiene implicaciones para toda la escolaridad de los niños y jóvenes, **particularmente en las áreas de lenguaje y matemáticas**. Desde luego, está relacionado también con la cuestión de las capacidades representacionales. El enfoque tradicional de enseñanza en estas dos áreas ha ubicado el énfasis en lo apropiado del uso de unos sistemas simbólicos. Se espera que los alumnos, después de unas cortas instrucciones y a fuerza de repetir ejercicios logren, de alguna manera, desarrollar su competencia lecto – escritora y su aptitud matemática.

Los magros resultados de este enfoque tradicional han suscitado toda una serie de “métodos infalibles” que varían desde esforzar aún más a los estudiantes con una carga de ejercicios en un tiempo controlado (por ejemplo, el denominado “kumon” para las matemáticas y los “métodos de lectura rápida”) hasta la laxitud postmoderna en aras de una malentendida “igualdad entre los distintos saberes narrativos”.

Nuestra experiencia con el desarrollo de los AA, en particular el estudio que acabamos de concluir sobre las capacidades representacionales, apunta en el sentido de que el problema radica en el énfasis en lo gramatical sintáctico, sin una previa construcción de sentido. Esto es análogo al énfasis metodológico que hemos criticado para la educación en tecnología: El punto de partida de que lo que el estudiante precisa es aprender unas reglas metodológicas para diseñar bien o para ser un buen lector – escritor o para aprender matemáticas está basado en el supuesto implícito de que el estudiante ya ha construido sentido sobre lo que va a trabajar. Y, como lo hemos visto, esta suposición no es cierta.

La educación, en particular de los lenguajes, debe ubicar el énfasis primero en que los alumnos comprendan que pueden denotar objetos y situaciones mediante esos sistemas simbólicos. La “función ordenadora” del lenguaje, de que hablaba Vygotski, comienza aquí, en que el niño utilice inicialmente rudimentos de un determinado sistema simbólico para representar situaciones u objetos. El uso apropiado vendrá después. El paralelo que podemos establecer es con el infante que aprende a hablar en su lengua materna utilizando primero “palabras” y “frases” que no son gramaticalmente correctas pero que para él van adquiriendo sentido.

Sin embargo, el problema representacional tiene otra dimensión distinta a la comunicativa, pero tal vez más importante. Es el impacto del uso de sistemas simbólicos en mayores niveles de abstracción para el desarrollo intelectual de niños y jóvenes. Una vez adquiridas las primeras estructuras cognitivas, éstas se convierten en la base para los desarrollos ulteriores. Privar a los niños de la posibilidad de un aprendizaje adecuado de los sistemas simbólicos es también privarlos de posibilidades de desarrollo intelectual.

Pensamos que el modelo general de AA, que las experiencias de validación hasta la fecha parecen reafirmar, puede proporcionar un modelo para la búsqueda de alternativas en la educación en lenguajes y matemáticas. Los tres momentos, de nueva información, contextualización e instrumentalización, parecen responder adecuadamente a las posibilidades de aprendizaje de los alumnos.

ANEXO No 1

**Muestras de
Guías de Trabajo para los Estudiantes**

CONSTRUCCIÓN DE JUGUETES
COMO SISTEMAS TÉCNICOS
PARA EL APRENDIZAJE DE LA TECNOLOGÍA

Cuaderno de guías para el Kit

PARQUE DE DIVERSIONES



MATERIAL PARA EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA

DifuCiencia

**CONSTRUCCION DE JUGUETES
COMO SISTEMAS TÉCNICOS
PARA EL APRENDIZAJE DE LA TECNOLOGÍA**

Guías de trabajo para el Kit

PARQUE DE DIVERSIONES

MATERIAL PARA EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA

DifuCiencia

SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C. 1999

CONSTRUCCION DE JUGUETES COMO SISTEMAS TÉCNICOS PARA EL APRENDIZAJE DE LA TECNOLOGÍA

Guías de trabajo para el Kit

PARQUE DE DIVERSIONES

MATERIAL PARA LA EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA

DifuCiencia

DISEÑO DE KIT Y GUÍA DE TRABAJO

EDGAR ANDRADE LONDOÑO

Profesor titular y Coordinador de la Maestría
en Pedagogía de la Tecnología.
Universidad Pedagógica Nacional

AMPARO LOTERO BOTERO

Socióloga y comunicadora
Directora de DifuCiencia

COLABORADORES ACADÉMICOS DE DIFUCIENCIA

José Urías Pérez Calderón

Carlos Garzón Gaitán

Juana Carrizosa Umaña

ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Adriana Patricia Lotero

Cesar López Pinzón

© Derechos reservados **DifuCiencia**. 1999

ISBNN: 958-9180-94-9

ILUSTRACIONES: HISTORIA DE LA TÉCNICA. LIBROS DE INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, 1994

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN: ÉDITER. ESTRATEGIAS EDUCATIVAS LTDA
TEL 6362360. SANTAFÉ DE BOGOTÁ

PREPrensa DIGITAL DE PORTADA

COLOR-GRAPHICS

IMPRESIÓN

EDITORIAL GENTE NUEVA LTDA

PRIMERA EDICIÓN

IMPRESO EN COLOMBIA. PRINTED IN COLOMBIA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, 1999

INTRODUCCION

El propósito de este kit* es el de construir un juguete. Pero, no se trata de un juguete corriente, sino de uno muy especial en el que algunas de sus partes se mueven para realizar una función.

Un juguete puede moverse porque tiene mecanismos como los que conforman las máquinas. Por esto es que además de construir un juguete, este kit nos ayudará a entender la manera como están organizadas las máquinas para que puedan ser útiles en la realización de algún trabajo.

En este juguete encontraremos mecanismos que hemos comenzado a estudiar en las actividades de aprendizaje de tecnología, orientados por nuestros profesores.

El juguete que construiremos ya está diseñado. Sin embargo, cada uno de nosotros podrá llegar a inventar y construir su propio juguete si comprendemos la manera como deben organizarse los mecanismos. Sólo de esta forma nuestro juguete podrá llevar a cabo alguna función útil, a la manera de las máquinas.

**Así es que,
¡pongamos pensamiento y manos a la obra!**

* Kit, según el diccionario, es un conjunto de piezas preparadas para la construcción de un aparato por el mismo usuario.

ORGANIZACIÓN DE IDEAS Y MATERIALES

Cuando deseamos adelantar alguna obra, primero que todo debemos tener bien claro qué vamos a hacer y cómo lo vamos a hacer. En otras palabras, hay que elaborar un plan.

En este cuaderno se sugieren cuatro puntos que debemos considerar para elaborar un plan de tecnología:

EL PROPÓSITO

En este punto determinamos qué vamos a hacer. Si el diseño del juguete ya está, entonces, lo conocemos bien en sus funciones y partes.

LOS MEDIOS

Examinamos y enumeramos los materiales con los que efectuaremos la construcción. Además hay que considerar las herramientas que serán necesarias para este trabajo.

EL PROCESO

Al llegar a este punto, ya hemos pensado sobre el proceso, pues sólo así pudimos definir qué herramientas se necesitarán. Nos queda por determinar qué procesos adelantaremos primero y cuáles después. Recordemos que no se trata de escribir un manual de instrucciones detalladas.

EL PRODUCTO

Aquí nuestro propósito se hará realidad. Lo que antes era sólo una idea, una intención, se volverá un juguete real que funcionará como estaba previsto. En este punto nos enorgulleceremos por nuestra construcción y por lo que aprendimos sobre tecnología. Seguramente, también en este punto comenzaremos a pensar cómo podríamos mejorar en sus funciones el juguete o cómo podríamos inventar uno nuevo.

A continuación consideremos estos cuatro puntos para construir el juguete del kit.

EL PROPÓSITO

Este kit está diseñado para construir un carro **PARQUE DE DIVERSIONES** en el que se moverán las siguientes partes:



un carrusel



una rueda de Chicago



un payaso conductor

- **El carrusel** se moverá porque organizaremos un engranaje de dos ruedas dentadas* que cambia el movimiento en el plano vertical de la rueda en un movimiento en el plano horizontal. Este engranaje será movido por el eje de las ruedas traseras del carro.
- **La rueda de Chicago** girará por medio de dos poleas de diferente diámetro, unidas por una correa. A este mecanismo también lo moverá el eje de las ruedas traseras del carro.
- **Al payaso conductor** lo moverá un mecanismo de cigüeñal-biela-pistón, situado en el eje de las ruedas delanteras del carro.

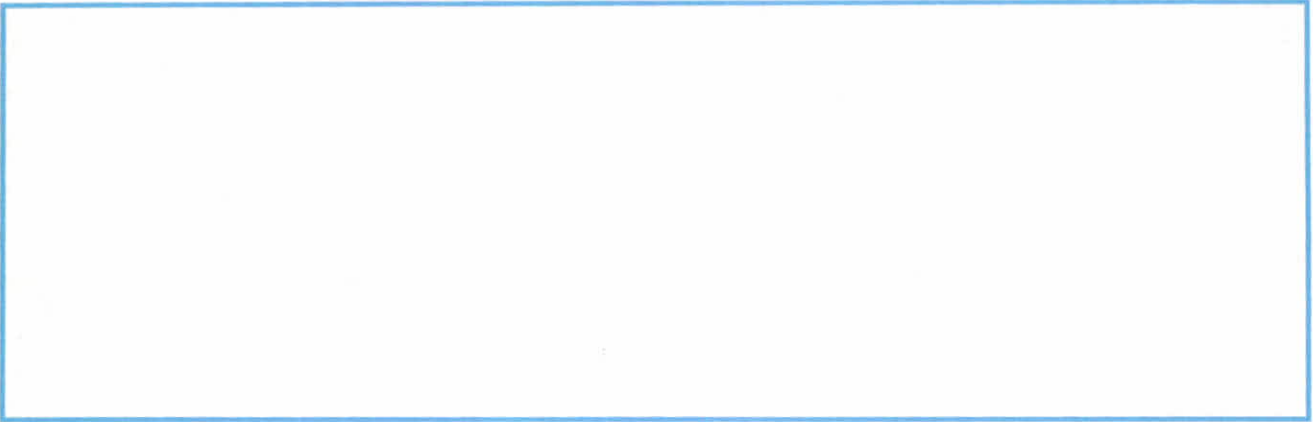
Y como vemos, el juguete podrá realizar la función de parque de diversiones porque en él organizaremos adecuadamente distintos mecanismos.

Como ya hemos estudiado estos mecanismos en la clase de tecnología, podremos identificar cada una de sus partes entre los materiales contenidos en el kit.

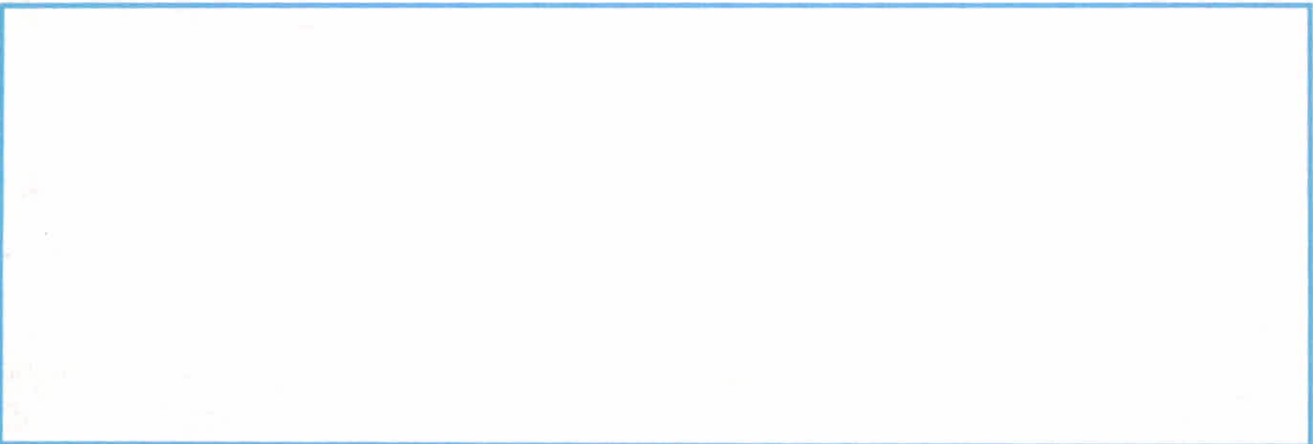
* Ruedas dentadas o piñones.

A continuación, dibujemos el mecanismo e indiquemos con flechas cómo se transmite el movimiento. Señalemos cada una de sus partes con un número y nombrémoslas al lado del dibujo.

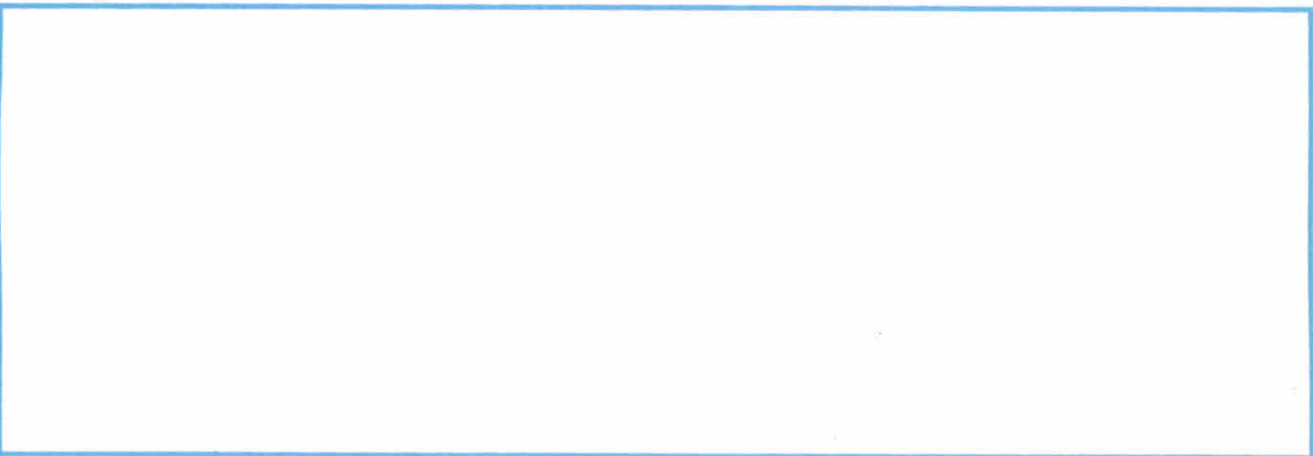
Mecanismo: engranaje de piñones o ruedas dentadas



Mecanismo: poleas - correa



Mecanismo: cigüeñal - biela - pistón



Representación gráfica

Observemos el prototipo del juguete construido por la profesora o el profesor. De acuerdo con lo visto en el taller de Representación Gráfica (o en la clase de dibujo técnico) dibujemos la isométrica del juguete ya construido.

LOS MEDIOS

Observemos el prototipo del juguete construido por el profesor o la profesora y enumeremos las partes contenidas en el kit, indicando para qué servirán.

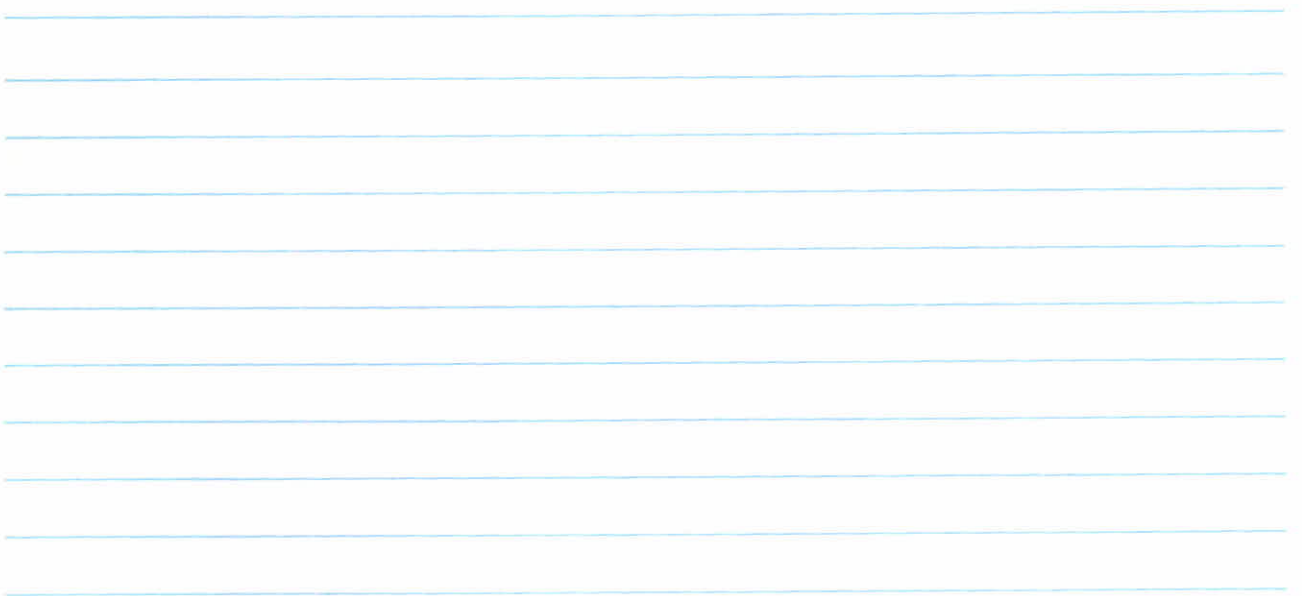
¿Qué herramientas serán necesarias para la construcción del juguete?

EL PROCESO

¿Qué procesos se emplearán en la construcción? (por ejemplo: cortar, medir, pegar, taladrar, etc.) (Listarlos en un orden lógico)



Con ayuda de la profesora o profesor, quien ya construyó su juguete, anotemos algunos aspectos que deberán tenerse en cuenta para la construcción.



EL PRODUCTO

¡Ya está construido el juguete!

Teniendo en cuenta lo aprendido en clase acerca de lo que es una máquina, indiquemos en cada mecanismo del juguete cuál es:

Mecanismo	La FUENTE DE ENERGÍA	EL MOTOR	Las partes del MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO	La HERRAMIENTA O COMPONENTE DE TRABAJO	Función que realiza el COMPONENTE DE TRABAJO (o utilidad de la máquina)
Ruedas dentadas					
Poleas-correa					
Cigüeñal-biela-pistón					

¿Podríamos indicar algunas máquinas en las que se empleen mecanismos similares? Anotemos también para qué sirven estas máquinas.

¿Qué figuras geométricas formamos durante el armado del juguete? Nombrar y dibujar.

Representación matemática

La relación de transmisión en el engranaje de los piñones es: _____

La relación de transmisión en el mecanismo de polea-correa es: _____

Si mantenemos los mismos diámetros, pero cambiamos el número de dientes del piñón del eje a **6**, ¿cuál será el nuevo número de dientes del piñón del carrusel? _____

Por cada vuelta de las ruedas del carro, cuántas vueltas dará:

La polea más pequeña:		El piñón más pequeño:		¿Cuántas veces subirá y bajará el payaso?
La polea más grande:		El piñón más grande:		
La rueda de Chicago:		El carrusel:		(¿cómo lo calcularemos?)

Con base en lo que hemos aprendido, **reflexionemos**

¿QUÉ SUCEDERÍA SI...?

¿Intercambiamos las poleas de lugar, es decir, ponemos la polea del eje de la rueda del carro en la rueda de Chicago?

Calculemos la nueva relación de transmisión: _____

¿Intercambiamos los piñones de lugar?

Calculemos la nueva relación de transmisión: _____

¿Por qué?:

¿Aumentamos la longitud del cigüeñal del payaso?

¿Intentamos mover el carrusel con las poleas?

¿Intentamos mover la rueda de Chicago con los piñones?

Anotemos algunas ideas para introducir nuevas funciones en el juguete. Indiquemos que tipos de mecanismos nos podrían ayudar a producir esas funciones.

Cambio en la función	Tipos de mecanismos

¿CÓMO HAN SIDO ÚTILES LAS MÁQUINAS?

PARA HACER PAN

Hace mucho tiempo, aproximadamente 10.000 años, surgió la agricultura. Alrededor de los campos cultivados se establecieron aldeas que muy pronto se fueron poblando más y más.

Y como el cultivo más importante era el trigo, es de suponer que desde entonces se ideara la receta más antigua y popular: el pan. En la mañana, al mediodía y por la noche había pan en abundancia, acompañado con algo de frutas, queso, carne y vino.

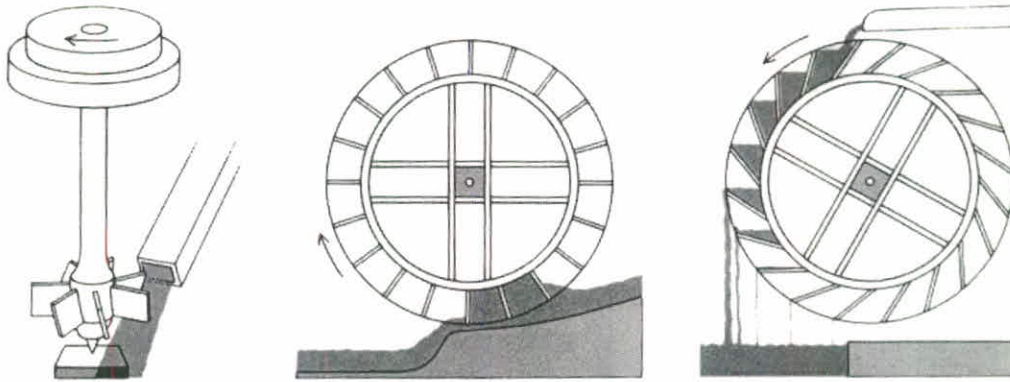
Podemos imaginar a los humanos de la antigüedad disfrutando de esas exquisiteces, pero quizá no alcanzamos a pensar que para tal disfrute fue necesario mucho esfuerzo y, sobre todo, mucho ingenio, pues sino ¿cómo lograron los antiguos hacer pan?

Primero había que separar los granos de la espiga y después quitarles la cascarilla, ya que alimentarse con los granos en su cáscara no es cosa agradable y, además, la parte blanda y gustosa está por dentro; luego había que triturar el trigo y volverlo harina.

En un comienzo se colocaban los granos sobre una piedra y se maceraban con otra. ¡Imagine mos cuanto esfuerzo para lograr sólo un poco de harina! Indudablemente había que buscar una manera menos esforzada y con mejores resultados en cantidad de harina, pues en las ciudades había cada vez más gente que alimentar.

Pensemos que hacia el año 300 de nuestra era, la ciudad romana de Arelate reunía a 12.500 seres humanos. Siete siglos después la ciudad de Bagdad albergaba cerca de un millón y medio de habitantes y en el norte de Europa habían otros tantos. ¿Cómo producir tanta harina para tantos comedores de pan?

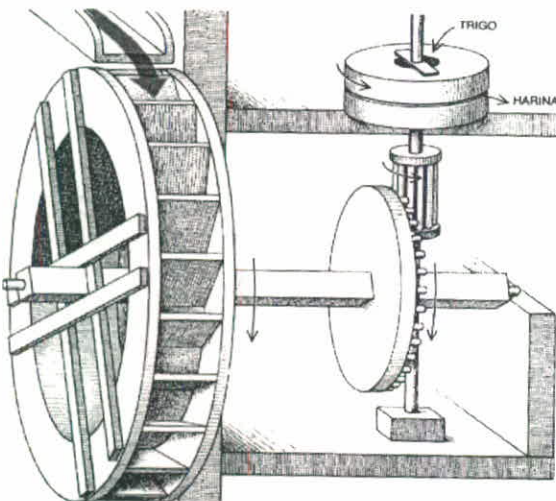
Bueno, a casi todos los pueblos de la antigüedad se les ocurrió aprovechar la fuerza de las corrientes de agua de los ríos. Los nórdicos, por ejemplo, situaban horizontalmente una rueda con palas que eran empujadas por la corriente. Al eje vertical de la rueda hidráulica se le situaba en su extremo la piedra de moler, tal y como se ve en el dibujo de la izquierda.



Vemos tres tipos de ruedas hidráulicas, en orden creciente de efectividad. La rueda nórdica (izquierda) hace girar las piedras del molino directamente. La rueda de propulsión inferior (centro) ya requiere de transformación de movimiento. La de alimentación superior (derecha) demanda una corriente de agua elevada, que puede lograrse mediante la construcción de canales.

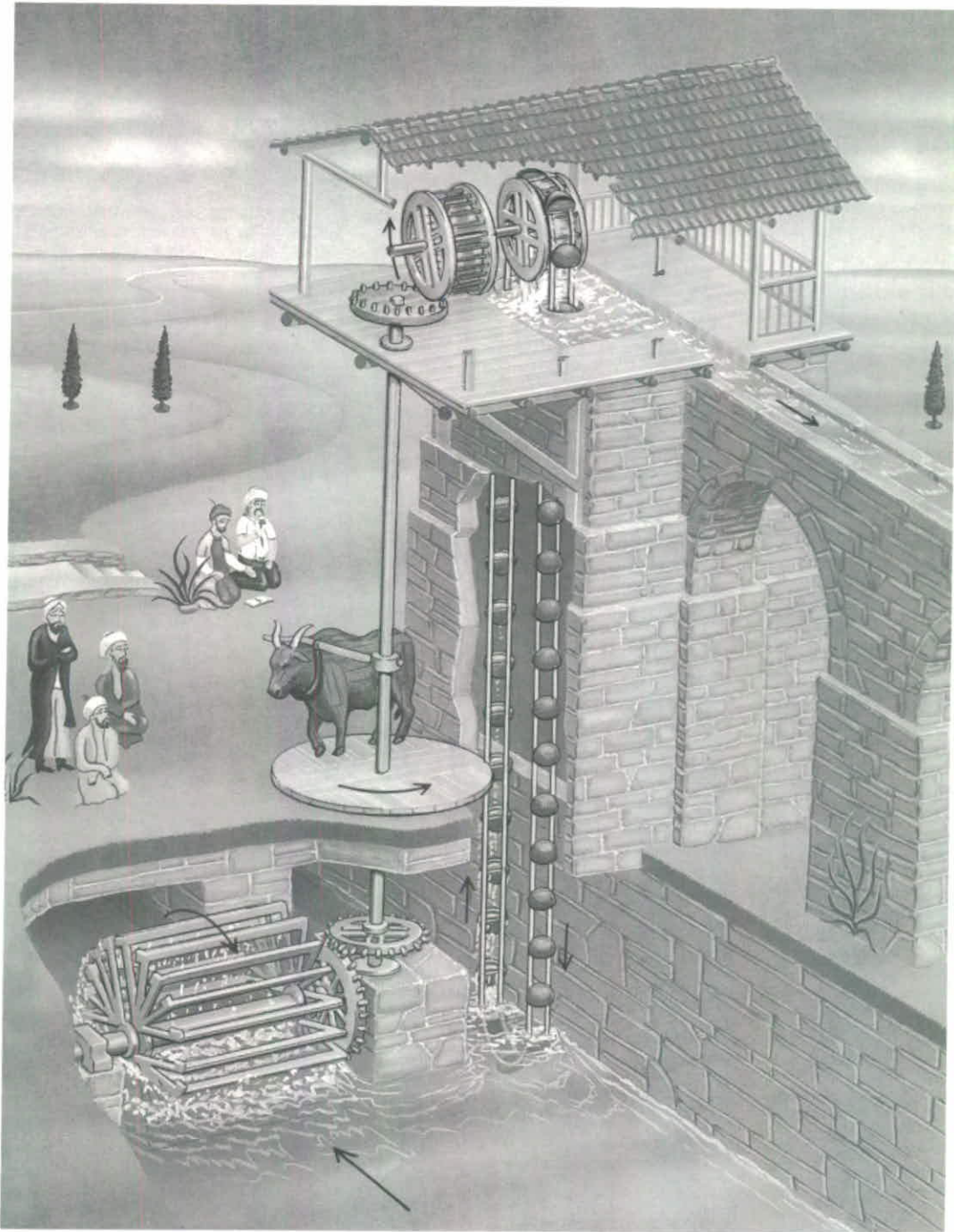
Los romanos inventaron un mecanismo que producía más harina, pues en lugar de las corrientes, las que disminuían en verano, aprovecharon las caídas de agua. Pero para esto, como podremos calcular, había que utilizar una rueda situada verticalmente y, de esta forma, la caída de agua movía con mayor fuerza la rueda. Mejor aún, los romanos hicieron algo más ingenioso: transformaron el movimiento vertical de la rueda hidráulica para mover la piedra de molino en un plano horizontal.

¿Cómo así transformar el movimiento? Veamos el dibujo del mecanismo del molino romano y pensemos cómo se transforma el movimiento de la rueda hidráulica.



Observamos el cambio de plano en el giro de la rueda, tal y como sucede en el mecanismo del carrusel de nuestro Parque de Diversiones.

Un historiador de nuestra época tomó el dibujo de al-Jasari y con sus conocimientos técnicos y de la cultura musulmana y algo de imaginación, lo reconstruyó, como vemos a continuación:



Con razón antes se llamaba a las máquinas “ingenios mecánicos”. A medida que construyamos más juguetes con mecanismos iremos conociendo mejor los productos del ingenio humano para hacer más fácil el trabajo y al mismo tiempo para hacer que rinda más.

¿COMPRENDIMOS LO LEÍDO?

¿Por qué fue necesario construir molinos de trigo durante la época antigua?

¿Con qué reemplazaron los antiguos la **fuerza** de los brazos y de las manos para moler el trigo?

¿A qué componente de la máquina corresponde esta fuerza?

¿Qué parte de los antiguos molinos reemplaza las **manos** para moler el trigo?

¿A qué componente de la máquina corresponde esta parte?

Algo de Geografía e Historia

En un mapamundi situemos:

La península escandinava

Bagdad capital de

Consultemos sobre la cultura musulmana, aquella del cuento **Alí Babá y los cuarenta ladrones**.

¿Por qué la ciudad romana de Arelate se hallaba en territorio que hoy corresponde a Francia?

¿A qué época de la historia se le conoce como Renacimiento?

PALABRAS NUEVAS

¿Qué palabras nuevas aprendimos con la lectura?

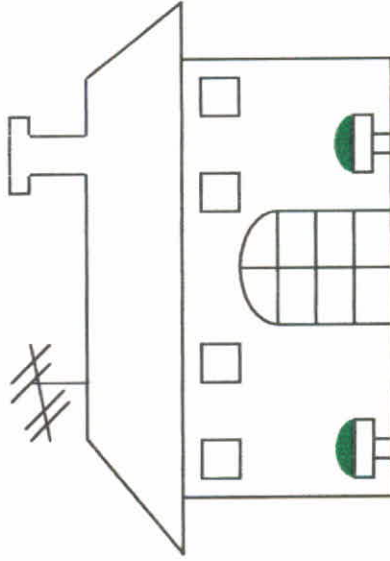
¿Cuáles de ellas se relacionan con el juguete que hemos construido?

Nombre: _____

EL ENIGMA DEL TESORO DE LAS TACITAS TSING (1a parte)

Un valioso tesoro compuesto por tacitas de té que pertenecieron a la dinastía Tsing ha ido desapareciendo poco a poco, a lo largo de varios años. Están por robar la última tacita, la cual fue donada a la casa Jüing por mi amigo Oscar. No sabemos adonde se encuentra dicha tacita, pero creemos que puede estar en el gran salón cuyas ventanas dan a la parte trasera de la casa. Por fin ha llegado el momento de atrapar al ladrón y Oscar me ha pedido ayuda para identificarlo, sin alarmar a los habitantes de la casa Jüing. Así las cosas, lo primero que hay que hacer es ubicar la última de las tacitas del tesoro Tsing.

Esta es la casa Jüing. Por aquí, por la puerta del frente, ingresaron muchos invitados de la familia. ¡Uno de ellos es el ladrón!



Con gran sigilo voy a la parte trasera de la casa. Veo allí dos ventanas que dan hacia el gran salón: una está en el centro y la otra en el extremo derecho.

(dibujemos la parte trasera de la casa Jüing)

Me acerco y miro por la ventana del centro. El gran salón está prácticamente vacío, pues sólo hay una mesa frente a la ventana central. Encima de la mesa, justo al frente de esta ventana, hay una caja sin tapa y algo brilla detrás de ella.

(dibujemos cómo vemos la mesa y la caja desde la ventana central)

¿Estará la tacita detrás de la caja? Me muevo a gatas y, siempre con sigilo, miro hacia la mesa a través de la ventana del extremo derecho. La taza no está detrás de la caja y lo que brilla es un pequeño cofre dorado

(dibujar lo que vemos desde la ventana del extremo derecho)

Necesito ver lo que hay dentro de la caja. Subo por una escalera exterior, pues sé que en el techo hay un tragaluz encima de la mesa. Desde allí miro y ¿qué veo? ... ¡ La última tacita del tesoro Tsing !

(dibujemos cómo vemos desde arriba la mesa y lo que hay encima)

Y ... ¡ justo allí llega el ladrón ! Doy aviso a Oscar, con una señal acordada. Mi amigo lo atrapa y lo interroga sobre el paradero de las restantes tacitas que componen el tesoro.

(sólo si queremos, dibujemos el momento en que atrapamos al ladrón)

Continuará...

Nombre: _____

EL ENIGMA DEL TESORO DE LAS TACITAS TSING (2a parte)

En la casa Jüing, al fin logramos atrapar al ladrón que año tras año había robado cada parte del tesoro Tsing, compuesto por tacitas de té. El tesoro había sido obsequiado por un emperador chino al abuelo de Oscar.

"Ahora, ¡debes devolverlas todas a sus legítimos dueños!", le exigimos al ladrón. Éste, sin poder hacer otra cosa, entregó una caja en la que estaban 17 de las preciosas tacitas de té de porcelana que ya conocemos, cuidadosamente guardadas...

Pero, ¿cómo saber que el ladrón estaba entregando el tesoro completo?

Entonces Oscar nos contó la siguiente historia:

Hace muchos años, mi abuelo y su socio viajaron a China, donde después de mil aventuras pudieron conocer al emperador de la época, el último de la dinastía Tsing. El emperador llegó a apreciarlos tanto que, cuando mi abuelo y su socio regresaron al país, les obsequió el juego de tacitas de porcelana en las que él mismo tomaba té. Mi abuelo y su socio se repartieron por mitad las tacitas de té cuando se separaron y nunca más volvieron a encontrarse. El socio de mi abuelo, al morir, le dejó sus tacitas a su única hija. Como sabemos, mi abuelo tuvo tres hijos, mi madre y mis dos tíos. Mis tíos solterones decidieron conservar para sí las tacitas que les repartió por partes iguales su padre al morir. Pero mi madre nos legó su parte a mis tres hermanos y a mí, nuevamente en partes iguales. Así llegaron a mis manos dos tacitas, una de las cuales doné a la casa Jüing. La misma tacita que este ladrón intentaba hurtar luego de haber robado el resto del tesoro a sus legítimos herederos.

Como buenos detectives, a partir de la historia de Oscar intentemos averiguar cuántas tacitas de té componen el tesoro obsequiado por el emperador.

Hay varias maneras de hacerlo, pero vamos a emplear lo que aprendimos en el Juego de las Relaciones de Tamaño. Comencemos:

Primero: Sabemos que Oscar heredó dos tacitas. ¿Cuántas tacitas tenía la mamá de Oscar?

Denominemos m la cantidad de tacitas que tenía la mamá de Oscar y preguntémonos ¿cuántas veces cabe 2 en m ? Efectuemos el cálculo.

$m =$ _____

Segundo: Ya sabemos cuánto vale m . Ahora, ¿Cuántas tacitas tenía el abuelo de Oscar?

Denominemos a la cantidad de tacitas que tenía el abuelo de Oscar ¿cuántas veces cabe m en a ?

$a =$ _____

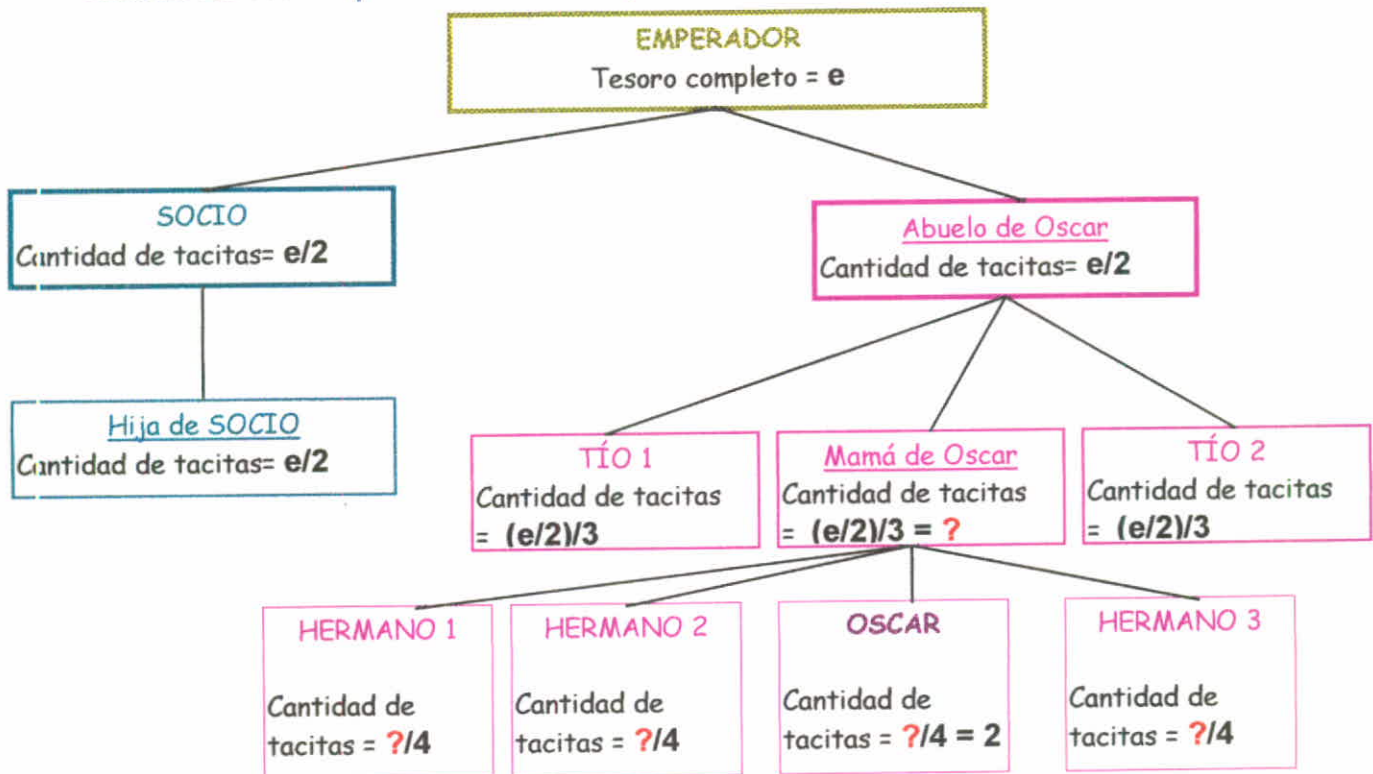
Finalmente, ¿cuántas tacitas componen el tesoro obsequiado por el emperador?.

Denominemos esta cantidad e :

$e =$ _____

¿El ladrón decía la verdad?

Como el ladrón insiste en que está diciendo la verdad, intentaremos otra manera de averiguar cuántas tacitas componen el tesoro completo.



Parece difícil, pero en realidad es muy sencillo.

Primero, encontremos cuánto vale $?$. Debe ser un fraccionario, con numerador $= e$.

Y el denominador? Pues es un número igual a _____. Entonces: $? = e / \underline{\hspace{1cm}}$

Segundo, la cantidad de tacitas de Oscar es igual a otro fraccionario con numerador $= e$.

Y el denominador? Pues es un número igual a _____.

Entonces, Oscar tenía $= e / \underline{\hspace{1cm}}$ tacitas

Sabemos que Oscar heredó 2 tacitas, por lo cual este último fraccionario es igual a 2. Entonces,

$$e / \underline{\hspace{1cm}} = 2$$

Otra simple operación y encontraremos que el número de tacitas que componen el tesoro completo es

$$e = 2 \times \underline{\hspace{1cm}} = \boxed{\hspace{2cm}}$$

¿Será que ahora el ladrón continúa insistiendo en que dice la verdad?

EL JUEGO DE LAS RELACIONES DE TAMAÑO (3)

Nombre: _____ Género: __ M __ F



Colegio: _____ Edad: _____ años

Recordemos las cantidades que vimos en las pasadas guías:

 **a**, es una ficha azul

 **v**, es una ficha verde, igual a 

 **r**, es una ficha roja, igual a 

 **m**, es una ficha amarilla, igual a 

Ahora, vamos a continuar inventando cantidades y nombrándolas:

La que sigue es:

     (pongámosle color y un nombre) = _____

Escribamos todas las relaciones de esta nueva ficha con las que ya teníamos:

___ es igual a ___ de a	a es igual a ___ de ___
___ es igual a ___ de v	v es igual a ___ de ___
___ es igual a ___ de r	r es igual a ___ de ___
___ es igual a ___ de m	m es igual a ___ de ___

Luego sigue otra que es:

--	--	--	--	--	--

(pongámosle color y un nombre) = _____

Escribamos todas las relaciones de esta nueva ficha con las que ya teníamos:

___ es igual a ___ de a	a es igual a ___ de ___
___ es igual a ___ de v	v es igual a ___ de ___
___ es igual a ___ de r	r es igual a ___ de ___
___ es igual a ___ de m	m es igual a ___ de ___
___ es igual a ___ de ___	___ es igual a ___ de ___

Bien. Hasta aquí, todo va muy bien. Es hora de que intentemos hacer la nueva cantidad que seguiría, sin ayuda. Dibujémosla abajo, pongámosle color y un nombre (*recordemos que no se vale repetir ni color ni nombre.*)

Escribamos a cuántas fichas azules es igual la ficha que acabamos de inventar: _____ azules.

Escribamos todas las relaciones de esta nueva ficha con las que ya teníamos

$_ = _ \mathbf{a}$	$\mathbf{a} = _ _$
$_ = _ \mathbf{v}$	$\mathbf{v} = _ _$
$_ = _ \mathbf{r}$	$\mathbf{r} = _ _$
$_ = _ \mathbf{m}$	$\mathbf{m} = _ _$
$_ = _ _$	$_ = _ _$
$_ = _ _$	$_ = _ _$

PARA TERMINAR (si, ésto aunque interesante, se está poniendo cansón porque es muy fácil) inventemos dos últimas cantidades y sus respectivas relaciones, una por una:

Siguiente:

$_ = _ \mathbf{a}$	$\mathbf{a} = _ _$
$_ = _ \mathbf{v}$	$\mathbf{v} = _ _$
$_ = _ \mathbf{r}$	$\mathbf{r} = _ _$
$_ = _ \mathbf{m}$	$\mathbf{m} = _ _$
$_ = _ _$	$_ = _ _$
$_ = _ _$	$_ = _ _$
$_ = _ _$	$_ = _ _$

Última:

___ = ___ a	a = ___ _
___ = ___ v	v = ___ _
___ = ___ r	r = ___ _
___ = ___ m	m = ___ _
___ = ___ _	___ = ___ _
___ = ___ _	___ = ___ _
___ = ___ _	___ = ___ _
___ = ___ _	___ = ___ _

¿Cuántas relaciones tiene cada ficha con las demás? ¿Por qué?
 (Recordemos que estamos hablando de **relaciones**.)

Nombre: _____

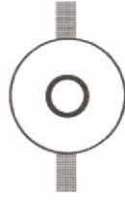
REPRESENTACIÓN GRÁFICA (I)

Quizás cuando estuvimos trabajando en el caso de las tacitas Tsing tuvimos algunas dificultades para representar lo que veíamos a través de las diferentes ventanas. Esas dificultades pueden deberse a que no es fácil imaginar cómo se vería el mismo objeto a medida que nos movemos alrededor de él. Por ello, vamos a considerar una forma especial de hacer dibujos que tiene que ver con el cambio de posición del observador, pero también con hacer dibujos que se necesitan para poder diseñar o construir algo. Esta forma especial de hacer dibujos se denomina **Geometría Descriptiva**.

Comencemos con un viejo chiste:

Pregunta:

¿Qué representa el dibujo siguiente?:



Después de pensar mucho podemos llegar a respuestas como "Un blanco de tiro", "un platillo volador" o "¡No tengo la menor idea!". La verdad es que la respuesta (de quien se inventó el chiste) no es nada fácil: Se trata de un mexicano con su gran sombrero, montando en bicicleta y visto desde arriba....

Examinemos nuevamente el dibujo: Si estuviéramos en un balcón alto mirando directamente hacia abajo a la calle y en ese momento pasara una persona que llevara puesto un gran sombrero, del sombrero veríamos sólo dos círculos: el más grande de las alas y el pequeño de la copa (la parte que ajusta en la cabeza). El rectángulo oscuro representa lo que podemos ver de las llantas de la bicicleta.

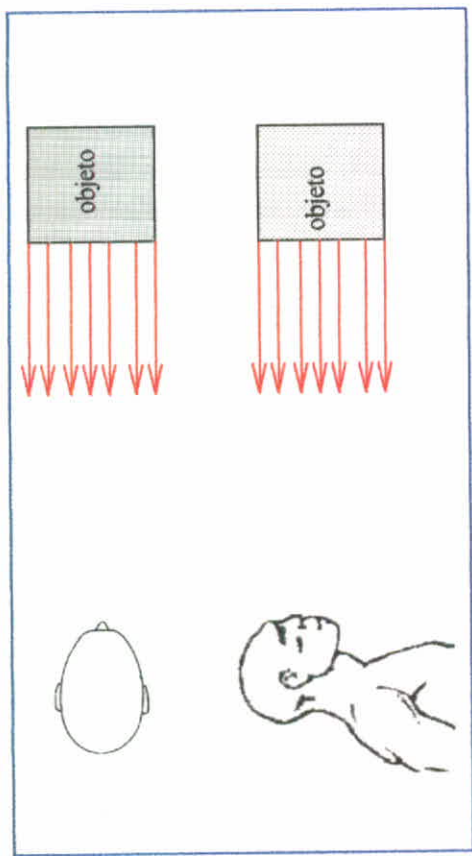
Por supuesto, en la vida real no tendríamos problema en identificar a un ciclista con un gran sombrero que pasara. Pero, recordemos que se trata de cómo representamos para otras personas lo que vemos. Podríamos usar siempre dibujos pictóricos, como los que ya sabemos hacer. Estos pueden decir muchas cosas. Pero cuando se trata , por ejemplo, de decirle a un carpintero las medidas de una mesa que queremos nos haga, no es fácil colocar las medidas en un dibujo, sobre todo si nuestra intención es que el carpintero nos entienda claramente.

Una manera que se ha inventado para hacer representaciones gráficas en la que las medidas de cada lado sean fáciles de colocar, es algo que tiene el impresionante nombre de **Proyección Ortogonal**, que hace parte de la Geometría Descriptiva. No nos dejemos impresionar por el nombre. La proyección ortogonal tiene unos principios sencillos, que vamos a considerar a continuación.

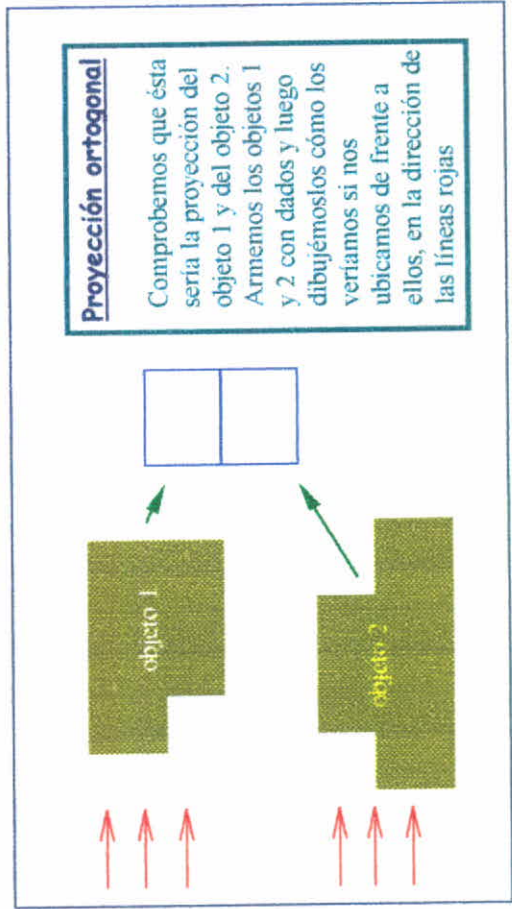
La idea básica de la proyección ortogonal es que los rayos de luz que van de un objeto observado al ojo del observador son paralelos entre sí y entran a 90° al ojo, como se muestra en la figura al lado izquierdo.

(Recordemos que 90° es un ángulo recto. En griego, "recto" se dice "orto". Por eso, esta forma de dibujar se llama proyección ortogonal)

Lo de 90° tiene sus ventajas. Por ejemplo, pueden verse las dimensiones en su verdadera magnitud. Esto es, se dibujan como son en la realidad o a una escala conveniente de como son en la realidad. (¿Sabemos qué es *a escala*? El profesor de matemáticas o de dibujo nos pueden ayudar si no lo sabemos. ¡Tiene que ver con las relaciones de tamaño!)



Volvamos a la proyección. En el caso del ciclista, podemos medir el diámetro de su sombrero o la longitud total de la bicicleta. Pero (como todo, la proyección ortogonal tiene también sus peros) el dibujo que resulta es plano, y muchas otras cosas pueden corresponder al mismo dibujo plano. Esta es la dificultad con el chiste del ciclista. En el gráfico siguiente tenemos dos objetos diferentes que pueden corresponder a la misma proyección ortogonal. (¿Podemos dibujar otros objetos que tengan esta misma proyección?) :

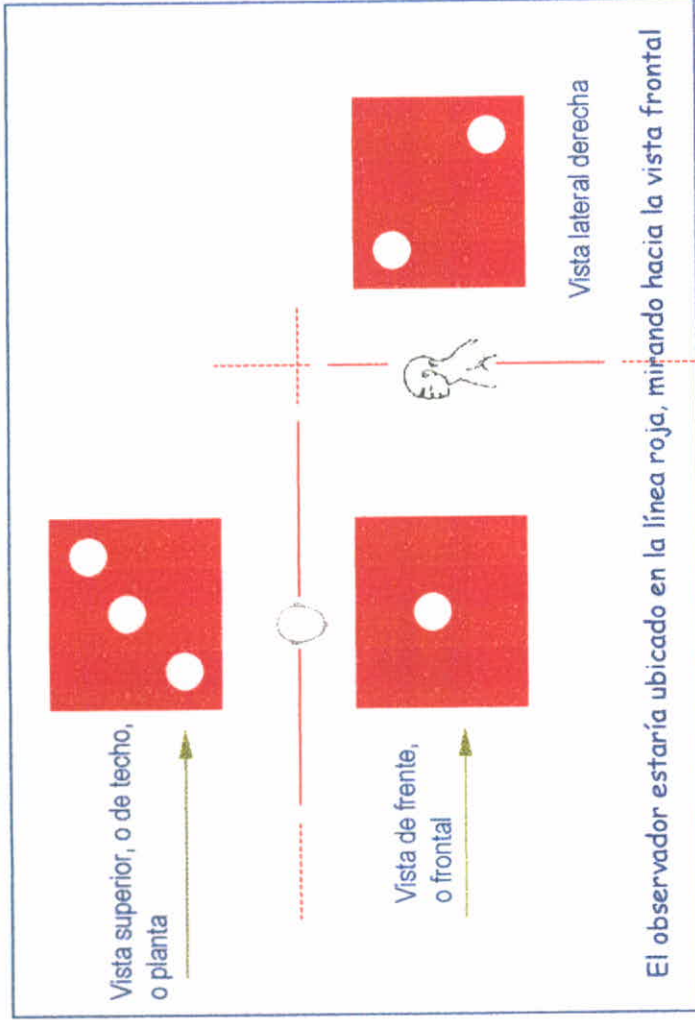


Vistos en la dirección de las líneas rojas, el objeto 1 y el objeto 2 tienen la misma proyección ortogonal. Este es un lío. ¡Un dibujo que puede representar más de una cosa!

La solución es la de presentar el objeto visto desde distintas posiciones. Así, es el **conjunto** de varias proyecciones y no una sola, la manera de evitar esas confusiones.

Cada una de las proyecciones de un objeto se denomina **vista**. Y como puede haber una gran cantidad de vistas de cada objeto, entonces se han definido unas vistas principales.

Para comprender estas vistas con mayor facilidad, observemos un dado común, de esos que se utilizan para jugar. Ubiquémoslo encima de una mesa, con el lado del 1 hacia nosotros. Así, el número 2 quedará a nuestro lado derecho y el número 3 en la parte superior del dado. Las vistas principales de ese dado se muestran en el gráfico siguiente:



Mirando el dado de frente, únicamente veríamos la cara que contiene el número 1. Esta vista se llama Vista de Frente (o Frontal).

Si nos ubicamos directamente encima del dado, veremos únicamente la cara que contiene el número 3. Esta vista se denomina superior, de techo o también “planta”.

Finalmente, si nos movemos hacia el lado derecho, veremos solamente la cara que contiene el número 2. Esta vista, por supuesto, se denomina vista lateral derecha.

Estas son las tres vistas principales y, normalmente, pueden ser suficientes para darnos una representación completa de un objeto más o menos sencillo. A veces, pueden ser necesarias más vistas. Por ejemplo, sabemos que el lado izquierdo tiene un número diferente... Otras veces, varias vistas del objeto pueden ser iguales.

Aunque hay otros aspectos de la proyección ortogonal, lo que hemos visto es lo esencial. De lo que más requiere el aprendizaje de la proyección ortogonal es de **práctica**. A continuación proponemos tres ejercicios para representar 3 objetos en proyección ortogonal, pero uno puede hacer muchos otros, casi como un juego (como el de inventarse chistes como el del ciclista.)

Para hacer estos ejercicios, empleemos hojas cuadriculadas, y utilicemos la cuadrícula como guía para hacer los trazos, sin emplear regla o escuadra, es decir, a mano alzada.

Dibujemos las vistas principales de:

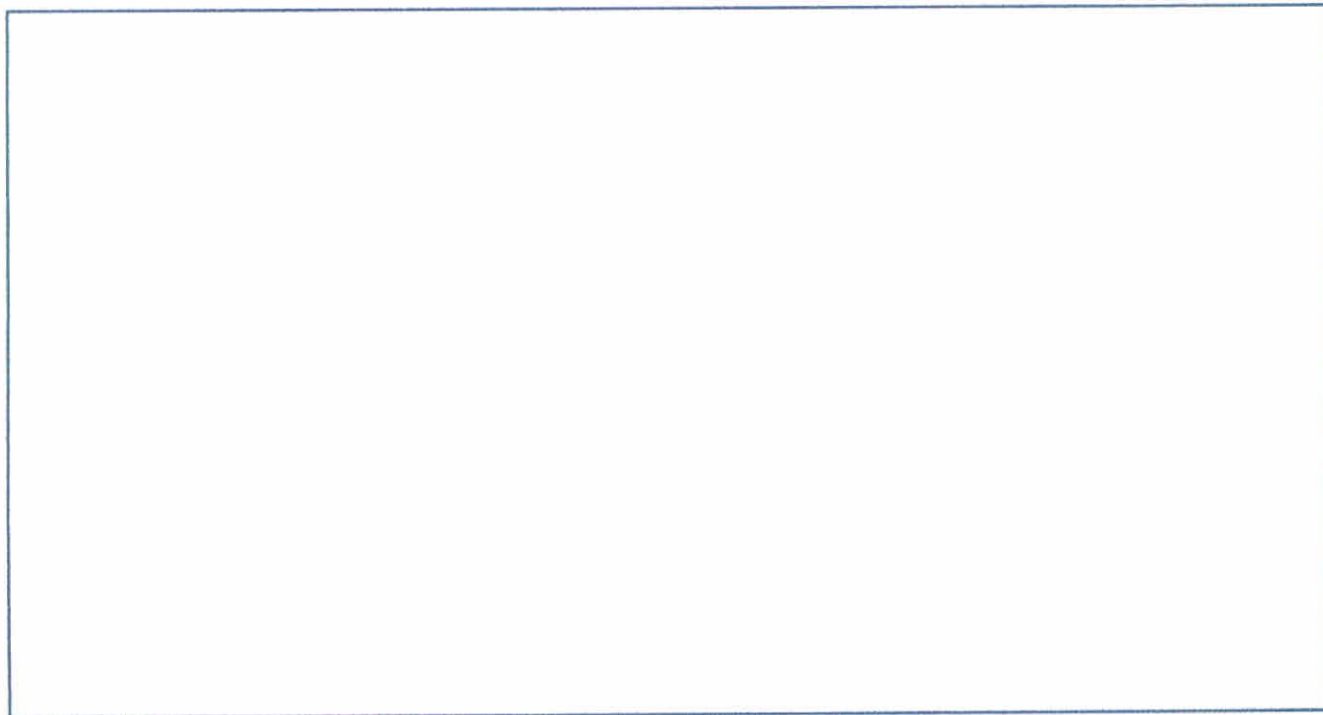
- ☞ Una caja de cartón, de esas que traen la pasta de dientes o una parecida.
- ☞ Un vaso de vidrio, de esos en que tomamos el jugo.
- ☞ Una herramienta que tengamos en casa (un martillo, un destornillador o un serrucho)

Nombre : _____

MECANISMO POLEA - CORREA

GUÍA PARA ESTUDIANTES

Dibujemos el mecanismo observado:



En el dibujo indiquemos la denominación de cada una de las partes del mecanismo, con el número correspondiente:

- | | |
|------------------------|--------------|
| 1.- Polea | 2.- Eje |
| 3.- Correa | 4.- Manivela |
| 5.- Columna de soporte | 6.- Buje |
| 7.- Base | 8.- Gancho |

Indiquemos en el dibujo cómo se transmite el movimiento en todo el mecanismo desde que movemos la manivela con la mano.

La parte o partes del mecanismo en donde se inicia el movimiento se llama **MOTOR**; entonces, ¿cuál es el motor de este mecanismo?

Tenemos aquí un mecanismo sencillo que se utiliza para *transmitir movimiento*: Si damos vueltas a una de las poleas mediante la manivela, la otra se moverá porque :

La polea que recibe nuestra fuerza se llama **polea motriz**. La otra, **polea movida**.

Primer Experimento

Ahora organicemos los siguientes pares de poleas:

1a situación:

Polea motriz de 10 cms. diámetro \longrightarrow mueve a polea de 2 cms. diámetro

Anotemos lo observado:

Mientras la polea motriz gira una vuelta, la polea movida gira _____ vueltas.

2a situación:

Polea motriz de 6 cms. diámetro \longrightarrow mueve a polea de 3 cms diámetro

Anotemos lo observado:

Mientras la polea motriz gira una vuelta, la polea movida gira _____ vueltas.

3a situación:

Polea motriz de 8 cms. diámetro \longrightarrow mueve a polea de 4 cms diámetro

Anotemos lo observado:

Mientras la polea motriz gira una vuelta, la polea movida gira _____ vueltas.

¿Nos recuerda ésto el trabajo con las fichas de las Relaciones de Tamaño?

Pensemos: Para cada una de las situaciones anteriores, si representamos el tamaño de la polea por su diámetro, ¿cuántas veces cabe la polea pequeña en la grande?. Escribámoslo en la tabla abajo. Después, en la misma tabla escribamos el número de vueltas que la polea pequeña gira por cada vuelta de la polea grande

	Veces que la polea pequeña cabe en la grande	Vueltas de la polea movida por cada vuelta de la polea motriz
1a situación		
2a situación		
3a situación		

¿Qué podemos concluir de las situaciones anteriores?

Segundo Experimento

Invirtamos ahora las situaciones anteriores y anotemos lo observado.

(¡Atención!: Este es un ejercicio parecido al que hicimos con las fichas de las relaciones de tamaño)

1a situación:

Polea motriz de 2 cms. diámetro \longrightarrow mueve a polea de 10 cms diámetro

Recordemos la 1a situación de la página anterior. Pensemos ¿cuántas vueltas debe dar la polea motriz para que la polea movida de una vuelta? Y como estamos en la **situación inversa**, entonces ...

Anotemos lo observado:

Mientras la polea motriz gira una vuelta, la polea movida gira _____ vueltas.

2a situación:

Polea motriz de 3 cms. diámetro \longrightarrow mueve a polea de 6 cms diámetro

Anotemos lo observado:

Mientras la polea motriz gira una vuelta, la polea movida gira _____ vueltas.

3a situación:

Polea motriz de 4 cms. diámetro \longrightarrow mueve a polea de 8 cms diámetro

Anotemos lo observado:

Mientras la polea motriz gira una vuelta, la polea movida gira _____ vueltas.

Ahora, completemos la siguiente tabla, similar a la de la página anterior. Pero, en este caso, hay que prestar atención a la relación de tamaño entre la polea pequeña y la grande

	Relación de tamaño : La polea pequeña es a la grande	Vueltas de la polea movida por cada vuelta de la polea motriz
1a situación		
2a situación		
3a situación		

¿Qué podemos concluir de las situaciones anteriores?

Para reflexionar sobre los experimentos 1 y 2

El mecanismo polea - correa sirve para transmitir un movimiento circular, variando la velocidad de las poleas. Puesto que la polea más grande se mueve menos rápido (da menos vueltas), decimos que existe una relación inversa entre el tamaño (medido por el diámetro) y la velocidad (medida por el número de vueltas) de las poleas.

Otra manera de decir lo mismo es mediante una representación matemática, como la siguiente :

$$\frac{\text{Diámetro de la polea motriz}}{\text{Diámetro de la polea movida}} = \frac{\text{Número de vueltas de la polea movida}}{\text{Número de vueltas de la polea motriz}}$$

Si llamamos D a los diámetros y N al número de vueltas, y la polea motriz es 1 y la polea movida es 2, entonces esa representación la podemos escribir así:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Observemos entonces que el número de vueltas N de cada polea está al contrario o invertido con relación al diámetro D de cada polea. Por eso se dice que están en **relación inversa**.

Ahora, si efectuamos la operación que indican las flechas,

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

tendremos la siguiente representación, que equivale a la anterior :

$$(D_1 \times N_1) = (D_2 \times N_2)$$

Esta representación matemática, en cualquiera de las dos formas anteriores u otras que puede tener, nos será útil para calcular, por ejemplo, el diámetro de una polea cuando conozcamos el otro diámetro y el número de vueltas que cada polea debe girar. O el número de vueltas que gira una polea cuando conocemos los diámetros y la velocidad de giro de la otra. O varias otras situaciones con que pueden encontrarse los diseñadores de máquinas.

Aquí debemos anotar algo importante. Dijimos que la velocidad con que gira una polea está medida por el número de vueltas. Esto es verdad a medias. La otra mitad es que, como toda velocidad, la velocidad de giro de las poleas debe medirse en un espacio recorrido en un determinado tiempo.

La medida más común de la velocidad de giro son las vueltas o revoluciones por cada minuto, que se escribe **RPM**. Así, si encontramos que algo tiene 1000 RPM, quiere decir que ese algo está dando 1000 vueltas por cada minuto que pasa.

Tercer Experimento

Vamos a montar otra vez cada una de las situaciones de los experimentos 1 y 2. Ahora, una vez montadas las poleas, definamos una de las dos como polea motriz. En el gancho de la **polea movida** agreguemos un peso. El peso debe subir cuando se dé vueltas a la polea motriz. Invirtamos la situación y elevemos nuevamente el **mismo** peso.

¿En qué caso es más fácil subir el peso? :

	Cuando la polea motriz es de	Y polea movida de
1a situación (poleas de 10 y 2 cms)		
2a situación (poleas de 3 y 6 cms)		
3a situación (poleas de 8 y 4 cms)		

Entonces, es más fácil subir un peso cuando la polea movida es más _____
que la polea motriz

Recordemos los dos primeros experimentos, en los que examinamos el número de vueltas en relación con los diámetros. En esos casos, la polea movida se mueve más rápido cuando es más _____
que la polea motriz.

Por lo tanto :

El mecanismo polea - correa también sirve para disminuir la fuerza que debemos hacer cuando elevamos un peso, sólo que entonces perdemos velocidad. Dicho de otra forma, para aumentar la fuerza debemos perder velocidad.

(Esto también ocurre en la caja de cambios de un vehículo)

Ahora, ¿cómo calcular la relación entre la fuerza **f** que debemos hacer y el peso **P** que debemos levantar? Luego de muchos experimentos se ha encontrado que la fuerza que debemos hacer para levantar un peso se modifica en la misma proporción que la relación entre los diámetros de las poleas.

Podríamos hacer el experimento si tuviéramos un dinamómetro para medir la fuerza que debemos hacer (**f**) y unas pesas cuya medida sea conocida, en gramos o kilogramos (**P**). Así, intentaríamos llenar una tabla parecida a la de los experimentos 1 ó 2, pero las columnas se llamarían una **f** y la otra **P**. Hay que tener cuidado con cuál es la polea motriz

En representación matemática:

$$\frac{\text{fuerza que debemos hacer}}{\text{Peso que debemos levantar}} = \frac{\text{Diámetro de la polea motriz}}{\text{Diámetro de la polea movida}}$$

Observemos que aquí, la fuerza la hacemos sobre la polea motriz y el peso lo colocamos en el gancho de la polea movida. Así es fácil recordar esta representación matemática, que también podemos escribir :

$$\frac{f}{P} = \frac{D_1}{D_2}$$

o sea,

$$f = P \times (D_1 / D_2)$$

Calculemos fuerzas y pesos

La representación matemática anterior es útil cuando necesitamos calcular la fuerza que debemos hacer para levantar un peso determinado y conocemos los diámetros de las poleas. Pero también sirve para calcular la relación de poleas que necesitaríamos para subir un peso conociendo nuestra fuerza. Trabajemos algunos ejemplos :

Pregunta: ¿Cuanta fuerza debemos hacer para levantar un peso de 100 gramos con las poleas de la 3a situación ?

Como nos preguntan por la fuerza, podemos utilizar la representación matemática en la última de las formas :

$$f = P \times (D_1 / D_2)$$

Conocemos cuanto vale **P**. Nos resta calcular la relación (D_1 / D_2) . La pregunta nos dice que son las poleas de la 3a situación, o sea las poleas de 4 y 8 cms de diámetro. Pero, ¿cuál de las dos debe ser la motriz (1) ?.

La polea motriz debe ser la de ____ cms de diámetro. Entonces, la relación $(D_1 / D_2) =$ _____

Ahora, multiplicamos esa relación por el valor de **P** y hallamos la fuerza que debemos hacer :

$$f = \text{_____ gramos.}$$

¡El mecanismo polea - correa permite que apliquemos una fuerza menor que el peso que debemos levantar !

Supongamos que debemos levantar un peso de 20 kgs (40 libras) pero la máxima fuerza que podemos hacer es de 5 kgs. **Pregunta:** ¿Cuál será la relación de poleas que me permita levantar ese peso ?

Ya sabemos que la representación matemática la podemos variar con unas reglas sencillas. Una cantidad que esté arriba en un lado del signo =, puede pasar al otro lado del signo pero abajo. Eso podemos hacer con **P** en la forma de la representación que utilizamos para la pregunta anterior. Así tendremos :

$$f = P \times (D_1 / D_2) \longrightarrow (f/P) = (D_1 / D_2)$$

Entonces, la relación entre los diámetros de las poleas es igual a la relación entre fuerza y peso, es decir,

$$(D_1 / D_2) = (f/P) = \text{_____}$$

Luego tendríamos que buscar un par de poleas que tengan esa relación de diámetros. ¿Tenemos en el módulo unas poleas que estén en esa relación ? ¿Cuáles serían ? Escribamos los diámetros, si las hay :

$$D_1 = \text{_____ cms.} \quad D_2 = \text{_____ cms.}$$

¡Cuidado. Antes de intentar levantar ese peso con este módulo, debemos ver si los soportes y ejes aguantarían ese peso !

Pregunta: ¿Cuál será el peso máximo que podríamos levantar utilizando dos poleas, entre las que tenemos en este módulo, si la fuerza máxima que somos capaces de aplicar es de 5 Kgs.?

Nos preguntan por el peso **máximo**. Es de entender que la capacidad para levantar el máximo peso depende de dos factores :

- la mayor relación entre los diámetros de las poleas que tenemos ; y.
- la fuerza que podemos aplicar.

Pero, como la fuerza que podemos aplicar ya está fijada (5 Kgs.), debemos encontrar esa mayor relación. Ella ocurre entre la polea más grande y la más pequeña que tenemos en el módulo.

Diámetro de la polea **más grande**: _____ cms.; Diámetro de la polea **más pequeña**: _____ cms

Relación entre estas dos poleas: _____

¿Cuál de las dos debe ser la polea motriz ? $D_1 =$ _____ cms

Ahora podemos calcular el peso máximo que podríamos levantar. Debemos variar la forma de la representación matemática para que **P** nos quede solo y arriba a un lado del signo =. Eso no es difícil. En la forma que utilizamos para la pregunta anterior, si invertimos (f/P) para que nos quede (P/f) , debemos invertir el otro lado, o sea (D_1 / D_2) que nos quedará (D_2 / D_1) . Entonces, el peso máximo que podemos levantar es

$$P = f \times (D_2 / D_1) \longrightarrow P = \text{_____ Kgs.}$$

Miremos el mecanismo como un SISTEMA

Resumiendo, el mecanismo polea - correa sirve para:

- a) **aumentar o disminuir la velocidad de un objeto a partir de la velocidad de un eje.**
- b) **disminuir el esfuerzo que hay que realizar cuando se trata de elevar o transportar algún peso.**

Pero, como vimos, debe añadirse un gancho a la polea si queremos elevar o transportar algo por medio de este mecanismo.

En este caso, el gancho agregado al mecanismo se denomina

HERRAMIENTA DE TRABAJO.

Al agregar la herramienta de trabajo al mecanismo hemos completado una **máquina**, ya que en general las máquinas constan de tres partes principales, que son:



Además, el motor requiere de una **FUENTE DE ENERGÍA** para iniciar el movimiento.

En la máquina que estamos estudiando, ¿podríamos indicar cuál es:

- La FUENTE DE ENERGÍA? : _____
- El MOTOR? _____
- Las partes del MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO?

- La HERRAMIENTA DE TRABAJO?

Nombre: _____

UN MOLINO PARA EL MONASTERIO

Nuestro amigo el molinero ha comenzado a tener otra vez problemas con su molino, pues cuando trata de moler granos algo duros, las correas del mecanismo de poleas comienzan a patinar. Ésto le ha sucedido por desconocer que un mecanismo más **eficiente** para los molinos es el engranaje de ruedas dentadas, algo que se sabía ya desde la época antigua.

Recordemos los ejemplos de molinos que hay en la lectura del Cuaderno de Guías del Parque de Diversiones. Allí se presentan diversos tipos de ruedas hidráulicas y molinos que se usaban en la antigüedad. Sin embargo, sólo hasta la Edad Media comenzaron a construirse grandes cantidades de molinos con engranajes y cambio de plano del eje de rotación, movidos por corrientes de agua.

Los sitios en donde más se construían estos molinos eran los monasterios benedictinos. Y ¿por qué en los monasterios? Las normas de San Benito establecían que los monjes además de la oración, el estudio y la meditación debían dedicarse al trabajo.

El trabajo de los monjes era arduo, pues los monasterios benedictinos tenían que ser autosuficientes, o sea, que debían producir todo lo que necesitaban sus enclaustrados habitantes: los muebles, la ropa, los utensilios y, por supuesto, los alimentos. Ésta era la única forma de que los monjes no tuvieran contacto con el mundo exterior.

En uno de estos grandes, aislados y silenciosos monasterios se sucede una historia que nos involucrará en un problema. Esta historia es la siguiente :

El abad, director del monasterio, ha encargado a los hermanos Lucas y Polonio el diseño de un engranaje para otro molino de trigo, pues con el ingreso de nuevos monjes al monasterio se ha incrementado el consumo de pan. El molino será movido por la rueda hidráulica construída ya antes por los monjes la cual es, a su vez, movida por la corriente de un río que bordea el monasterio.

La situación que se les presenta a los hermanos Lucas y Polonio es la siguiente:

La rueda hidráulica hace mover un eje horizontal que pasa por la pared lateral de un cuarto. El agujero ha sido perforado a 1,50 mts. del piso. El cuarto tiene una altura total de 2,50 mts. Encima de este cuarto hay otro en el que se ha abierto un agujero cuadrado en el piso (techo del cuarto de abajo) para que pase un eje vertical que moverá la piedra móvil de moler.

Las dos piedras de moler, la fija y la móvil, se instalarán en el piso de arriba. El engranaje que impulsará la piedra móvil deberá situarse en el cuarto de abajo.

En la página en blanco que acompaña esta guía y que tenemos que devolver al profesor, hagamos una gráfica de la situación anterior. En este dibujo indiquemos cuál será la fuente de energía, el motor, el mecanismo de transmisión de movimiento y la herramienta de trabajo.

Así las cosas, lo primero que deben hacer los hermanos Lucas y Polonio es determinar el diámetro de la rueda motriz del engranaje, o sea, la rueda en posición vertical, movida por un eje horizontal que a su vez está movido por la rueda hidráulica.

"¡ Eso es fácil !" dice inmediatamente el hermano Polonio. "El diámetro de la rueda motriz debe ser igual al alto del cuarto". ¿Tendrán ya el diámetro los devotos hermanos ?

Si estamos de acuerdo con el hermano Polonio, entonces,
el diámetro de la rueda motriz debe ser: _____ metros.

Algunos de ustedes habrán caído en el error con el hermano Polonio, por apresurados e irreflexivos.

El hermano Lucas recrimina : " Es necesario ser reflexivos para darse cuenta que el diámetro de la rueda motriz debe ser menor que la altura del cuarto. Hay por lo menos, dos razones para ello : Primera, si el diámetro fuera igual a la altura del cuarto, la rueda podría rozar con el techo y el piso, y la fricción la haría perder fuerza. Segunda, además sería muy difícil introducirla o armarla dentro del cuarto. Pero, por otra parte, no debe ser muy pequeña pues no aprovecharía toda la fuerza que genera la rueda hidráulica. Propongo, entonces, que la rueda motriz debe estar entre 1,50 y 1,80 metros de diámetro".

" Já ", dice enojado el hermano Polonio, "con esos diámetros la rueda motriz no podría girar. ¿ No ves que el eje está a 1,50 metros del piso".

El apresurado e irreflexivo hermano Polonio ha vuelto a caer en el error. En el dibujo que hicimos, indiquemos por qué está equivocado.

Finalmente, los monjes se ponen de acuerdo en que el diámetro de la rueda motriz sea de 1,60 metros. Para la rueda movida escogen un diámetro de 0,80 metros. Si esta última fuera más grande, trabajar con ella dentro del cuarto sería muy incómodo y peligroso. Más pequeña, se perdería fuerza de la rueda motriz.

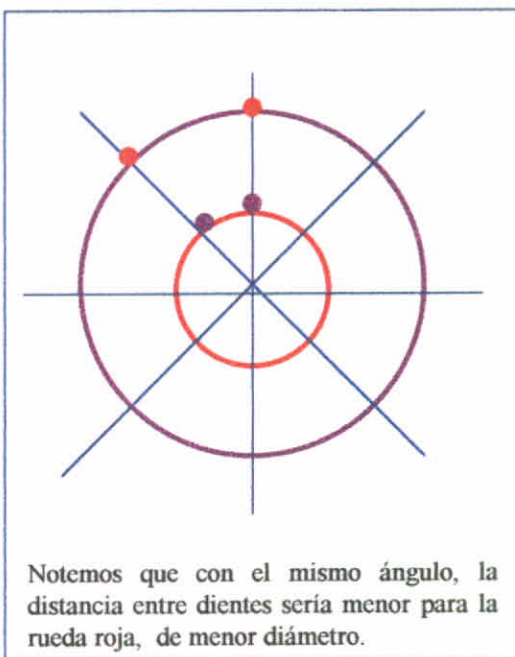
"Ahora nos queda saber cuántos dientes debe tener cada una de las ruedas para que engranen bien", dice el hermano Lucas, "pues como puedes haberte dado cuenta, hermano Polonio, a veces se traban".

"Entonces, habrá que hacer muchas ruedas con dientes y ensayar cuáles engranan bien", dice pensativo el hermano Polonio.

"¿Si? ¿Cuántas tendremos que hacer ?¿Te imaginas lo que pensaría el abad, con tanto desperdicio y pérdida de tiempo ?" replica el hermano Lucas, quien añade "Las matemáticas sirven para evitar tales desperdicios y pérdida de tiempo, o por lo menos para reducirlos".

Pensando en los 360° de la circunferencia y el tamaño de la rueda motriz, el hermano Lucas hace un dibujo como el que se muestra al lado derecho, y explica: "Para proponer un número de dientes de la rueda motriz, tendremos que tener en cuenta dos cosas: 1° .- Si son muy pocos en una rueda tan grande, cada diente tendría que hacer mucha fuerza y podría romperse más fácilmente, por que las ruedas tenderían a perder velocidad entre diente y diente.

2° .- Si son muchos, pueden llegar a trabarse. Lo mejor es un número que nos de una división razonable de la circunferencia para el tamaño de la rueda, por ejemplo, entre 20 y 50 dientes".



Propongamos, entonces, un número de dientes para la rueda motriz, de acuerdo con lo sugerido por el hermano Lucas: N° dientes de la rueda motriz = _____.

Ahora, con este valor podemos calcular el número de dientes de la rueda movida, usando la fórmula de la condición de engranaje. (¿La recordamos de las guías? las dos ruedas deben tener el mismo paso)

Diámetro rueda motriz =	metros	Diámetro rueda movida =	metros
N° dientes rueda motriz =		N° dientes rueda movida =	

¿Qué pasa si el número que resulta del cálculo no es entero? No podemos tener una fracción de diente, ¡todos los dientes deben estar completos! Podemos hacer una de dos cosas:

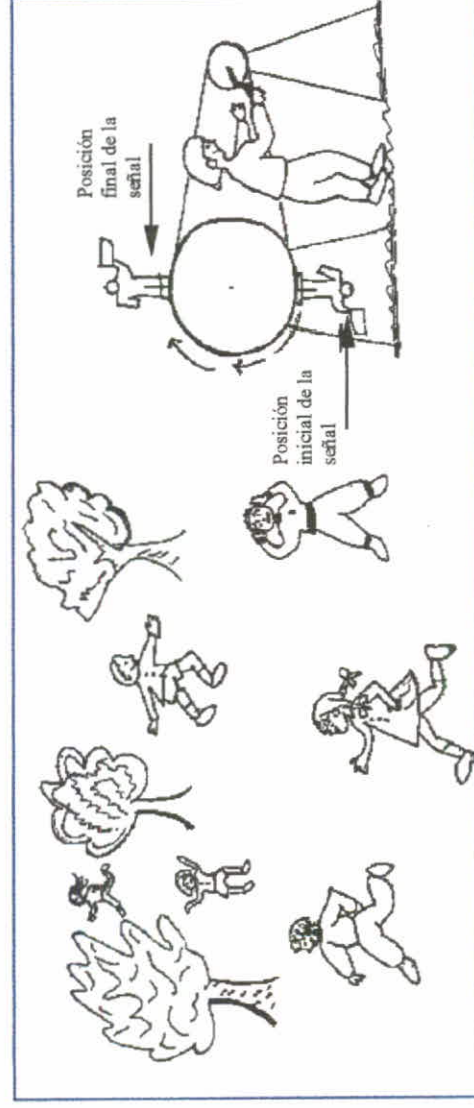
1.- Aproximar el valor al entero más cercano (por ejemplo, si es 4,7 se aproxima a 5. Pero si es 4,2 se aproxima a 4). O, 2.- Podemos variar el N° de dientes de la rueda motriz y volver a hacer el cálculo. Este segundo procedimiento sería aconsejable sólo cuando tenemos valores como 4,5.

Nombre: _____

Aquí escribamos con palabras cuál era el error del hermano Polonio. Señalemos en el dibujo, con un color diferente, en qué consiste :

Máquinas para medir el tiempo

¿Recordamos el problema del Contador para el Juego de las Escondidas ? Es una manera de medir el tiempo contando. La polea motriz da un número de vueltas mientras la polea movida, en la cual se encuentra un muñeco con una banderola, gira media vuelta. La cuenta de vueltas de la polea motriz mide el tiempo que se concede a los jugadores para que se escondan. Además, tenemos unas señales : Banderola abajo, empieza el conteo. Banderola arriba, termina el tiempo de conteo.



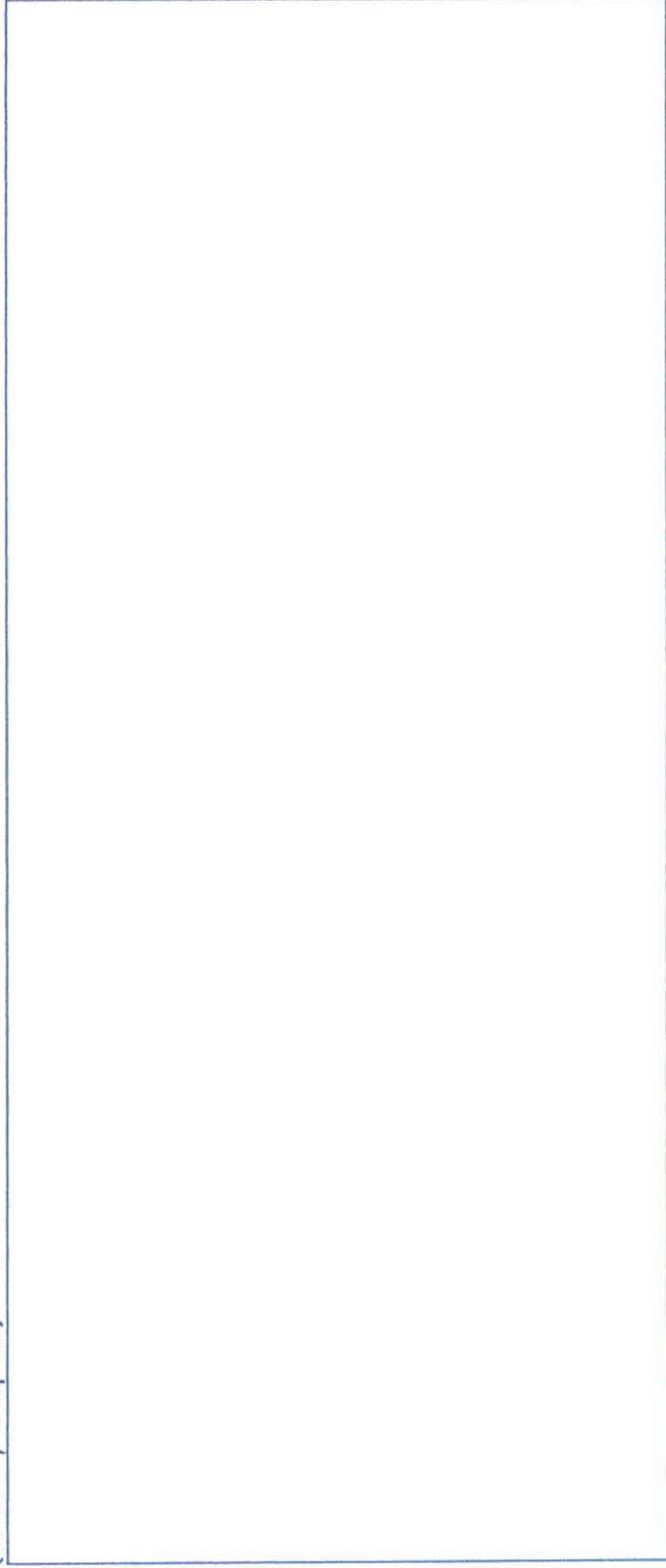
Es un buen aparato, pero tiene dos problemas :

- Muchos de quienes se esconden, no pueden ver la banderola. Lo mejor sería una señal sonora, como el tañido de una campana.
- La polea motriz debe ser muy pequeña en comparación con la movida. Entonces, el ángulo en que la correa abraza esta polea es pequeño y la correa tiende a resbalar, por lo que la medida del tiempo no es muy precisa.

Vamos ahora a trabajar un rediseño de este contador para intentar resolver estos dos problemas.

Podemos ubicar un plato móvil horizontal, sobre el cual gira un muñeco con un martillo. En una determinada posición, el martillo golpea una campana que está fija a un soporte que no gira con el plato. Bien, el golpe de la campana puede ser nuestra señal. Pero, tengamos presente que el conteo debe comenzar cuando el muñeco toca la campana y termina cuando el muñeco golpea una segunda vez la campana. ¿Por qué?

Además, podemos pensar en que la polea motriz mueva una polea movida de similar tamaño. Esta polea movida hará girar una rueda dentada que moverá otra rueda dentada que finalmente girará el muñeco. Es decir, para el contador tendremos tres ejes, como en el caso del molinero. Sólo que aquí hay cambio de plano de rotación. Hagamos un dibujo de cómo pensamos que sería este nuevo contador. Dibujemos sólo los mecanismos y la herramienta de trabajo (muñeco y campana):



Ahora debemos dar dimensiones a cada una de las partes de estos mecanismos. Comencemos por una relación importante. Una condición para que el contador funcione como lo queremos es :

El muñeco debe girar una sola vuelta cuando la polea motriz haya girado un número suficiente de vueltas para que los jugadores tengan tiempo de esconderse.

Esta condición quiere decir que si , por ejemplo, proponemos que tenemos que dar 20 vueltas a la polea motriz, podemos escribir una tabla como la que sigue :

EJE POLEA MOTRIZ No vueltas = 20	EJE POLEA MOVIDA - RUEDA DENTADA MOTRIZ No vueltas = ?	EJE RUEDA DENTADA MOVIDA Y MUÑECO CON MARTILLO No de vueltas = 1
-------------------------------------	---	--

El número de vueltas de cada eje depende de :

Y ya sabemos como podemos calcular esos diámetros. Podemos, por ejemplo, proponer el diámetro para alguna de las polea o las rueda dentadas. Luego calcular cuál debe ser el diámetro de la rueda o polea correspondiente. Esto parece complicado pero en realidad no lo es. Veamos como se hace paso por paso. Empezaremos desde atrás, esto es de la rueda dentada que hace girar el muñeco. Esta es la rueda dentada movida.

Primer Paso :

Propongamos un diámetro para la rueda dentada movida : centímetros.

Segundo Paso :

Sabemos que este eje debe moverse sólo una vuelta. Como hay una proporción de 20 a 1 (20 vueltas de la polea motriz por cada una de la rueda dentada movida) y tenemos tres ejes, es decir, dos cambios de relación, podemos proponer que este primer cambio sea de 4 a 1. Esto es, por cada vuelta de la rueda movida, este eje girará cuatro vueltas.

Con esta relación, calculemos el diámetro de la rueda dentada motriz : centímetros

Tercer Paso :

Nos falta un cambio de relación 5 a 1. ¿Por qué ?

(Pensemos en cuánto es $5 \times 4 =$ _____)

. Ahora ¿entendemos por qué ?)

Esto quiere decir que por cada vuelta del eje que tiene la rueda dentada motriz y la polea movida, la polea motriz debe girar 5 vueltas.

Propongamos un diámetro para la polea motriz :

centímetros

Cuarto Paso :

Ahora calculemos el diámetro de la polea movida :

centímetros

Miremos qué tan grandes son los diámetros que hemos definido, utilizando una regla graduada en centímetros. Si encontramos que estos diámetros no son muy grandes ni muy pequeños, que las poleas o ruedas se podrían construir sin mucho problema, hemos terminado. Si encontramos que hay un diámetro muy pequeño, por ejemplo una polea de 0,5 centímetros, o muy grande, por ejemplo una rueda de 110 centímetros, debemos empezar desde el primer paso.

Escribamos a continuación los diámetros que hemos definido para el nuevo contador :

POLEA MOTRIZ :

centímetros

RUEDA MOTRIZ :

centímetros

POLEA MOVIDA :

centímetros

RUEDA MOVIDA :

centímetros

Nos falta calcular el número de dientes de cada rueda dentada, pero eso es fácil, como lo vimos en el caso del Molino para el Monasterio. Entonces,

NÚMERO DE DIENTES DE LA RUEDA MOTRIZ : _____

NÚMERO DE DIENTES DE LA RUEDA MOVIDA : _____

ANEXO No 2

**Tabulación de datos del
Trabajo de los Estudiantes**

XOG	Edad	VISTA		TRASERA		VENTANA		CENTRO
		Posicion relativa	Dos vents.			Perspect		
G2	A							
M1	12	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	4.00
F1	13	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
F2	15	1.00	1.00	1.00	2.00			3.00
F3	13	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	1.00
F4	13	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	4.00
M2	14		0.00		0.00			0.00
M3	15	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
F5	13	1.00	1.00	1.00	2.00			3.00
M4	12	1.00	1.00	1.00	2.00		1.00	4.00
F6	13	0.00	0.00	0.00	0.00			1.00
F7	13	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
M5	14	1.00	1.00	1.00	2.00			3.00
M6	14	1.00	1.00	1.00	2.00			0.00
F8	14	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	4.00
M7	12	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	4.00
M8	13		0.00		0.00			0.00
F9	13	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	4.00
M9	14	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	4.00
F10	13	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
F11	13	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	1.00
M10	15		0.00		0.00			0.00
F12	14	0.00	0.00	0.00	0.00			3.00
M11	12	1.00	1.00	1.00	2.00			3.00
F13	13	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
F14	12	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
	13.28		0.00					
G2	N							
F15	14	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	1.00
F16	14	1.00	1.00	1.00	2.00		1.00	1.00
F17	13	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
M12	13	1.00	1.00	1.00	2.00		1.00	1.00
M13	15	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
F18	15	1.00	1.00	1.00	2.00		1.00	1.00
M14	15	1.00	1.00	1.00	2.00			3.00
M15	14	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
M16	15	0.00	0.00	1.00	1.00			3.00
F19	15	1.00	1.00	1.00	2.00		1.00	3.00
F20	15	0.00	0.00	0.00	0.00			1.00
F21	15	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	1.00
M17	15	1.00	1.00	1.00	2.00			3.00
M18	13		0.00		0.00			0.00
	14.36							
	13.67							

No	Relaciones directas			Concreto?	Pts.	Z_{DIT}	Relaciones indirectas			e^x	Suma	Z_{DIT}	Sumas	SUMTOT
	m	a	e				Suma	Si	?					
F1	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	7.00	7.00	
F2	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.64	0.00	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	4.00	4.00	
M1	1.00	0.00	1.00	2.00	0.47	2.00	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	10.00	10.00	
M2	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	11.00	11.00	
F3	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	11.00	9.50	
F4	1.00	1.00	0.00	2.00	0.47	2.00	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	6.00	6.00	
F5	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	11.00	11.00	
F6	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	1.00	1.00	1.00	6.00	0.53	9.00	9.00	
F7	1.00	0.00	1.00	2.00	0.47	2.00	1.00	1.00	1.00	6.00	0.53	8.00	8.00	
F8	1.00	1.00	0.00	2.00	-0.58	1.00	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	10.00	9.00	
F9	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	7.00	7.00	
M3	0.00	0.00	1.00	1.00	-0.68	0.50	0.00	0.00	1.00	2.00	-0.57	3.00	2.50	
M4	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	7.00	5.50	
M5	1.00	1.00	0.00	2.00	0.47	2.00	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	6.00	6.00	
M6	1.00	0.00	0.00	1.00	-1.11	0.50	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	5.00	4.50	
F10	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	5.00	5.00	
M7	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	11.00	9.50	
M8	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	11.00	11.00	
F11	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	5.00	3.50	
F12	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	5.00	3.50	
M9	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	11.00	9.50	
M10	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	5.00	3.50	
F13	1.00	0.00	1.00	2.00	-0.58	1.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	4.00	3.00	
F14	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.64	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	2.00	2.00	
F15	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.58	1.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	3.00	3.00	
F16	1.00	1.00	0.00	2.00	-0.58	1.00	1.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	6.00	5.00	
F17	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.58	1.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	3.00	3.00	
F18	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	0.00	0.00	1.00	5.00	-1.09	5.00	4.00	
M11	1.00	1.00	0.00	2.00	0.47	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	4.00	4.00	
M12	1.00	1.00	0.00	2.00	-0.58	1.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	4.00	3.00	
M13	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.64	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	2.00	2.00	
F19	1.00	0.00	0.00	1.00	-1.11	0.50	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	9.00	8.50	
F20	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.64	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	2.00	2.00	
F21	1.00	0.00	0.00	1.00	-1.11	0.50	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	5.00	4.50	
M14	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	6.00	0.53	9.00	7.50	
M15	1.00	0.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	7.00	5.50	
F22	1.00	0.00	1.00	3.00	-1.11	0.50	0.00	0.00	1.00	6.00	0.53	5.00	4.50	
F23	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	6.00	0.53	9.00	7.50	
F24	1.00	0.00	0.00	1.00	-1.11	0.50	0.00	0.00	1.00	2.00	-1.09	3.00	2.50	
M16	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	6.00	0.53	9.00	7.50	
M17	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	11.00	11.00	
M18	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	0.00	0.00	1.00	6.00	0.53	9.00	7.50	
F25	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.58	1.00	0.00	0.00	1.00	4.00	-0.28	5.00	5.00	
M19	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.58	1.00	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	9.00	9.00	
F26	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.58	1.00	0.00	0.00	1.00	8.00	1.34	9.00	9.00	
F27	1.00	1.00	1.00	3.00	-0.05	1.50	1.00	1.00	1.00	6.00	0.53	9.00	7.50	
F28	1.00	1.00	1.00	3.00	1.53	3.00	1.00	1.00	1.00	8.00	1.34	11.00	11.00	

M29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.53	3.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.90	3.00	3.00
F29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.05	1.50	-0.05	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	9.00	7.50
								1.55			Prom						4.69	6.82	6.24
								0.95			Desv						2.47	2.94	2.86
M1	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.68	1.00	1.68	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	1.00
F1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.51	3.00	-1.51	-1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	5.00
F2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.45	0.00	-0.45	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	2.00
F3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.62	1.00	0.62	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	3.00
F4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.68	2.00	1.68	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.71	1.74	4.00
M2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.62	3.00	0.62	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	-1.09	7.00
M3	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.45	2.00	-0.45	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	-1.09	2.00
F5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.62	1.00	0.62	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	2.00
M4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.51	2.00	-1.51	-1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	-1.09	4.00
F6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.45	0.00	-0.45	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00
F7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.62	1.00	0.62	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	4.00
M5	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.08	2.00	0.08	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	4.00
M6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.45	1.50	-0.45	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	5.00
F8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.08	1.00	0.08	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	4.00
M7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.11	1.50	1.11	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.95	3.16	5.00
M8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.45	3.00	-0.45	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	-1.09	9.00
F9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.45	1.00	-0.45	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	2.00
M9	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.45	1.00	-0.45	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	-1.09	4.00
F10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.68	1.00	1.68	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	2.00
F11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.45	3.00	-0.45	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	-1.09	5.00
M10	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.51	1.00	-1.51	-1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	-1.09	2.00
F12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.51	0.00	-1.51	-1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	-1.09	0.00
M11							0.62	0.00	0.62	0.64							0.33	0.33	0.00
F13	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.08	2.00	0.08	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	4.00
F14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.50	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	5.00
								1.88			Prom						1.52	3.40	2.94
								1.01			Desv						1.45	2.16	2.18
F15	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.55	0.50	-0.55	-0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	1.74	5.00
F16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.95	0.00	-0.95	-1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.33	2.00
F17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.14	1.00	-0.14	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.12	-1.09	2.00
M12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.48	3.00	1.48	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.33	5.00
M13	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-0.55	0.50	-0.55	-0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.33	3.00
F18	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-0.55	0.50	-0.55	-0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.12	-1.09	1.00
M14	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-0.55	0.50	-0.55	-0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.33	3.00
M15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.48	3.00	1.48	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.33	5.00
M16	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-0.55	0.50	-0.55	-0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.12	-1.09	1.00
F19	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.14	1.00	-0.14	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.33	4.00
F20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.48	3.00	1.48	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	1.74	7.00
F21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.95	0.00	-0.95	-1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.12	-1.09	0.00
M17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.48	3.00	1.48	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.33	5.00
M18							-0.95	0.00	-0.95	-1.27							-1.12	-1.09	0.00
								1.50			Prom						1.57	3.07	2.75
								1.10			Desv						1.40	2.16	2.24

Dibujo	¿bien?		¿20 - 50?		No dient r. Motriz		No dient r mov.		Suma		Z _{RES}
	medidas	cuartos	molino	sis.tec.	Suma	sis	corrige?	calcula	resp.	Suma	
F1	0.00	0.50	0.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
M1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41
M2	0.00	1.00	1.00	0.75	2.75	1.00	0.00	1.00	0.00	2.00	2.17
F3	0.00	0.50	0.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
F4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.30	-0.82
F5	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F6	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
F7	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F8	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41
F9	0.00	0.50	0.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.94
M3	0.00	0.50	1.00	0.50	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.41
M4	0.25	1.00	1.00	1.00	3.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.00
M5	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30
M6	0.00	1.00	1.00	0.50	2.50	1.24	0.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F10	0.00	0.50	0.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	-0.47
M7	0.00	1.00	1.00	0.25	2.25	1.01	0.00	0.00	0.00	2.00	2.17
M8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
F11	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.30	0.00	0.00	0.00	0.60	-0.29
F12	0.10	1.00	1.00	0.00	2.10	0.83	0.20	0.00	0.00	0.40	-0.48
M9	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	-0.13	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
M10	0.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.69	0.50	0.00	0.00	0.50	-0.47
F13	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	-0.13	0.30	0.00	0.00	0.60	-0.29
F14	0.00	0.50	0.00	0.10	0.60	-0.50	0.30	0.00	0.00	0.30	-0.82
F15	0.00	0.50	0.00	0.00	0.60	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
F16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F17	0.00	1.00	1.00	0.00	2.00	0.78	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F18	0.00	1.00	1.00	0.75	2.75	1.47	1.00	0.00	0.00	1.30	0.94
M11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
M12	0.00	0.50	1.00	0.00	1.50	0.32	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
M13	0.00	0.00	1.00	1.00	2.00	0.78	1.00	0.00	1.00	2.00	2.17
F19	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	-0.95	0.20	0.00	0.00	0.20	-1.00
F20	0.00	1.00	1.00	0.00	2.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
F21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	0.30	0.00	0.00	0.60	-0.29
M14	0.00	0.00	1.00	0.25	1.25	0.10	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
M15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
F22	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	-0.13	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F23	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	-0.13	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F24	1.00	1.00	1.00	0.75	3.75	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
M16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
M17	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	-0.92	1.00	0.00	1.00	2.00	2.17
M18	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35
F25	0.25	1.00	1.00	0.00	2.25	1.01	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
M19	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	-0.13	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F26	0.00	0.00	1.00	0.50	1.50	0.32	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.05	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41

F28	0.00	0.00	1.00	0.75	1.75	0.55	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
M20	0.00	0.00	1.00	0.25	0.25	-0.82	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
F29	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	-1.05	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.41
				Prom	1.14						Prom	0.77
				Desv	1.10						Desv	0.57
M1	0.50	1.00	1.00	1.00	3.50	0.91	1.00	1.04	1.00	0.00	2.00	0.31
F1	0.00	1.00	1.00	0.00	2.00	-0.15	1.00	-0.06	0.00	0.00	1.00	-0.66
F2	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.27	1.00	1.41	1.00	1.00	3.00	1.28
F3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.57	1.00	-1.53	0.00	0.00	1.00	-0.66
F4	0.00	0.50	0.50	0.25	1.25	-0.68	1.00	-0.61	0.00	0.00	0.00	-1.63
M2	0.00	1.00	0.00	0.25	1.25	-0.68	1.00	-0.61	1.00	0.00	2.00	0.31
M3	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-0.86	0.00	-0.80	0.00	0.00	0.00	-1.63
F5	0.00	1.00	1.00	1.00	3.00	0.56	1.00	0.68	1.00	1.00	2.00	0.31
M4	0.75	1.00	1.00	0.75	3.50	0.91	1.00	1.04	1.00	0.00	2.00	0.31
F6	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	-1.39	1.00	-1.35	0.00	0.00	1.00	-0.66
F7	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.27	1.00	1.41	1.00	1.00	3.00	1.28
M5	0.00	1.00	1.00	0.75	2.75	0.38	1.00	0.49	1.00	1.00	3.00	1.28
M6	0.50	1.00	0.50	1.00	3.00	0.56	1.00	0.68	1.00	0.00	2.00	0.31
F8	0.00	1.00	0.00	0.50	1.50	-0.50	1.00	-0.43	0.00	0.00	1.00	-0.66
M7	0.75	1.00	1.00	1.00	3.75	1.09	1.00	1.23	0.00	0.00	1.00	-0.66
M8	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.27	1.00	1.41	1.00	1.00	3.00	1.28
F9	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	-1.39	1.00	-1.35	0.00	0.00	1.00	-0.66
M9	0.00	1.00	0.50	0.00	1.50	-0.50	1.00	-0.43	1.00	1.00	3.00	1.28
F10	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	-1.21	1.00	-1.16	0.00	0.00	1.00	-0.66
F10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.57	1.00	-1.53	0.00	0.00	1.00	-0.66
M10	0.75	1.00	1.00	1.00	3.75	1.09	1.00	1.23	1.00	1.00	3.00	1.28
F12	0.50	1.00	1.00	0.00	2.50	0.21	1.00	0.31	1.00	1.00	3.00	1.28
M11	0.00	0.00	0.50	1.00	1.50	-0.50	0.00	-0.43	0.00	0.00	0.00	-1.63
F13	0.50	1.00	0.00	1.00	2.50	0.21	1.00	0.31	0.00	0.00	1.00	-0.66
F14	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.27	1.00	1.41	1.00	0.00	2.00	0.31
				Prom	2.21						Prom	1.68
				Desv	1.41						Desv	1.03
F15	1.00	1.00	1.00	0.50	3.50	1.25	1.00	1.04	1.00	1.00	3.00	1.18
F16	0.25	1.00	1.00	1.00	3.25	1.05	1.00	0.86	1.00	1.00	3.00	1.18
F17	0.00	0.00	1.00	0.75	1.75	-0.16	1.00	-0.24	0.00	0.00	1.00	-0.56
M12	0.50	0.00	0.00	1.00	1.50	-0.36	1.00	-0.43	0.00	0.00	1.00	-0.56
M13	0.50	1.00	1.00	1.00	3.50	1.25	1.00	1.04	1.00	0.00	2.00	0.31
F18	0.50	1.00	1.00	1.00	3.50	1.25	1.00	1.04	1.00	1.00	3.00	1.18
M14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.57	0.00	-1.53	0.00	0.00	0.00	-1.43
M15	0.00	0.00	1.00	1.00	2.00	0.04	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	-1.43
M16	0.00	1.00	0.00	0.25	1.25	-0.56	1.00	-0.61	0.00	0.00	1.00	-0.56
F19	0.25	1.00	0.50	1.00	2.75	0.65	1.00	0.49	1.00	1.00	3.00	1.18
F20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.57	1.00	-1.53	0.00	0.00	1.00	-0.56
F21	0.00	1.00	0.00	0.75	1.75	-0.16	1.00	-0.24	0.00	0.00	1.00	-0.56
M17	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	-1.17	1.00	-1.16	1.00	1.00	3.00	1.18
M18	0.50	0.00	0.50	1.00	2.00	0.04	1.00	-0.06	0.00	0.00	1.00	-0.56
				Prom	1.96						Prom	1.84

No	¿bien?	Dibujo		bien sistema técnico	Conocimiento: bien rel. Diám?		Estrategia bien?		cuarto paso	tercer paso	o paso	primer paso	recal cula	Sum3	Z _{RED}
		poleas	cambio plano		Sum1	Z ₀₂	SI	Sum2							
F1	1.00	1.00	0.50	0.50	2.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	-1.77
F2	1.00	1.00	0.80	0.80	2.60	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	-1.77
M1	0.80	1.00	0.00	0.50	1.50	0.33	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00		1.00	-0.57
M2	1.00	1.00	0.80	1.00	2.80	1.81	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00		3.00	1.84
F3	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	1.00		1.50	0.04
F4	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	-1.77
F5					0.00	-1.38								0.00	-1.77
F6	0.20	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	-1.77
F7	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	-1.77
F8	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00		2.00	0.64
F9	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	-0.81	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00		0.50	-1.17
M3	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	-0.81	0.50	0.50	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M4	0.80	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.50	0.50	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M5	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	-0.81	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
M6	1.00	1.00	0.80	0.80	2.60	1.58	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.00		3.00	1.84
F10	0.50	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00		2.00	0.64
M7	1.00	0.80	1.00	1.00	2.80	1.81	0.40	0.40	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M8	0.80	0.50	0.00	0.50	1.00	-0.24	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00		2.00	0.64
F11	0.50	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00		0.50	-1.17
F12	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.38	0.00	0.00	0.50	0.00	0.80	0.00		1.30	-0.20
M9	0.00	1.00	1.00	0.90	2.90	1.92	0.50	0.50	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M10	0.80	1.00	0.00	0.50	1.50	0.33	0.50	0.50	1.00	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
F13	1.00	0.50	0.00	0.00	0.50	-0.81	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00		3.00	1.84
F14	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	-0.81	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
F15	0.50	1.00	0.00	0.50	1.50	0.33	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00		1.50	-0.57
F16	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	-0.81	1.00	1.00	1.00	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
F17	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.38	0.80	0.80	1.00	0.80	0.00	0.00		2.80	1.60
F18	1.00	1.00	0.50	0.50	2.00	0.90	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00		1.50	0.04
M11	0.80	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.50	0.50	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M12	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	-0.81	0.20	0.20	1.00	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
M13	0.50	1.00	1.00	1.00	3.00	2.03	1.00	1.00	0.80	0.00	0.80	0.00		1.60	0.16
F19	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	-0.81	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
F20	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.38	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
F21	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M14	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.38	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00		1.00	-0.57
F22	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	1.00	1.00	0.50	0.00	0.50	0.00		1.00	-0.57
F23	0.50	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.50	0.50	1.00	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
F24	0.80	1.00	0.50	0.00	1.50	0.33	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00		1.00	-0.57
M16	0.50	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M17	0.50	1.00	0.00	0.50	1.50	0.33	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
M18	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
F25	0.50	1.00	0.00	1.00	2.00	0.90	0.20	0.20	0.50	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
M19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.38	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00		1.50	0.04
F26	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		2.00	0.64
F27	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.50	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00		1.00	-0.57
F28	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.03	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		1.00	-0.57
M20	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-0.24	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	0.00		2.80	1.60

