

REGISTRO, INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN DEL EQUIPO MÉDICO DEPORTIVO

Daniel Darras y Nicolás Rossetti

Introducción

Las demandas de la competencia en el alto rendimiento han complejizado los sistemas de entrenamiento y la preparación del deportista, incorporando la tecnología al más alto nivel, tratando de cubrir al máximo todas las necesidades en distintas áreas: técnica, física y médica. El fútbol, por lo tanto, requiere que estos departamentos de trabajo desarrollen sistemas que maximicen el potencial del jugador y del equipo, sin dejar ningún detalle al azar. Es por esto, que la tecnología ha invadido el deporte, cubriendo detalles de gran relevancia para toma de decisiones, tabulando información, gestionando rendimientos físicos grupales e individuales, generando sistemas de recomendación, etc. El monitoreo del deportista es fundamental para optimizar el rendimiento físico, como también documentar la evolución del deportista sano o lesionado.

Los encargados de gestionar el bienestar físico, la recuperación y reintegro deportivo del jugador, son las distintas áreas médicas pertenecientes a instituciones deportivas, y son ellos los responsables de los registros, trazabilidad, monitoreo, direccionar las terapias y las tomas de decisiones de acuerdo con los datos recopilados. De acuerdo con lo anterior, es necesario que este registro de información y análisis sea de la manera más eficiente posible, como descrito previamente por Macedo et al.¹. En consecuencia la tecnología, documentación, gestión de la información y el procesamiento de los datos del deportista tanto

sano como lesionado es fundamental para alinearse con los desafíos que propone el alto rendimiento en la medicina deportiva. Cada profesional médico, de acuerdo con sus potestades, realiza labores específicas destinadas hacia un mismo actor, el futbolista, el cual interacciona dinámicamente, respondiendo a estas acciones, generando un vínculo retroalimentativo. El facultativo toma decisiones, ejecuta, el deportista las recibe y responde. Y viceversa, el deportista reacciona positivamente y el profesional mantiene el estímulo o lo potencia, por el contrario, la acción no genera respuesta o ésta es negativa, por lo cual el profesional modifica su accionar.

Consideremos que el futbolista está constantemente recibiendo estímulos (físicos por parte del área física, ejercicios terapéuticos por parte del área médica) y respondiendo a estos (aumento de la capacidad cardiovascular, aumento de la estabilidad mediolateral de rodilla) las cuales van a influir detalladamente en su rendimiento deportivo o en su proceso de rehabilitación o preventivo. Todos estos estímulos y respuestas son difícilmente cuantificables debido a la gran cantidad de información que genera y por sobre todo considerando que deportes colectivos, en este caso el fútbol, cuentan al menos con 25 jugadores. Por lo tanto, considerando el área médica, con todos sus integrantes, los 25 jugadores y todas las variables (acciones y respuestas), el procesamiento de esta información requiere de una plataforma digital que unifique el accionar y que favorezca la comunicación multidisciplinaria

(medico-director técnico, por ejemplo), interdisciplinaria (kinesiólogo-médico) como mostrado en la **Figura 114-1**. A continuación, proponemos un constructo de diseño para satisfacer las demandas anteriormente mencionadas mediante un soporte tecnológico al cuál llamaremos *Reconquer*.

Plataforma Reconquer

a. Estructura

La plataforma incorpora:

- Profesionales del área médica, creando perfiles de usuario lo que permite registrar todas sus acciones;
- Jugadores, catalizando sus perfiles médicos, sus condiciones médicas diarias y reportes;
- Variables estadísticas para uso interno como también para fines investigativos (**Figura 114-2**).

Este sistema permite, interactuar en línea (**Figura 114-3**), de manera remota, permitiendo la actualización de los tratamientos de los jugadores al instante, reflejando al finalizar la jornada, un cuadro resumen, relacionado con la disponibilidad de los jugadores una vez iniciado el día siguiente, permitiendo tener acceso detalla-

do y resumido sobre la jornada previa. Esto no solo se limita a jugadores lesionados, el sistema permite registrar evaluaciones de pretemporada y durante la temporada, incluyendo trabajos preventivos y asistencias sintomáticas (jugadores que no califican operacionalmente como lesionados).

Además, se pretende entregar el cuadro completo y no solamente tener una visión reduccionista. La plataforma resume la información del plantel general en un solo cuadro, ayudando a tener un panorama médico para transmitir información de disponibilidad hacia el cuerpo técnico como también organizar el área médica y la comunicación interprofesional. La esquematización de este cuadro resumen, radica en su sencillez para ser interpretado, pero a la misma vez puede entregar información al seleccionar al jugador con su condición (**Figura 114-4**).

Es fundamental darle un uso práctico a toda esta información para la justificación de procedimiento, acciones y decisiones, en que, si bien es cierto, lo empírico muchas veces ejerce mayor peso (sobre todo con profesionales con años de dedicación a la actividad), cuando no hay variables registradas y disponibles para mayor análisis (jugador con antecedentes de riesgo para un determinado evento vs. decisión de disponibilidad), esta experiencia no logra sostenerse en el tiempo. Por otro lado, la



Figura 114-1. Situaciones en las que la toma de decisiones se basa en registros objetivos, interactuando deportistas-doctor (A), cuerpo técnico-doctor (B), área médica-doctor (C).

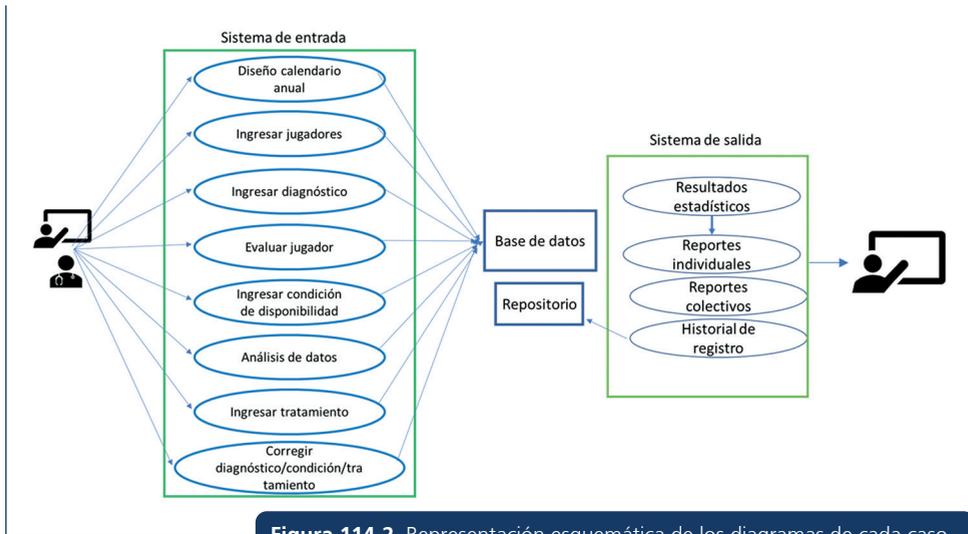


Figura 114-2. Representación esquemática de los diagramas de cada caso.



Figura 114-3. Diagrama de flujo de la recuperación del jugador desde la camilla hasta el primer entrenamiento y partido. Cada fase y cada carga/terapia aplicada al jugador se reporta al instante. Es un proceso que nunca finaliza, al contrario, se retroalimenta para potenciar similitudes de procesos o modificar las intervenciones. De acuerdo con la información, en línea e instantánea, el doctor se entera de cada proceso tanto de manera presencial como remota pudiendo interactuar y/o modificar acciones.

Condición	Nombre	Mes/Día	Mes/Día	Mes/Día
Apto para entrenar	Jugador 1	■	■	■
Sintomático: apto para entrenar	Jugador 2	■	■	■
Entrenamiento diferenciado	Jugador 3	■	■	■
Lesionado: en examen/evaluación	Jugador 4	■	■	■
Lesionado descartado	Jugador 5	■	■	■

Figura 114-4. Disponibilidad del jugador para entrenamiento/partido. Se detallan potenciales testados, pero al seleccionar se detallan los eventos que indujeron está condición.

elaboración de planes de investigación muchas veces se ven frustrados o por tiempo o por la falta de material continuo a disposición para ejercer cuadros metodológicos robustos, sin dejar variables al azar. La disponibilidad de una plataforma que registre, cuantifique, analice, y que entregue información estadística, favorecerá y acercará al desarrollo de investigación científica, de esta manera respaldando científicamente la práctica clínica y aportando a la medicina deportiva. Por último, el procesamiento de tanta información, como lo hemos detallado, puede verse apoyado, con sistemas de recomendación inteligentes, los cuales automáticamente puedan generar redes que interconecten variables, y a través de algoritmos y modelos internos realizar alertas o proponer intervenciones. Nunca sustituirá, pero servirá de apoyo en caso de requerirlo (Figura 114-5).

- Comunicación dentro del área médica.
- Registro médico y kinésico.
- Registro epidemiológico.
- Actualización al instante y de manera remota sobre la condición clínica del jugador, y las intervenciones terapéuticas y físicas sobre el mismo por parte del personal médico.
- Comunicación con el jugador, respaldando decisiones médicas en beneficio del deportista.
- Comunicación del personal médico con el cuerpo técnico, relatando y actualizando de manera objetiva y simple, con curvas evolutivas de gráficos y proyecciones deportivas/disponibilidad para entrenamientos y partidos.
- Comunicación con el cuerpo técnico para la toma de decisiones sobre diferenciar entrenamientos o retirar del mismo contrastado con el perfil del jugador.
- Capacidad de recoger datos, procesarlos y hacer de la investigación científica un componente importante dentro del equipo médico.

b. Objetivos

La plataforma busca resolver o mejorar los siguientes puntos:

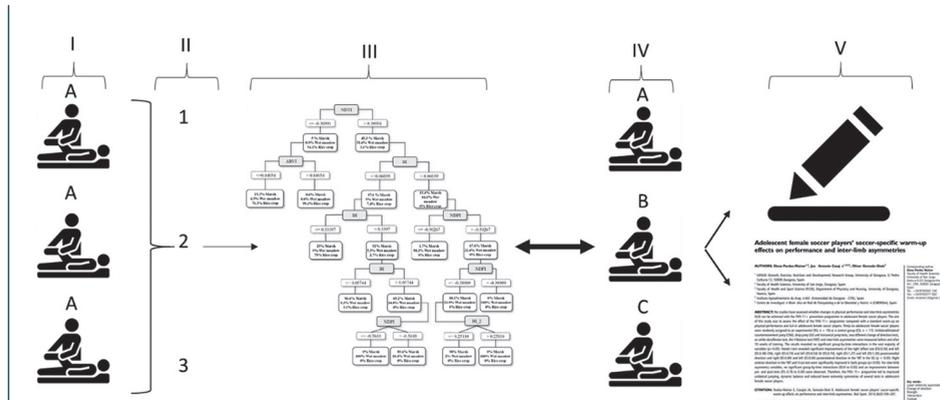


Figura 114-5. Ejemplos estadísticos. En este caso se muestra como una misma terapia para una misma patología en distintos jugadores (I), va a tener distintos resultados (II). Sin embargo, con el uso de árboles de decisiones, se puede reorientar la intervención mediante sistemas de recomendación (III), registrando toda la información de manera automática para uso interno o para el desarrollo de investigación y publicación científica (IV).

- Generar una propuesta teórica y empírica que resulte en un modelo validado por medio de técnicas y herramientas estadísticas, que nos permita desarrollar sistemas de recomendaciones.

c. Desarrollo

A continuación, describiremos el núcleo de la plataforma, detallando registros estratificados sobre:

- Intervenciones médico-kinésicas rutinarias.
- Programas de prevención.
- Intervenciones médico-kinésicas sobre un jugador lesionado.
- Intervenciones médico-kinésicas sobre un jugador que haya sido sometido a intervención quirúrgica (Figura 114-6).

Sobre esta base, queda en manifiesto que dentro de la práctica deportiva, el re-

gistro médico no debe reducirse al futbolista lesionado, muchas acciones terapéuticas se realizan en jugadores a disposición completa para el cuerpo técnico (Figura 114-6-IC), las cuales, si bien es cierto, no tiene relevancia, sí son datos que permitirán en el futuro, establecer relaciones y regresiones estadísticas de asociación como también, crear un registro medible sobre las acciones de cada personal médico, cuantificando el número de atenciones y especificando sobre las medidas aplicadas jugador por jugador (Figura 114-6).

Por lo tanto, la plataforma muestra información relevante que genera datos epidemiológicos, datos sobre gestión de recursos humanos, e información en vivo sobre la disponibilidad para la práctica deportiva. Vamos a profundizar en datos epidemiológicos sobre la base del consenso del 2006 de la FIFA para el registro epidemiológico¹, donde debe quedar en claro para el cuerpo médico

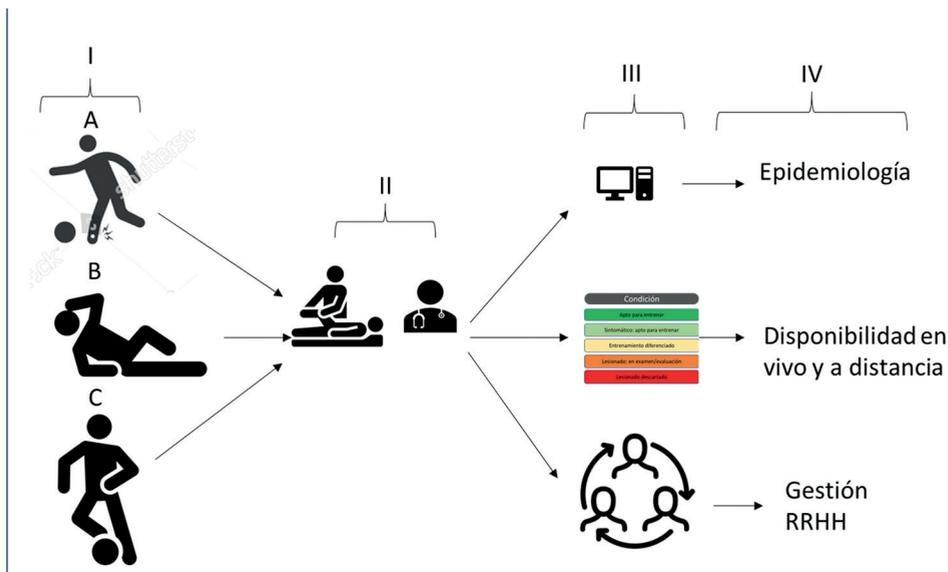


Figura 114-6. Esquematación de distintas situaciones y correspondientes flujos. Un futbolista puede sostener una lesión invalidante para continuar su práctica/juego (IB), lesión no invalidante (IA) y molestias específicas (IC). Luego existe una intervención y decisión (II) que serán registradas y analizadas para informar (III) sobre la epidemiología, disponibilidad del jugador y sobre las intervenciones y materiales del personal médico (IV).

definiciones operacionales como “lesión”, descrita como atención médica y/o partidos/entrenamientos perdidos; “severidad de la lesión”, descrita en número de días perdidos; “exposición en partidos” en horas de exposición; “exposición en entrenamiento” en horas entrenamiento; “localización de la lesión”; “tipo de lesión”. La descripción debe ser lo más detallada posible, involucrando, lateralidad, región, subregión, sistema, tejido, mecanismo de lesión, tipo, temporalidad, imagen. La **Tabla 114-1** describe un ejemplo de algunos diagnósticos.

La especificidad de estos registros permitirá, entre otras cosas, llevar una trazabilidad por jugador y permitir desarrollar, entre otros, regresiones lineales múltiples para fines estadísticos. Cabe mencionar que esta clasificación que propone la FIFA está dirigida a aquellas organizaciones que solo pretendan realizar un registro epidemiológico para fines de investigación. Si bien es sencilla, es orientativa, ya que sobre esta base la plataforma desarrolla una gran cantidad de subclasificaciones, como la que

se realiza en el estudio epidemiológico de la UEFA². Por lo tanto, la plataforma para cada sistema lesionado, entrega una descripción detallada sobre el mecanismo de lesión, extremidad involucrada, momento de lesión (tiempo partido/entrenamiento), jugador, posición, como también subcategorías. Ejemplificando: un desgarro muscular, cae dentro de la región del muslo, miembro inferior, categoría tejido blando, tipo muscular, grupo muscular cuádriceps, involucrando al recto femoral y con imagen que involucra el tendón central (de acuerdo a los últimos acuerdos sobre gravedad de la lesión muscular en cuanto a tiempos de retorno deportivo y hallazgos en RNM³), quedando registrado para que al final del mes/año se pueda establecer regresiones sobre el número de lesiones del recto femoral con compromiso del tendón central versus el número de días requeridos para volver al entrenamiento. O si se prefiere, de manera general, entrega información sobre cuantas lesiones de tejido blando se desarrollaron en la temporada.

Tabla 114-1. Descripción epidemiológica general

Diagnóstico	Zona/ lateralidad	Región anatómica	Tejido/ Músculo	Sistema	Mecanismo/ tipo/ temporalidad	Tipo	Imagen
Tendinopatía rotuliana	EEII/ izquierda	Rodilla	Tendón/ cuádriceps	Musculo- esquelético	Sobrecarga/ x/x	Crónico	Sin hallazgos
Fractura peroné	EEII/ derecha	Tobillo	Óseo	Musculo- esquelético	Indirecto/ giro/ partido	Agudo	Completa, tercio distal
Desgarro cuádriceps	EEII/ izquierda	Muslo	Muscular	Musculo- esquelético	Indirecto/freno/ entrenamiento	Agudo	Fibrilar Área 9 x 5 x 4 mm
Esguince medial rodilla	EEII/ derecha	Rodilla	Ligamen- to	Musculo- esquelético	Directo/x/ partido	Agudo	Lesión parcial
Esguince AC	EES/ derecha	Hombro	Ligamen- to	Musculo- esquelético	Indirecto/ caída/ partido	Agudo	Lesión parcial
Radiculopatía lumbar	Columna	Lumbar	Neural	Nervioso	Sobrecarga/ x/x	Crónico	Extrusión NP L5-S1
Gastritis	Abdomen	Estómago	Mucosa	Digestivo	x	Agudo	x

Al igual que una lesión de la región de la pierna, tejido óseo, región anatómica tobillo, involucrando la articulación del tobillo, ligamento peroneo astragalino anterior, con imagen de rotura comprometiendo su totalidad, genera información necesaria para realizar exploraciones estadísticas requeridas y realizar directrices médicas de acuerdo con los resultados. Los registros se llevan a razón del número de horas exposición al juego o entrenamiento. Para incorporar la exposición del plantel en horas¹, se debe aplicar la siguiente fórmula $(Nm \times Pm \times Dm) / 60$ donde Nm es el número de partidos jugados, Pm es el número de jugadores y Dm es la duración del partido, sin embargo, llevar este registro por jugador requiere de un constante registro, donde muchas veces el tiempo apremia. Es por esto último que nuestra plataforma se adapta e incorpora sistemas de monitoreo externos (GPS) para incluir automáticamente este registro, el cual hace un cruce de información con jugador lesionado y/o suspendido. Con esta información, tendremos que registro sobre:

- Número de lesiones por jugador por 1.000 horas de exposición.
- Número de lesiones por plantel por 1.000 horas de exposición.

- Horas de entrenamiento por jugador.
- Horas partido por jugador.

En cuanto a la gestión de RRHH, cada uno posee un perfil que determinará las posibilidades de ejecución. Cada variable posee una lista desplegable, la cual entregará la posibilidad de ingresar al sistema las evaluaciones, intervenciones/tratamientos, diagnósticos. Por lo tanto, existirán restricciones para su uso, como también para su visualización. La **Tabla 114-2** resume lo anteriormente mencionado.

Describiremos en profundidad los primeros dos agentes. El médico, de acuerdo con la contingencia, evalúa a distintos jugadores (quedando registrada esta evaluación), realizando intervenciones directas (infiltraciones, suturas, por ejemplo) o indirectas (indicaciones al personal médico, como, por ejemplo, suministros de medicamentos, progresar al trote en cancha, descanso deportivo, etc.), derivaciones a otras especialidades médicas y, por último, solicitudes de exámenes. Importante resaltar, el manejo del jugador lesionado, el cual quedará registrado para el posterior análisis (indicación alta deportiva, progresión a primer entrenamiento, etc.), como también

Tabla 114-2. Límites y accesos para profesionales

Personal	Hallazgos evaluativos	Intervención/tratamiento	Diagnóstico
Médico	Lista desplegable	De acuerdo con evaluación	Lista desplegable
Kinésico	Lista desplegable	De acuerdo con evaluación y/o indicación médica	Lista desplegable o según reporte médico
Paramédico	No posee	De acuerdo con indicación médica	No posee
Quiropráctico	Lista desplegable	De acuerdo con evaluación y/o indicación médica	No posee
Osteópata	Lista desplegable	De acuerdo con evaluación y/o indicación médica	No posee
Masajista	No posee	De acuerdo con indicación médica y/o requerimientos del jugador	No posee
Podólogo	Lista desplegable	De acuerdo con indicación médica	No posee

el jugador que no cae en la categoría operacional de lesión, pero si recibe atención kinésica. Este punto es de gran relevancia, ya que permite llevar un registro sobre el historial de “no lesiones” en el sentido de que no se pierden horas entrenamiento/partido, pero sí ofrece información posterior para analizar. El sistema entrega un listado específico, para cada especialidad, de

rápido acceso. Por otro lado, el kinesiólogo, deberá registrar evaluaciones, intervenciones fisioterapéuticas, entrenamientos dirigidos, trabajos preventivos, y toda acción correspondiente a la contingencia médica y administrativa, registro de fácil ejecución mediante listas desplegables específicas a las distintas categorías demostradas en la **Tabla 114-3**.

Tabla 114-3. Evaluación kinésica

Evaluación	Exploración física	Funcional	Pasiva	Activa	Test específicos
Muscular	EVA, inspección visual, palpación, ROM, perímetros inflamatorios, temperatura, etc.	Parámetros que indiquen sintomatología en marcha, trote, velocidad, estocadas, sentadillas, entre otros.	Valoración flexibilidad objetiva, como también respuesta sintomática, entre otros.	Fuerza muscular analítica en valores objetivos como también su respuesta sintomática.	De acuerdo con el músculo, Thomas, SLR, isocinéticos FMS, Ober, dinamometría manual, entre otros.
Tendón	EVA, inspección visual, palpación, ROM, perímetros inflamatorios, temperatura, etc.	Parámetros que indiquen sintomatología en marcha, trote, velocidad, estocadas, sentadillas, entre otros.	Valoración flexibilidad objetiva, como también respuesta sintomática, entre otros.	Fuerza muscular analítica en valores objetivos como también su respuesta sintomática.	De acuerdo con tendón, Thompson, FMS, <i>neer</i> , etc.
Articular	EVA, inspección visual, palpación, ROM, perímetros inflamatorios, temperatura, etc.	Parámetros que indiquen sintomatología en marcha, trote, estocadas, sentadillas, entre otros.	Valoración de ROM objetivo, como también respuesta sintomática, entre otros.	Fuerza muscular analítica en valores objetivos como también su respuesta sintomática.	De acuerdo con la articulación, cajón anterior, FABER, valgo/varo, isocinéticos, balance, FMS, etc.
Columna	Específica a región, cervical, dorsal, lumbar, cada una con rangos de escalas sintomáticas de acuerdo con movilidad regional y funcional, exploración física, irradiación de síntomas, valoración movilidad intersegmentaria, entre otras.				De acuerdo con el segmento, Sorensen, <i>spring test</i> , etc.
Específicas	Se entrega la posibilidad de crear evaluaciones prediseñadas por el personal médico de acuerdo con necesidad. Ejemplo, pubalgia, RLCA, esguince tobillo, etc.				
Preventivas y rutinarias	Se entrega la posibilidad de acceder a evaluaciones antiguas y comparar evolución con una nueva como también realizar evaluaciones sintomáticas de menor complejidad, pero específicas con las listas desplegables.				
Pretemporada	Se entrega la posibilidad de diseñar las evaluaciones que son tercerizadas por profesionales ajenos al club, a saber, evaluaciones biomecánicas, antropométricas, perfiles bioquímicos, consumo de oxígeno, entre otras. Como también incluir evaluaciones planificadas por personal del club.				

Cada una de estas variables de evaluación se despliegan en gráficos, los cuales pueden tener una trazabilidad durante el año, jugador por jugador y plantel en general. A modo de ejemplo, el perfil asimétrico para la prueba de isocinética a 60°/segundos para cuádriceps en el plantel es de 12% el cual fue decreciendo en los dos siguientes años, llegando a un mínimo histórico de 4%. Por el lado individual, podemos tener parámetros comparativos en gráfico al instante sobre la evolución del ROM articular luego de la RLCA medidos longitudinalmente, como también la evolución en parámetros de fuerza y dolor, entre muchas otras variables (**Figura 114-7**).

El objetivo de documentar cada acción médica o kinésica se fundamenta en el respaldo del trabajo, y la responsabilidad que frecuenta a ella, sobre todo porque se está trabajando con deportistas de élite, los cuales requieren de un control específico sobre las cargas físicas aplicadas, como también las acciones terapéuticas. Este registro sirve tanto para modificar terapias en caso de que no haya respuesta favorable, comparar tratamientos, evaluar mediante gráficos las cargas aplicadas; y, por sobre todo, tener la capacidad para realizar investigación mediante análisis estadístico, comparando por ejemplo, los tiempos de retorno deportivo mediante una técnica A vs. una técnica B,

como también documentar la eficiencia de una terapia para lograr un entrenamiento sin molestias en una tendinopatía y evaluar si es significativa en el tiempo. La **Tabla 114-4** resume las acciones del kinesiólogo con las listas desplegables que propone la plataforma Reconquer.

El registro epidemiológico y de recursos humanos es consecuencia de todo lo anterior, gracias a los datos reunidos se podrá acceder a información relevante y específica mediante tablas, gráficos, diseños estadísticos, etc. Por último, el registro farmacológico queda registrado por el médico o personal responsable (designado por el médico), resumiendo por jugador lo suministrado y realizando un cuadro resumen el cual genera un reporte individual y de plantel, teniendo como objetivos, el manejo de insumos médicos y su administración como también la trazabilidad del consumo y su reporte a los organismos pertinentes. El *layout* de la plataforma se visualiza a modo general en la (**Figura 114-8**).

Por último, incluimos dentro de la propuesta el actor principal de la plataforma, el deportista, para establecer nuevas estrategias que orienten aspectos no desarrollados. Es él quien tiene la información relevante que muchas veces el personal médico no las incorpora dentro de una anamnesis y sirve para tener un monitoreo

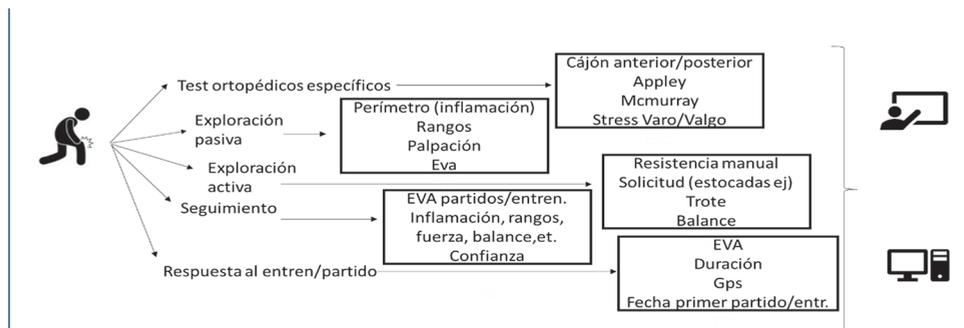


Figura 114-7. Ejemplo de listas desplegables para cada categoría y subcategoría, demostrando la utilidad para establecer objetivamente la evolución del deportista.

Tabla 114-4. Tratamientos kinésicos			
Tratamiento kinésico	Medios físicos	Dosificaciones	Zona anatómica
Fisioterapia	CHC, tens, botas drenaje, ondas de choque, ultrasonido, <i>game ready</i> , entre otras.	De acuerdo con medio físico aplicado, duración, ancho de pulso, presión, entre otros.	Descripción detallada mediante listas desplegables.
Terapia manual	Liberación miofascial, masaje drenaje, ajustes articulares, movilizaciones, elongaciones FNP, entre otras.	Frecuencia y duración.	Descripción detallada mediante listas desplegables.
Ejercicios terapéuticos	Ejercicios de balance, fuerza, RNT, pliometría, excéntricos, entre otros.	Cargas, frecuencia, duración, series, entre otras.	Descripción detallada mediante listas desplegables.
Reintegro deportivo	Trote lineal, cambios de dirección, frenos, aceleraciones, remates, posesiones entre otros.	Cargas, frecuencia, duración, series, entre otras.	X
Vendajes	Preventivos, neuromusculares, drenajes, entre otros.	X	Descripción detallada mediante listas desplegables.
Primeros auxilios	Curaciones, vendajes, inmovilizaciones, entre otros.	X	Descripción detallada mediante listas desplegables.

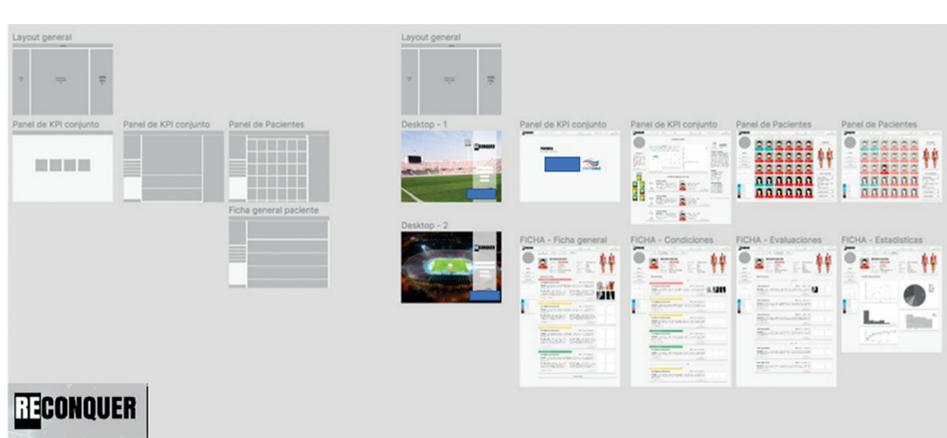


Figura 114-8. Layout con el display general e individual, describiendo el potencial diseño y experiencia del usuario.

continuo, el cual se desarrolla desde el descanso nocturno hasta molestias sintomáticas que el deportista no informa. Debido a lo anterior, la plataforma pretende incorporar estas variables subjetivas además de cuestionarios específicos⁴, los cuales proporcionarían información valiosa para el personal médico.

Programación de la plataforma y ciencia de datos

Para dar un ejemplo preciso, simple y sencillo respecto a todo lo señalado anteriormente, y que explica la finalidad de la plataforma* hemos generado una muestra de 80 casos de jugadores de fútbol a modo de simulación. Como se explicó anteriormente, las tablas y gráficos que se muestran en la plataforma, tanto por plantel, jugador y profesional, son de carácter descriptivo (de modo transversal y longitudinal), en que se mostrarán medidas de frecuencia, porcentaje, distribución, medidas de tendencia central y de dispersión, considerando el intervalo de tiempo que se desea saber (reportes estandarizados). Supongamos que el médico quiere averiguar cuántos jugadores se lesionaron el músculo isquiotibial debido al factor de lesión "acelerar" o *sprint* en un tiempo determinado, duda que puede resolver instantáneamente revisando las estadísticas por plantel o jugador en la misma plata-

forma**. Pero imaginemos que se quiere averiguar también cual fue el plazo en días de reintegro deportivo, considerando desde el primer trote fraccionado hasta el primer entrenamiento o partido. Incluso podría profundizar aún más y considerar los valores pronósticos, en este caso, días, de jugadores que tienen la probabilidad de lesionarse ese músculo asociado a ese factor de lesión. En consecuencia, con este ejemplo, la plataforma tendrá que dar una mayor valoración de los datos y sacar resultados de estos, respecto a la consulta médica, aplicando un análisis mucho más acucioso exportando los datos desde la plataforma hacia técnicas y lenguajes como *Rstudio* (R)⁵ y *Python*⁶ y aplicar ciencia de datos según las necesidades de la toma de decisiones del club (trasversales, longitudinales, supervisados, no supervisados, etc.)⁷.

Considerando el ejemplo, diseñamos una muestra en particular de las variables que nos interesan para efectuar el análisis sobre la pregunta planteada (data frame = 80 casos (filas); 6 columnas {"Presencia/ausencia lesión en isquiotibial"; "Presencia/ausencia Factor de lesión: acelerar"; "Días primer trote intermitente"; "Días primer trote continuo 12 minutos"; "Días primer trote continuo 20 minutos"; "Días primer entrenamiento/partido"}).

Más allá de los valores o efectividad en sí mismo de los modelos, lo que nos interesa es exponer en este capítulo es el constructor de la evolución de nuestra propuesta, por ello hemos sido un poco más permisivos en algunos parámetros estadísticos, para el caso de la sencillez y simplicidad del ejemplo. Como se aprecia en la **Tabla 114-4** hemos generado cuatro regresiones lineales para cada variable

* De manera general, las tecnologías y lenguajes que consideramos son: HTML5, CSS3 con bibliotecas como *Bootstrap* y preprocesadores como SASS y LESS, *Javascript*, *frames Angular*, *React* y *Vue* respecto al lado del usuario o *frontend*. Para el lado del servidor o *backend*, consideramos *Node js*, *frame Express*, *Rubi*, *frame Rubi on Rails*, *Python*, *frame django*. Respecto a las bases de datos, PostgreSQL y MongoDB. Lenguaje R con *Rstudio* para el apoyo en ciencia de datos, complementado a *Python*. El objetivo es que sea multiplataforma y que se pueda desplegar en todos los navegadores, *laptop* y móviles.

** Diseño de reportes diarios estandarizados para el conocimiento de toda la información de cada proceso deportivo, por parte del equipo médico, directivos y jugadores.

dependiente o endógena; cada instancia de trote hasta el primer entrenamiento o partido, afectadas por lesión en isquiotibial y factor de lesión “acelerar” (variables independientes o exógenas). Junto al resumen del modelo, se generan también los valores pronósticos para cada variable de días de trote (mínimo, máximo, media), y cómo afectan en el músculo isquiotibial y en el factor de lesión acelerar, los días pronósticos en cada instancia de reintegro deportivo (coeficientes beta, beta estandarizados, significancia asintótica, estadísticos de colinealidad)***.

Por lo tanto, en promedio un jugador que podría lesionarse el isquiotibial al acelerar, tiene un retorno deportivo de entre 15, 20, 24 y 32 días respectivamente, de acuerdo con la muestra (**Tabla 114-5**). De esta manera rápidamente se puede resolver parcialmente esta pregunta y otras planteadas por el equipo médico. No incluimos otras variables igualmente importantes como edad, IMC, hallazgos radiológicos, entre otros. De la misma manera, se pueden identificar también qué modelos son más precisos que otros o con mayor poder predictivo desde el R cuadrado y R cuadrados ajustado. Si bien los valores son bajos, lo interesante es como los modelos de días de trote continuo 12 y 20 minutos tienen un mayor poder de predicción que el primer trote intermitente y primer entrenamiento normal/partido, lo que nos indica que se está midiendo mejor. Todos los modelos son significativos (ANOVA), por lo que cumplen con el criterio de linealidad, otro punto importante.

La finalidad es exponer como, desde la obtención diaria de los registros electrónicos de los jugadores por parte del equipo

médico, se puede ir creando una base de datos estructurada para la posterior obtención de resultados en la misma plataforma, pero que luego se procesan y ajustan para el análisis que el cuerpo médico y técnico quieran realizar, independiente si son variables numéricas como días de trote, o categóricas como es la ausencia/presencia de lesión en isquiotibial⁹. Lo importante es el proceso desde la obtención de datos diarios desde lo observado hacia la plataforma y desde la plataforma a la ciencia de datos, para darles mucho más valor y convertirlo en conocimiento en función del club.

Como lo señalamos previamente, este ejemplo consta solo de dos variables independientes, sin embargo, existe la posibilidad de ir sumando otras variables como la edad, peso, IMC, lesiones previas, posición de juego, entre otras; y así vamos nutriendo los modelos de instancia de trote, complejizándose y enriqueciéndose, y en vez de solo pronosticar valores, vamos trazando perfiles y grupos, según los datos obtenidos, mientras vamos complejizando los modelos que queremos analizar, desde las preguntas que queremos contestar como equipo médico. Por ello nuestra propuesta consiste en partir desde la estadística clásica, con el objetivo de tener buenos fundamentos, pero dirigiéndonos hacia la minería de datos⁹ para encontrar patrones de lesiones, patrones de días de retorno deportivo, patrones de perfil de jugadores, para luego aplicarlos a algoritmos de *machine learning* como *clustering* (*K-Nearest Neighbor* (KNN); *K-Means*; Bietápico; Jerárquicos), árboles de decisión (clasificación y regresión), análisis factorial y de componentes principales, algoritmos bayesianos, *support vector machine* y redes neuronales (perceptrón multicapa, función de base radial)¹⁰.

Como señala la **Tabla 114-6**, hemos generado el mismo ejemplo que los modelos basados en regresiones lineales, pero esta vez aplicado a redes neuronales

***En honor al espacio hemos limitado el análisis de los coeficientes beta y beta estandarizados, como de los residuos (independencia, Homocedasticidad, normalidad), estos se ajustan a las pruebas (Durbin-Watson, Levene, Kolmogorov-Smirnof).

Tabla 114-5. Regresiones lineales: modelos pronósticos tiempo de reintegro deportivo

Etapa Reintegro Deportivo	R cuadrado	R cuadrado ajustado	F	Sig.	Valor Pronosticado: Días		
					Mínimo	Máximo	Media
Días primer trote intermitente	0,16	0,138	7,316	0,001	2,65	21,8	15,38
Días primer trote continuo 12 minutos	0,19	0,169	9,006	0	7,25	27,38	20,45
Días primer trote intermitente 20 minutos	0,193	0,172	9,178	0	11,94	31,27	24,49
Días primer entrenamiento/partido	0,106	0,083	4,586	0,013	18,35	39,42	32,38

Tabla 114-6. Red neuronal (función de base radial)

Resumen de procesamiento de casos			Capa de entrada			Capas ocultas				Capa de salida		
Válido	Entrenamiento	Prueba	Factor: Lesión en Isquiotibial	Factor: Factor de lesión acelerar	Unidades	Número	Número de unidades	Función de activación	Variables dependientes.	Número de unidades.	Método de cambio de escala	Función de activación
80 (100%)	51 (63,7%)	29 (36,3%)	1	2	4	1	3	Tangente Hiperbólica	4	4	Estandarizados	Identidad

artificiales para comparar sus resultados, y, además, describir algunas diferencias al aplicar una regresión lineal versus una red neuronal, y demostrar cómo nos podemos beneficiar de ambos, para comparar resultados bajo distintos métodos y técnicas estadísticas¹¹:

1. Las regresiones lineales son basadas en ecuaciones estructurales y las redes basadas algoritmos que se entrenan por medio de pruebas y entrenamientos.
2. Las regresiones lineales tienen supuestos que hay cumplir como especificación y determinación de linealidad, independencia, homocedasticidad y normalidad de los residuos y la multicolinealidad de las variables independientes. Por el otro lado, las redes se

pueden generar aún sin cumplir con los criterios de una regresión, ya que son algoritmos y no ecuaciones estructurales.

3. La red neuronal permite hacer un único modelo para todas las variables dependientes al mismo tiempo, en este caso las cuatro instancias de trote, lo que es una diferencia sustantiva respecto a las regresiones lineales, ya que tuvimos que generar cuatro modelos para cada variable de reintegro, versus un solo modelo que las engloba a todas al mismo tiempo como se aprecia en las **Tablas 114-5** y **114-6**. Pero a su vez nuevamente, según el resultado del modelo, nos podemos nutrir de las dos técnicas, ya que podremos hacer regresiones

Tabla 114-7. Resumen del modelo

Entrenamiento		Prueba	
Error de suma de cuadrados	Promedio de error relativo global	Error de suma de cuadrados	Promedio de error relativo global
81,5 (19,5%)	0,8 (18,5%)	56,7 (43,2%)	0,7 (22,3%)

Tabla 114-8. Error relativo para dependientes de escala y valor pronóstico cara cada variable

Entrenamiento		Prueba		Valor pronóstico: Días
Días primer trote intermitente	0,79 (20,5%)	Días primer trote intermitente	0,86 (14%)	10
Días primer trote 12 minutos	0,75 (21,3%)	Días primer trote 12 minutos	0,73 (27%)	17
Días primer trote continuo 20 minutos	0,78 (21,3%)	Días primer trote continuo 20 minutos	0,68 (32%)	23
Días primer trote normal/partido	0,93 (7%)	Días primer trote normal/partido	0,83 (17%)	28

para buscar el modelo idóneo para el análisis y aplicarlo mediante los algoritmos de redes neuronales artificiales, un sistema de recomendación basado en la experiencia y una teoría que introduzca múltiples dimensiones respecto a los jugadores, diagnósticos, tratamientos y evaluaciones.

En general, los resultados del grupo de pruebas son mejores a los de las regresiones, el error relativo del modelo es en torno al 56,7%, siendo el acierto cerca de un 43,23,5%, pero en el grupo de entrenamiento los resultados son similares al intervalo de los R cuadrado y R cuadrado ajustado de los modelos de regresión, siendo este un poco más efectivo en el global. En cuanto a los valores pronósticos (días), estos arrojan un número menor de días de retorno (10, 17, 23, 28), siendo el submodelo "Días primer trote continuo 20 minutos" el mejor evaluado según el error relativo. Cada submodelo tiene un error

parecido (%) a los R cuadrado y R cuadrado de los modelos lineales. En este punto podríamos comparar entre los días pronósticos de los modelos lineales y de la red neuronal y compararlos con los datos observados y ver qué modelo y técnica está funcionando mejor para el propósito (por medio del *Root Mean Square Error* o del porcentaje incorrectos de aciertos, entre otras medidas de eficiencia y utilidad).

Respondiendo entonces la pregunta, cuántos días promedio tarda un jugador lesionado en el músculo isquiotibial lesionado bajo el factor: "acelerar", según la regresión lineal 5, 20, 24 y 32 días hasta el retorno deportivo, mientras que según la red neuronal artificial 10, 17, 23, 28 días. Siendo los modelos "Días trote continuo 12 minutos" y "Días trote continuo 20 minutos" más efectivos a la hora de predecir que "Días primer trote intermitente" y "Días primer entrenamiento/partido". Con este simple ejemplo se pudo identificar diversos resultados gracias a las regresio-

nes y redes que nos ayudan a contestar la pregunta planteada por el equipo médico. Ese es el fundamento estadístico de la plataforma *Reconquer*, tratar de responder a las preguntas del equipo médico deportivo y directivo, hacer una buena gestión y construir una potente base de datos.

Conclusión

La propuesta de diseño es, por una parte, organizar el personal médico, entregando una herramienta de gran utilidad para la gestión interna y, de la misma manera, generar investigación y desarrollo al interior del club o entre clubes, materializados en reportes diarios, mensuales y anuales según los datos en plataforma. El manejo de esta información lo propone internamente cada club como también puede ser organizado a modo nacional. Quisimos agregar valor aplicando ciencia de datos, generando estudios y validar resultados con el fin de aplicarlos en los futuros tratamientos y evaluaciones de los jugadores según su diagnóstico y perfiles singulares. Lo anterior se traduce en la diseño y desarrollo de un sistema de recomendaciones que sea un complemento para el equipo médico/deportivo, en los que una vez entrenados los algoritmos, se puedan integrar a *Reconquer* y desde la misma plataforma generar las recomendaciones según perfil, diagnóstico de lesión, tratamientos presentes y anteriores, evaluaciones, y tiempo de reintegro deportivo, con el fin de obtener la mayor información posible a la hora de tomar decisiones y estrategias hacia los jugadores, por parte de los profesionales, pero también hacia los directivos del club.

Bibliografía

1. Fuller CW. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br J Sports Med.* 2006;40(3):193-201.
2. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011;45(7):553-8.
3. Balius R, Alomar X, Pedret C, et al. Role of the Extracellular matrix in muscle injuries: histoarchitectural considerations for muscle injuries. *Orthop. J. Sports Med.* 2018;6(9):232596711879586.
4. Clarsen B, Rønsen O, Myklebust G et al. The Oslo Sports Trauma Research Center questionnaire on health problems: a new approach to prospective monitoring of illness and injury in elite athletes. *Br J Sports Med.* 2014;48(9):754-60.
5. Zumel y Mount. *Practical Data Science with R.* Manning Publications Co. Shelter Island. 2020
6. Bruce P, Bruce A, Gedeck P. *Practical statistics for data science:50+ essential concepts using R and Python.* O'Reilly Eds. United States of America. 2020
7. Kubben P, Dumontier M, Dekker A (eds.). *Fundamentals of Clinical Data Science.* Springer Open ed. Switzerland. 2019.
8. Kampakis, S. Predictive modeling of football injuries. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy of University College London. Department of Computer Science University College London, abril. 2016
9. Gironés J, Casas J, Minguillón J, Caihuelas R. *Minería de datos: Modelos y Algoritmos.* Editorial UOC. Barcelona. 2017.
10. Deisenroth M, Faisal A, Soon C. *Mathematics for Machine Learning.* Cambridge University Press. 2020
11. Viñuela P, Galvás M. *Redes de Neuronas Artificiales: Un Enfoque Práctico.* Pearson Prentice Hall Ed. España. 2004.