

Automatismos para la gestión de tests aleatorios en la plataforma Moebius

Rey Míguez, Fernando (ferey@udc.es)
Pedreira Andrade, Luis P. Carla (lucky@udc.es)
Sarmiento Escalona, Antonio (antsar@udc.es)
Departamento de Economía Aplicada II
Universidad de A Coruña

RESUMEN

En 2009 presentamos un original sistema para la realización de tests aleatorios para los alumnos de matemáticas de primer curso de la licenciatura de Administración y Dirección de Empresas.

Tras un laborioso proceso de desarrollo, se han diseñado nuevos procedimientos para facilitar la gestión de los tests entre los que destacamos su generación automática. Una vez realizados y tras su corrección con una lectora de marcas ópticas, se procede al envío inmediato de los resultados y las soluciones a los alumnos. La integración de estas tareas en la plataforma docente *Moebius* -añadidas a las ya existentes- nos permite realizar un tratamiento ya bastante completo y mecanizado de nuevas herramientas de evaluación.

Palabras clave: Personalización; Evaluación; Plataforma docente

Área temática: Metodología y Didáctica.

ABSTRACT

In 2009 we presented an original system for carrying out random tests for first year maths students studying for the Business Administration and Management Degree.

After an intensive development, new procedures have been designed that make running the tests much easier, and in particular the aspect that looks at their automation. Once the tests have been completed and subsequently marked using an optical reader, the results and answers are immediately sent to the students. The integration of these tasks within the Moebius teaching platform, together with those that already exist, mean that the new instruments make the process of evaluation highly comprehensive and mechanised.

Key words: Personalization; Evaluation; Teaching Platform

1. INTRODUCCIÓN

Hace más de cuatro años nos planteamos la posibilidad de preparar boletines personalizados para nuestros alumnos. El primer paso (véase [1]) supuso la construcción de boletines individualizados para las asignaturas de matemáticas de primer curso de la licenciatura de Administración y Dirección de Empresas, empleando una apropiada combinación por correspondencia entre la hoja de cálculo *Excel* y el procesador de textos *Word*, ambos del paquete *Microsoft Office*.

Animados por la experiencia, pensamos en aprovechar y adaptar las técnicas empleadas para la realización de tests aleatorios periódicos durante el curso. Puede verse en [2] con profundidad todos los detalles relativos a la dinámica de estas pruebas, en el que el software empleado pasó a ser *OpenOffice*.

Durante el curso 2009-10 fuimos conscientes de la necesidad de construir una plataforma que facilitase la comunicación con el alumnado, sustituyendo al tradicional correo electrónico que estábamos empleando hasta el momento. Así nació nuestra plataforma *Moebius*, <http://moebius.udc.es>. Construida íntegramente en *Software Libre*, nos permitió agilizar la gestión informática e incorporar, sobre todo, algo de comodidad a una tarea que ya estaba alcanzando ciertas dimensiones. Pueden verse todos los detalles sobre la misma en [3].

Pero por la temática de nuestros problemas, que incluyen con frecuencia fórmulas matemáticas, el empleo de la combinación por correspondencia en *OpenOffice* en la construcción de ejercicios resultaba por momentos hartamente laboriosa y no estaba exenta de múltiples restricciones. Necesitábamos emplear un procesador de texto matemático que nos diese mayor libertad y comodidad, y que permitiese un procesamiento dinámico de fórmulas. Con el uso del procesador matemático \LaTeX y una combinación por correspondencia de construcción propia empleando *AWK* y *Bash* (véase epígrafe 2.2 en [3]), empezamos a obtener resultados alentadores.

Se crearon múltiples algoritmos para facilitar la escritura de fórmulas matemáticas en \LaTeX , plantillas para enunciados y soluciones, filtros estándar, funciones básicas, etc. También se construyó un amplio abanico de procedimientos matemáticos que se integran convenientemente en el conjunto: una robusta construcción modular que permite generar de forma automática y muy rápida los boletines para nuestros alumnos y las soluciones para los profesores.

Mediante la adopción de estos nuevos procedimientos, presentamos el pasado año en [4] una revisión del trabajo [1], donde particularizamos la personalización de boletines de problemas desde la perspectiva de la asignatura Econometría de 2º curso del Grado de ADE, lo que puso de manifiesto la posibilidad de usar nuestro trabajo en asignaturas no necesariamente de Matemáticas.

Para continuar avanzando, teníamos pendiente el reto de incorporar automatismos a la realización de los tests aleatorios planteados en [2]. Su mecanización, basada en las mismas técnicas y obviamente, aprovechando elementos comunes, resultó más difícil debido a la mayor complejidad tanto de la construcción de las preguntas como de su corrección. En contrapartida, los resultados han sido muy satisfactorios, incorporando adicionalmente nuevas funcionalidades: *barajeo* total de preguntas, estadísticas más completas, anulación de preguntas, etc. Conseguimos también integrarlas completamente en la plataforma *Moebius*, lo que ha facilitado enormemente tareas que se realizaban antes de forma completamente *artesanal*, haciéndolas por momentos insufribles.

Nos centraremos, en esta revisión, en las novedades incorporadas, comenzando con una referencia a los tipos de preguntas que pueden formar parte de la nueva generación de tests.

2. LAS PREGUNTAS

Las preguntas de los tests es conveniente construirlas conjuntamente con las soluciones. En algunos casos será suficiente señalar la correcta, pero en la mayoría, es preciso dar los detalles necesarios para obtener la solución válida, que será enviada al alumno tras el proceso de corrección. Dependiendo de su concepción, pueden ser de los tipos que enumeramos a continuación:

2.1. Fijas

Aunque nuestro objetivo es construir preguntas variables, no descartamos preguntas fijas en un test: una cuestión o problema y varias alternativas para elegir solamente una de ellas. El motivo es que -como veremos después- debido al *barajeo* posterior es difícil identificarlas a priori y su preparación resulta bastante más sencilla.

- La derivada de $f(x) = \cos x$ es:

(a) $-\sin x$ (b) $-\cos x$ (c) $\cos x$ (d) $\sin x$

2.2. Combinadas

Las preguntas combinadas son un punto intermedio entre las *fijas* y *variables* que veremos en el siguiente epígrafe. A veces, en función de la temática (o del tiempo disponible), resulta muy laborioso plantear una pregunta que dependa de uno o varios parámetros, buscar la solución variable y proponer alternativas para completar la pregunta. Éstas deberán ser creíbles, diferentes entre ellas y, obviamente, con la correcta. Por ello, hemos diseñado las preguntas *combinadas*, compuestas por varias preguntas fijas -preferiblemente de similar dificultad y temática- de forma que en el momento de componer el test se elija aleatoriamente una de ellas. Pongamos un sencillo ejemplo aprovechando la pregunta *fija* anterior:

- La derivada de $f(x) = \cos x$ es:
(a) $-\text{sen } x$ (b) $-\cos x$ (c) $\cos x$ (d) $\text{sen } x$

- La derivada de $f(x) = \text{sen } x$ es:
(a) $\cos x$ (b) $-\cos x$ (c) $\text{sen } x$ (d) $-\text{sen } x$

- La derivada de $f(x) = -\cos x$ es:
(a) $\text{sen } x$ (b) $-\cos x$ (c) $\cos x$ (d) $\text{sen } x$

- La derivada de $f(x) = -\text{sen } x$ es:
(a) $-\cos x$ (b) $\cos x$ (c) $\text{sen } x$ (d) $-\text{sen } x$

Podemos incluir en una pregunta *combinada* el número de preguntas fijas que deseemos. En el momento de incorporar al test esta pregunta se elige al azar una de las fijas, lo que, unido al *barajeo*, produce una gran "diferencia visual" entre las preguntas de cada test. En general habrá asociada a una pregunta *combinada* un total de $(n^\circ \text{ de preguntas}) \times (n^\circ \text{ de alternativas})!$ posibilidades diferentes, que en nuestro caso son $4 \times 4! = 96$.

2.3. Variables

En las preguntas variables tanto el enunciado como la solución dependen de uno o varios parámetros, por ejemplo:

- La ecuación de la recta tangente a la función $f(x) = 5x^2 + 2x - 6$ en el punto $x = 1$ es:
(a) $y = 12x - 11$ (b) $y = 12x - 10$
(c) $y = 13x - 11$ (d) $y = 11x - 11$

Solución : a)

Al ser $f(1) = 1$ y $f'(1) = 12$, la ecuación de la recta es:

$$y = f(1) + f'(1)(x - 1) = 1 + 12(x - 1) = 12x - 11.$$

En este caso, los parámetros base son los coeficientes del polinomio de grado 2 que conforma la función f y se eligen apropiadamente para garantizar la dificultad de todos los problemas que se generan, de forma que sean homogéneos los valores en los rangos y signos tanto en f como en la solución.

2.4. Combinadas y variables

Esta clase de preguntas son una mezcla de los dos tipos anteriores: la combinación de un grupo de preguntas variables. Veamos un ejemplo conjuntamente con sus soluciones:

- El conjunto $A = \{x \in \mathbb{R} / |x + 5| < 7\}$ es:

- a) $(-12, 2)$
- b) $(-2, 12)$
- c) $(-\infty, -12) \cup (2, +\infty)$
- d) $(-\infty, -2) \cup (12, +\infty)$

Solución : a)

Dado que

$$|x + 5| < 7 \Leftrightarrow -7 < x + 5 < 7 \Leftrightarrow -12 < x < 2$$

obtenemos

$$A = (-12, 2).$$

■ El conjunto $\{x \in \mathbb{R} / |x + 5| > 7\}$ es:

a) $(-\infty, -12) \cup (2, +\infty)$

b) $(-2, 12)$

c) $(-12, 2)$

d) $(-\infty, -2) \cup (12, +\infty)$

Solución : a)

Dado que

$$|x + 5| > 7 \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x + 5 > 7 \\ \text{o} \\ x + 5 < -7 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x > 2 \\ \text{o} \\ x < -12 \end{array} \right\}$$

obtenemos

$$A = (-\infty, -12) \cup (2, +\infty).$$

En esta pregunta, los parámetros son los números que definen el recinto A . Cuando se compone el test, se elegirá aleatoriamente una de las dos posibilidades. Determinada ésta, se generan también los parámetros apropiados (diferentes para cada test) que deberán garantizar la homogeneidad de los problemas obtenidos.

3. EL "BARAJEO"

Generadas las preguntas, se procede a desordenar tanto el lugar que ocupan como las posibles alternativas. Aquí se produce un salto cualitativo con respecto a la antigua operativa que se practicaba en [3], donde solo se "revolvían" las diferentes opciones de cada pregunta. De esta forma, los resultados obtenidos invitan al alumno a preocuparse únicamente de realizar su test, ya que el intento de copia es desalentador por la dificultad inherente a las diferencias existentes en cada uno de los modelos distintos, aun siendo similares en cuanto a nivel de dificultad. Dado que se generan de forma automática, podemos preparar el número de modelos diferentes que queramos. La cantidad a realizar depende de la comodidad a la hora de repartir, que viene condicionada por las dimensiones del aula. Habitualmente hacemos 90 modelos distintos ya que en el aula donde realizamos la prueba las hileras son de 15 pupitres.

4. LOS AUTOMATISMOS

4.1. Preparación del test

Creada una asignatura dentro de la plataforma (véase epígrafe 4 en [3]) y tras seleccionar los problemas del catálogo existente, se invocan comandos diseñados específicamente para realizar diferentes tareas con un esquema similar al presentado en [3]. El primer paso es la discusión por parte de los profesores de las preguntas, y la detección de posibles errores. El comando

codetalles *asig n^o*

donde *asig* es la asignatura seleccionada y *n^o* es el número de test a realizar, colocará en las cuentas de los profesores todos los detalles de las preguntas para que sean corregidas las posibles incidencias y acordadas definitivamente las preguntas.

4.2. Generación de los modelos

Llega ahora el momento de realizar el test, y para ello hemos de generar cada uno de los modelos para su impresión posterior. Un nuevo parámetro *-cantidad-* se incluye ahora para fijar el número de modelos diferentes que queremos en el comando

cogenerar *asig n° cantidad*

que realiza la composición del test con las preguntas indicadas y lo deja preparado para su impresión en la cuenta del profesor responsable de la asignatura. Una de las novedades incorporadas es la impresión de los enunciados en un DIN A3, lo que facilita al alumno una zona para realizar las operaciones que necesite (generalmente no son muchas) y eviten el reparto de hojas en blanco adicionales. Así, al alumno se le entregan la plantilla específicamente diseñada para anotar las soluciones (véase epígrafe 6 en [2]) y la hoja con los enunciados de las preguntas.

Adicionalmente, este comando deja preparado para envío posterior, cada uno de los modelos con su soluciones y las plantillas necesarias para la corrección, en el que figura anotado convenientemente el *barajeo* efectuado.

4.3. Corrección y resultados

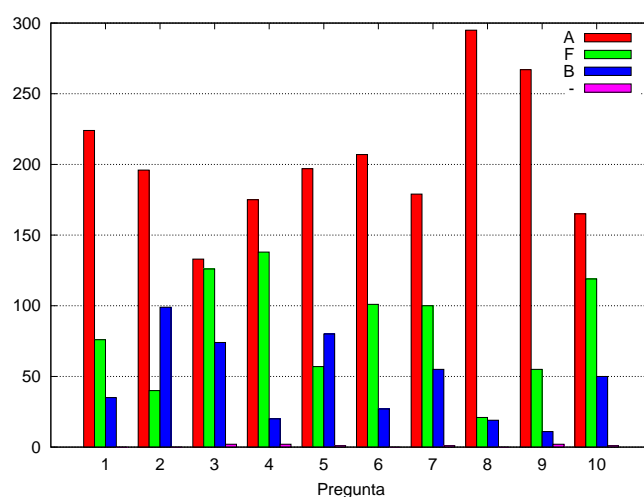
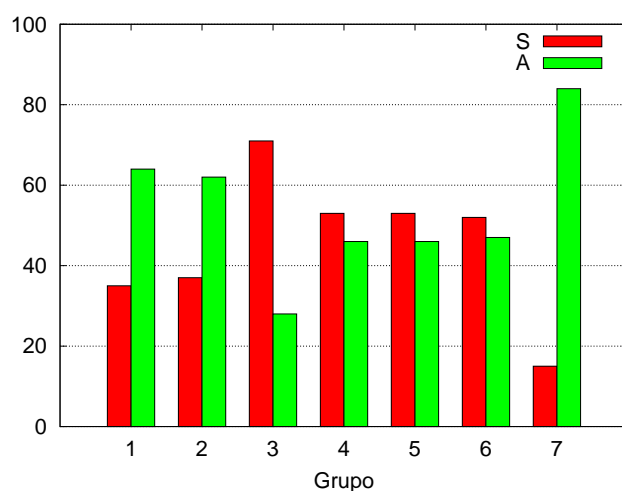
Realizada la prueba, se procede al procesado de las hojas de soluciones por la lectora de marcas ópticas. En pocos minutos se obtiene un fichero que contiene toda la información contenida en las hojas de respuestas, a partir del cual mediante el comando

conosol *asig n°*

se realizan de forma inmediata las siguientes tareas:

- Corrección de cada uno de los tests
- Publicación en el tablón de avisos de la disponibilidad de las notas y las soluciones del test.

en cada uno de los grupos y número de aciertos, fallos, blancos y nulos para cada pregunta del test. Obviamente esto se hace sobre un modelo base una vez deshecho el *barajeo*.



4.4. Anulación de una pregunta

No es deseable pero en ocasiones se debe anular una pregunta debido a algún error que no fue detectado en la preparación del test. Esto no plantea problema alguno; el comando

coanular *asig n° n°pregunta*

procede a anular la pregunta indicada en la corrección, ajustando la puntuación. Con más detalle, supongamos que tenemos diez preguntas. Habitualmente las acertadas valen un punto, las erróneas restan 0.33 y no se tienen en cuenta las no marcadas (esto se hace así para que un alumno que respondiera al azar tuviese por calificación cero). Si se anula una pregunta, pasando a nueve, las puntuaciones se ajustan de forma automática a 1.11 puntos (las correctas) y $-0,37$ (las erróneas) para obtener el mismo efecto. El alumno recibe puntual información de la anulación como puede verse en la primera figura del epígrafe 4.3. Si es necesario, puede anularse más de una pregunta sin problema alguno.

5. LOS RECURSOS

Todos los automatismos que hemos descrito brevemente carecerían de utilidad si su realización fuera costosa, sin embargo, el diseño modular desarrollado permite la ejecución de todos los procesos con gran precisión y rapidez.

A modo de ejemplo, consideremos el test formado por preguntas de varios tipos que puede verse en el anexo, que se corresponde con el realizado en la asignatura Matemáticas I para ADE este curso de los temas relativos a funciones, límites y continuidad con una sola variable.

De los automatismos citados previamente, el más laborioso es el de construir todos los tests y sus soluciones -asociado al comando *cogenerar*- ya que los demás son prácticamente instantáneos, ocupando su ejecución unos pocos segundos. Pues

bien, los recursos empleados para la preparación de los 90 tests quedan recogidos en la siguiente tabla:

número de tipos	90
número de preguntas	10
archivos de trabajo	5605
tiempo de cálculo*	21.77
números aleatorios generados	552708
gráficos	455
archivos compilados	185 (2388Kb)
líneas compiladas	63892 (235m)
tiempo compilación*	39.6
tiempo total*	61.37

*tiempo medido en segundos

Las cifras hablan por sí solas de la eficiencia; se generan más de medio millón de números aleatorios, intervienen más de cinco mil archivos intermedios, se construyen 185 archivos en latex formados por más de sesenta mil líneas -que ocuparían 235 metros de longitud- y finalmente se compilan. Todos estos procesos se realizan en poco más de un minuto.¹

6. LOS NÚMEROS ALEATORIOS

Al igual que en [4], hemos empleado como generador de números aleatorios el propuesto por Wichmann & Hill en [6], un GCL (Generador Congruencial-Lineal) combinado de cuatro ciclos. Las cuatro semillas necesarias para comenzar la secuencia aleatoria con un período aproximado de 2^{120} se establecen mediante un algoritmo propio dependiendo de la asignatura, año y número de modelo del test, por lo que un cambio en cualquiera de los anteriores parámetros, conduce a una secuencia aleatoria diferente que genera un

¹Se empleó en las pruebas un potente ordenador personal que incorpora un procesador *Intel Core i7-920* a *2.67GHz*. Repetido el proceso anterior con un portátil estándar con un procesador *Intel Core i3* a *2.2GHz*, los tiempos se incrementaron en un 50%, pero en los tiempos que nos movemos el aumento carece de relevancia.

control y parámetros de *barajeo* con unos valores perfectamente controlados. En este tipo de prueba, mucho más delicada que los boletines para evitar duplicidades o coincidencias en las respuestas, el algoritmo se ha mostrado extremadamente eficiente, obteniéndose en los experimentos realizados, valores completamente impredecibles.

7. UNA NOTA FINAL

En la actualidad estamos trabajando en generación y automatización de diferentes tipos de problemas gráficos. Un primer avance puede verse en el problema 4 del anexo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] REY MÍGUEZ, F.; PEDREIRA ANDRADE, L. P. (2008). "Personalización de problemas: hacia un nuevo entorno de evaluación", en *Recta@2008* Vol: Actas_16 Issue 1: 612.
- [2] REY MÍGUEZ, F.; PEDREIRA ANDRADE, L. P. (2009). "Tests aleatorios: hacia un nuevo entorno de evaluación", en *Rect@2009* Vol: Actas_17 Issue 1: 610.
- [3] REY MÍGUEZ, F.; PEDREIRA ANDRADE, L. P. (2010). "Moebius: una plataforma docente basada en Software Libre", en *Rect@2010* Vol: Actas_18 Issue 1: 110.
- [4] REY MÍGUEZ, F.; REY GRAÑA, C. (2011). "Automatización de la gestión de boletines de Econometría en la plataforma Moebius", en *Rect@2011* Vol: Actas_19 Issue 1: 0412.
- [5] SÁNCHEZ PRIETO, S.; GARCIA POBLACIÓN, O. (2008). *LINUX, Guía práctica*. Ed. Ra-Ma.
- [6] WICHMANN, B.; HILL, I. (2006). "Generating good pseudo-random numbers". *Computational Statistics & Data Analysis*. Volume 51 Issue 3, December, 2006

Journal of de Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics), Vol.51, N°3.
Elsevier.

[7] OETIKER, T y otros. (2009). "The Not So Short Introduction to L^AT_EX 2_ε". Descarga en <http://ctan.org/tex-archive/info/lshort/english/lshort.pdf>

[8] VIDAL CORTÉS, J. (2002). "The GNU Awk User's guide".
En <http://www.gnu.org/software/gawk/manual/gawk.html>

ANEXO



MATEMATICAS I (ADE)
PRIMER CONTROL
21 de octubre

TIPO 01

1. El conjunto $A = \{x \in \mathbb{R} / |8x + 28| > 4\}$ es:

- a) $(-4, -3)$
- b) $(3, 4)$
- c) $(-\infty, -4) \cup (-3, +\infty)$
- d) $(-\infty, 3) \cup (4, +\infty)$

Solución : c)

Dado que

$$|8x + 28| > 4 \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} 8x + 28 > 4 \\ \text{o} \\ 8x + 28 < -4 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x > -3 \\ \text{o} \\ x < -4 \end{array} \right\}$$

obtenemos

$$A = (-\infty, -4) \cup (-3, +\infty).$$

2. El límite de $e^{\frac{2}{x}}$ cuando $x \rightarrow 0^-$ vale:

- a) $-\infty$
- b) 0
- c) No existe.
- d) $+\infty$

Solución : b)

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} e^{\frac{2}{x}} = \lim_{x \rightarrow 0^-} e^{-\infty} = 0.$$

3. El $\lim_{x \rightarrow +\infty} \left(\frac{3x^4}{3x^4 + 2} \right)^{6x^4}$ vale:

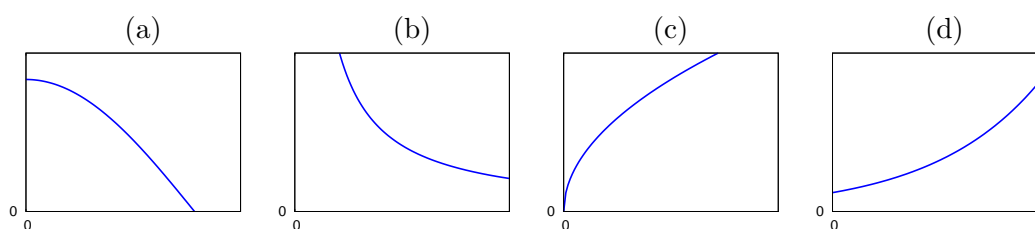
- a) e^{-2}
- b) e^{-12}
- c) e^{-6}
- d) e^{-4}

Solución : b)

Basta tener en cuenta que $\lim_{x \rightarrow +\infty} \left(\frac{3x^4}{3x^4 + 2} \right)^{6x^4} = e^\alpha$ con

$$\alpha = \lim_{x \rightarrow +\infty} \left(\frac{3x^4}{3x^4 + 2} - 1 \right) 6x^4 = \lim_{x \rightarrow +\infty} \left(\frac{3x^4 - 2 - 3x^4}{3x^4 + 2} \right) 6x^4 = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{-12x^4}{3x^4 + 2} = -4.$$

4. ¿Cuál de las siguientes gráficas se corresponde con la de la función $f(x) = \sqrt{x}$?



Solución : c)

5. Dada las funciones $f(x) = x^2$, $g(x) = \text{sen}(x)$ y $h(x) = e^x$, la función $(h \circ g \circ f)(x)$ vale:

- a) $\text{sen}(e^{2x})$ b) $e^{\text{sen}^2(x)}$ c) $\text{sen}^2(e^x)$ d) $e^{\text{sen}(x^2)}$

Solución : d)

6. La función inversa de $f(x) = \frac{e^{2-x} - 3}{4}$ es:

- a) $f^{-1}(x) = 2 - \ln(3x + 4)$
 b) $f^{-1}(x) = 3 - \ln(4x + 2)$
 c) $f^{-1}(x) = 2 - \ln(4x + 3)$
 d) $f^{-1}(x) = 3 - \ln(2x + 4)$

Solución : c)

$$y = \frac{e^{2-x} - 3}{4} \Leftrightarrow 4y + 3 = e^{2-x} \Leftrightarrow \ln(4y + 3) = 2 - x$$

Por tanto,

$$f^{-1}(x) = 2 - \ln(4x + 3).$$

7. S_{13} , suma de los trece primeros términos de una progresión aritmética de diferencia d vale:

a) $\frac{a_1 + a_{13}}{2} 13$ b) $\frac{a_1 + 13}{2} a_{13}$ c) $\frac{a_1 + a_{12}}{2} 12$ d) $\frac{a_1 + a_{13}}{15} 13$

Solución : a)

8. En el conjunto $(2, 3] \cup [5, 7)$ se verifica que:

- a) 24 es una cota superior.
- b) 5 es mínimo.
- c) 2 es mínimo.
- d) 3 es máximo.

Solución : a)

9. El dominio de la función $f(x) = \sqrt{\frac{x-1}{2-x}}$ es:

- a) (1, 2)
- b) $(-\infty, 1] \cup (2, +\infty)$
- c) [1, 2)
- d) (0, 2)

Solución : c)

Deberá ser $(x-1)(2-x) > 0$, por lo tanto:

$$\left\{ \begin{array}{l} x-1 \geq 0 \\ y \\ 2-x > 0 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x \geq 1 \\ y \\ 2 > x \end{array} \right\} \quad \text{o} \quad \left\{ \begin{array}{l} x-1 \leq 0 \\ y \\ 2-x < 0 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x \leq 1 \\ y \\ 2 < x \end{array} \right\}.$$

El primer recinto es [1,2) y el segundo es vacío.

10. La función $f(x) = 1 + \sqrt{x}$

- a) Tiene asíntotas horizontales y verticales.
- b) No tiene asíntotas.
- c) Solo tiene asíntotas verticales.
- d) Solo tiene asíntotas horizontales.

Solución : b)